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

4(37)

Видавничий дім
«Гельветика»
2021

УДК 502+504

Друкується за рішенням Вченої Ради
Державної екологічної академії післядипломної освіти
та управління (№ 3/21 від 17.09.2021 р.)
Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 15768-4240Р від 26.10.2009 р.

Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. – К. : Видавничий дім «Гельветика», 2021. – № 4(37). – 200 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
Коніщук 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)

© Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, 2021

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ……7

Машков О.А., Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю. Інтеграція аерокосмічних технологій в систему управління екологічною безпекою: аналіз сучасних проблем створення інтегрованих автоматизованих систем стратегічного екологічного оцінювання, оцінки впливу на довкілля, оцінки екологічних ризиків……7

Yue Zheng, Sheviakina N.A., Zagorodnia S.A., Kreta D.L., Radchuk I.V. Geoinformation technologies for geoecological monitoring of urbanized water bodies……18

ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ……28

Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Приходько А.П., Соболєва В.Г. Суспільна думка щодо якості питної води та ризику для здоров'я населення в Україні……28

Гнедіна К.В. Сучасні підходи до управління водними ресурсами та механізми їх екологічного моніторингу: досвід країн ЄС та України……33

Дзюбенко О.В. Біоіндикаційні дослідження водних екосистем у межах міста Переяслав……40

Kulikova D.V. Improvement of technology of industrial wastewater treatment the enterprises producing vegetable oils……46

Савенко М.В., Кривцова М.В., Федурця О.І. Вплив антропогенного навантаження на структуру мікробіоценозу річки Уж (Україна)……52

Шахман І.О., Бистрянцева А.М. Вплив якості річкової води на динаміку промислу у Дністровському лимані та в Кучурганському водосховищі……60

ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО……65

Валовой О.І, Валовой М.О., Афанасьєв В.В. Питання екології і реалізації відходів – перспектива розвитку гірничодобувної промисловості……65

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ……71

Ільїна В.Г., Чугай А.В., Солошич І.О. Фактори формування продуктивності агроекосистем Одеської області в умовах зрошувального землеробства……71

ЕКОЛОГІЯ В ІСТОРИЧНОМУ АСПЕКТІ……75

Барштейн В.Ю., Блюм Я.Б. Сторінки історії морської біології та екології в медальєрному мистецтві……75

ТЕОРЕТИЧНА ЕКОЛОГІЯ……85

Боброва М.С., Голодаєва О.А., Коваль С.Ю., Мовчан С.В. Особливості зміни значення показників прооксидантно-антиоксидантної системи в тканинах *Elodea canadensis* під впливом полютантів гідросфери……85

Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Прокопік Н.І., Харченко М.В., Рибка К.М. Розроблення способів добору *in vitro* генотипів зернових культур на стійкість до несприятливих чинників довкілля……90

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ……98

Босак П.В. Підвищення екологічної безпеки в лісах України……98

Васютинська К.А. Оцінка урбогенного навантаження на територію і населення міст України обласного значення від викидів стаціонарних джерел забруднення повітря……102

Гунько С.О. Показники міграції кадмію в культурбіогеоценозах урбанізованих територій м. Кам'янське……109

Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б., Вербицький С.Т. Геофізичні аспекти екологічного стану в Закарпатському внутрішньому прогині за 2020 рік……114

Кошелєв О.І., Кошелєв В.О., Кучеренко Ю.О., Копилова Т.В. Шумове забруднення в місті Мелітополі та шляхи його зниження (2017–2018 рр.)……121

Tkachuk N.V., Zelena L.B., Mazur P.D. A modern view at some dihydroxybenzoate-capped siderophores: ecological, technical and medical aspects……..134

Шевченко Р.Ю. Інтерпретація топографії урочищ еколого-атракційної дестинації міста Києва «Басейн ріки Либідь: Нова Забудова – Жилань – Солом'янка»……..141

ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ……..147

Біушкін О.І. Проблемні питання щодо вивезення побутових відходів установами, підприємствами, організаціями, що входять до сфери управління центральних органів виконавчої влади……147

ПРОБЛЕМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ……152

Тірон-Воробйова Н.Б., Романовська О.Р., Тімофєєва В.О. Стале фінансування транспорту як прерогатива оновлення транспортної стратегії України……..152

БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА……158

Лінкевич О.О. Еколого-біологічні особливості півонії трав'янистої (*Paeonia* × *hybryda* hort.) за інтродукції в умовах Криворіжжя……..158

Русин І.Б., Дячок В.В. Залежність біоелектричних параметрів електробіосистем від площі електродів……..162

ЗМІНА КЛІМАТУ……165

Ричак Н.Л., Кізілова Н.М. Екологічні наслідки глобальних змін клімату на урбанізованих територіях……..165

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ……..171

Іванець О.Р. Рід *Diaptomus* Westwood, 1836 (*Copepoda* : *Calanoida* : *Diaptomidae*) у дослідженнях професора А. Вежейського на теренах Галичини……171

Красовський В.В. Зв'язок біоморфологічних та екологічних особливостей зизифусу справжнього (*Zizyphus jujuba* Mill.) за вегетативного розмноження щитком вприклад в умовах Лісостепу України……178

Новак В.В. Синантропізація крука *Corvus corax* у регіоні Верхнього Побужжя……..182

РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ……188

Федонюк В.В., Іванців В.В., Федонюк М.А., Панькевич С.Г. Оптимізація структури та рекреаційного використання природно-заповідного фонду Любомльського району Волинської області……..188

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ……196

CONTENTS

ENVIRONMENTAL MONITORING.....7

Mashkov O., Ivashchenko T., Denysenko I. Integration aerospace technology in the control system of environmental safety: analysis of current problems of creation of automated systems integrated strategic environmental assessment, environmental impact assessment, environmental risk assessment 7

Yue Zheng, Sheviakina N.A., Zagorodnia S.A., Kreta D.L., Radchuk I.V. Geoinformation technologies for geoecological monitoring of urbanized water bodies 18

ECOLOGY OF WATER RESOURCES.....28

Valerko R., Herasymchuk L., Pryhodko A., Soboleva V. Public opinion on the quality of drinking water and the risk to the health of the population in Ukraine 28

Hnedina K. Modern approaches to water resources management and mechanisms of their ecological monitoring: experience of EU countries and Ukraine 33

Dzyubenko O. Bioindication studies of aquatic ecosystems within the city of Pereyaslav, Kyiv region 40

Kulikova D.V. Improvement of technology of industrial wastewater treatment the enterprises producing vegetable oils 46

Savenko M., Kryvtsova M., Fedurca O. The influence of anthropogenic pressure on the structure of the microbiocenosis of the Uzh River (Ukraine) 52

Shakhman I., Bystriantseva A. The influence of river water quality on the dynamics of fishing in the Dniester estuary and Kuchurgan reservoir 60

ECOLOGY AND PRODUCTION.....65

Valovoi A., Valovoi M., Afanasiev V. Environmental issues and usage of waste – prospects for the development of the mining industry 65

ECOLOGY AND ECONOMICS OF NATURAL RESOURCE USE.....71

Ilina V., Chugai A., Soloshych I. Factors of formation of agroecosystems productivity of the Odessa region in the conditions of irrigative agriculture 71

ECOLOGY IN THE HISTORICAL PERSPECTIVE.....75

Barshteyn V., Blume Ya. Pages of the history of marine biology and ecology in medallic art. 75

THEORETICAL ECOLOGY.....85

Bobrova M., Holodaieva O., Koval S., Movchan S. Features of change of value of indicators of prooxidant-antioxidant system in *Elodea canadensis* tissues under the influence of hydrosphere polyutants 85

Pykalo S., Demydov O., Yurchenko T., Prokopik N., Kharchenko M., Rybka K. Development of methods for *in vitro* selection of grain crops genotypes for tolerance to unfavorable environmental factors 90

GENERAL ENVIRONMENTAL SAFETY ISSUES.....98

Bosak P. Improving environmental safety in the forests of Ukraine 98

Vasiutynska K. Assessment of urbogenic load on territory and population of regionally important Ukraine cities by emissions from stationary sources of air pollution 102

Hunko S. Characteristics of cadmium migration in artificial biogeocenoses of urbanized terrains of Kamianske 109

Ihnatyshyn V., Ihnatyshyn A., Izsák T., Ihnatyshyn M., Verbytskyi S. Geophysical aspects of the ecological state in the Transcarpathian Inner Trough in 2020 114

Koshelev O., Koshelev V., Kucherenko J., Kopulova T. Noise pollution in the city of Melitopol and ways to reduce it (2017–2018) 121

Tkachuk N.V., Zelena L.B., Mazur P.D. A modern view at some dihydroxybenzoate-capped siderophores: ecological, technical and medical aspects.....134

Shevchenko R. Interpretation of the topography of the tracts of the ecological-attraction destination of the city of Kyiv "Lybid River Basin: Nova Zabudova – Zhylan – Solomyanka" 141

WASTE MANAGEMENT 147

Biushkin O. Problematic issues regarding the removal of household waste by institutions, enterprises, organizations within the scope of management of central executive bodies 147

ISSUES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT 152

Tiron-Vorobiova N., Romanovska O., Timofieieva V. Sustainable transport financing as a pregnant for updating the transport strategy of Ukraine 152

BIOLOGICAL SAFETY 158

Linkevych O.O. Ecological and biological features of grass peony (*Paeonia* × *hybryda* hort.) for introduction in the conditions of Kryvyi Rih 158

Rusyn I., Djachok V. Dependence of bioelectric parameters of electro-biosystems on the area of electrodes 162

CLIMATE CHANGE 165

Rychak N., Kizilova N. Ecological aspects of global climate change on urbanized territories 165

PRESERVATION OF BIOLOGICAL AND LANDSCAPE DIVERSITY 171

Ivanets O. The genus *Diaptomus* Westwood, 1836 (*Copepoda* : *Calanoida* : *Diaptomidae*) in the researches of professor A. Wierzejski in Galicia 171

Krasovsky V. Connection of biomorphological and ecological features *Zizyphus jujuba* Mill. during vegetative reproduction by shield for example in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine 178

Novak V. Synanthropization of raven *Corvus corax* in the region Verkhnie Pobuzhzhia 182

DEVELOPMENT OF THE UKRAINIAN NATURE RESERVE FUND 188

Fedoniuk V., Ivantsiv V., Fedoniuk M., Pankevych S. Optimization of the structure and recreational use of the nature reserve fund of Lyboml area in Volyn region 188

AUTHORS' CREDENTIALS 196

УДК 574.08:681.78:629.52.7
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.1

ІНТЕГРАЦІЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ: АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ СТВОРЕННЯ ІНТЕГРОВАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ СТРАТЕГІЧНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ, ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ, ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ

Машков О.А., Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
mashkov_oleg_52@ukr.net, tvn.prof@gmail.com, Denisenko15@ukr.net

Визначені перспективи створення автоматизованих систем управління екологічною безпекою у сфері захисту довкілля та природних ресурсів відповідно до європейських стандартів і вимог для забезпечення дотримання екологічних прав громадян. Проведено порівняльний аналіз наданих авторами пропозицій, що дозволили окреслити нові підходи до створення та застосування систем підтримки прийняття управлінських інформаційних рішень під час здійснення стратегічного екологічного оцінювання, оцінки впливу на навколишнє середовище, екологічних загроз і ризиків. Визначено, що оцінка екологічного збитку може сприйматись як завдання оцінки величини збитку. З'ясовано, що найчастіше оцінювання здійснюється за емпіричними даними (за вибіркою величин збитків відповідно до аналогічних випадків, що трапилися раніше). За відсутності емпіричного матеріалу пропонується використовувати експертні оцінки. Найбільш обґрунтованим є модельно-розрахунковий метод, що базується на моделі еколого-економічної ситуації, які дозволяють розрахувати характеристики збитку. Зазначено, що комплексна екологічна оцінка стану навколишнього середовища має враховувати природні, екологічні та соціально-економічні показники території, визначати ступінь антропогенного перетворення та рівень забруднення як окремих компонентів, так і навколишнього природного середовища в цілому. Зауважено, що методологія ризик-орієнтованої підтримки прийняття рішень за умов екологічних загроз та ризиків на сьогодні розроблена не повністю, а тому зазначена проблема потребує вичерпного рішення, зважаючи на випадки надзвичайних ситуацій, що почастішали. Наступним кроком у створенні інтегрованих систем управління екологічною безпекою є аналіз проблеми управління екологічною безпекою планової діяльності системи підтримки прийняття рішень під час надзвичайних ситуацій природного характеру та інтеграція аерокосмічних технологій у систему управління екологічною безпекою. *Ключові слова:* автоматизована система управління, аерокосмічні технології, екологічна безпека, екологічні загрози та ризики, екологічні збитки, експертні оцінки, захист довкілля, інтегрована система управління екологічною безпекою, надзвичайні ситуації, оцінка впливу на навколишнє середовище, планова діяльність, природні ресурси, ризик-орієнтований підхід, система підтримки прийняття управлінських інформаційних рішень, стратегічне екологічне оцінювання.

Integration aerospace technology in the control system of environmental safety: analysis of current problems of creation of automated systems integrated strategic environmental assessment, environmental impact assessment, environmental risk assessment. Mashkov O., Ivashchenko T., Denysenko I.

The paper identifies prospects for the creation of automated environmental safety management systems in the field of environmental protection and natural resources in accordance with European standards and requirements to ensure compliance with environmental rights of citizens. A comparative analysis with the known solutions of the new solutions proposed by the author, which allowed to identify new approaches to the creation and application of systems to support management information decisions in strategic environmental assessment, environmental impact assessment, environmental threats and risks. It is established that the task of environmental damage assessment can be understood as the task of estimating the amount of damage. It is determined that most often the assessment is carried out on the basis of empirical data (on a sample of losses corresponding to what happened before similar cases). In the absence of empirical material, it is proposed to rely on expert assessments. The most reasonable is the model-calculation method, which is based on the model of ecological and economic situation, which allows to calculate the characteristics of the damage. It is determined that a comprehensive ecological assessment of the environment should take into account natural, ecological and socio-economic indicators of the territory, characterize the degree of anthropogenic transformation and the level of pollution, both individual components and the environment as a whole. It is substantiated that the methodology of risk-oriented decision support in terms of identifying environmental threats and risks is currently underdeveloped, and therefore the identified problem is too far from its comprehensive solution, due to the increasing number of emergencies. The next stage in the creation of integrated environmental safety management systems is the analysis of the problem of environmental safety management of planned decision support activities in natural emergencies and the integration of aerospace technologies into the environmental safety management system. *Key words:* automated management system, aerospace technologies, environmental safety, environmental threats and risks, environmental damage, expert assessments, environmental protection, integrated environmental safety management system, emergencies, environmental impact assessment, planning activities, natural resources, risk-oriented approach, management information support system, strategic environmental assessment.

Постановка проблеми. Функціонування ефективної системи моніторингу довкілля – невід'ємний складник державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища, спрямованої на забезпечення конституційного права громадян на безпечне середовище існування. Створення загальнодержавної інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури передбачає розробку ефективної системи моніторингу довкілля в Україні. Сьогодні основною метою проведення моніторингу довкілля є збирання, збереження та обробка достовірної, оперативної інформації, необхідної для розробки заходів із попередження та зменшення негативних наслідків змін стану навколишнього середовища. Крім того, незадовільний стан моніторингу довкілля у Стратегії національної безпеки України, затвердженій Указом Президента України від 26 травня 2015 р. № 287/2015, визначено як загрозу національній безпеці в екологічній сфері.

Державна система моніторингу довкілля є інтегрованою інформаційною системою, що має здійснювати збирання, збереження та оброблення екологічної інформації для відомчої та комплексної оцінки і прогнозу стану природного середовища, біоти й умов життєдіяльності, вироблення обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття ефективних соціальних, економічних та екологічних рішень на всіх рівнях державної виконавчої влади, удосконалення відповідних законодавчих актів, а також виконання зобов'язань України відповідно до міжнародних угод, програм, проєктів і заходів [1].

На сьогодні державна система моніторингу довкілля включає 11 суб'єктів верхнього рівня, зокрема, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України; Міністерство аграрної політики України; Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України; Державну службу України з надзвичайних ситуацій (ДСНС); Державне агентство України з управління зоною відчуження; Державну санітарно-епідеміологічну службу України; Державне агентство водних ресурсів України; Державне агентство лісових ресурсів України; Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру; Державну службу геології та надр України тощо.

Суб'єкти системи моніторингу мають забезпечувати проведення контролю стану якості атмосферного повітря, вод, суші, прибережних вод, земель і ґрунтів, біологічного різноманіття, ендогенних та екзогенних геологічних процесів, а також поводження з відходами і фізичними факторами впливу. Функціонування державної системи моніторингу довкілля має здійснюватися за трьома рівнями, що розподіляються за територіальним принципом, зокрема загальнодержавним, регіональним і локальним.

Наявна система моніторингу довкілля базується на реалізації розподілених функцій її суб'єктами і складається з підпорядкованих їм підсистем. Кожна підсистема на рівні окремих суб'єктів системи моніторингу має свою структурно-організаційну, науково-методичну та технічну бази.

Згідно з Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» планована діяльність – господарська діяльність, що включає будівництво, реконструкцію, технічне переоснащення, розширення, перепрофілювання, ліквідацію (демонтаж) об'єктів тощо. Проте вона не передбачає реконструкцію, технічне переоснащення, капітальний ремонт, розширення, перепрофілювання об'єктів, інші втручання в природне середовище, що не мають значного впливу на довкілля відповідно до критеріїв, затверджених Кабінетом Міністрів України [1].

Стратегічна екологічна оцінка (далі – СЕО) (strategic environmental assessment (SEA) – це процес, за допомогою якого екологічні міркування мають бути повністю інтегровані в підготовку планів і програм до їх остаточного прийняття. Завданнями СЕО є забезпечення високого рівня захисту навколишнього середовища та сприяння сталому розвитку.

Стратегічна екологічна оцінка – процедура, необхідна для визначення, опису та оцінювання наслідків, що впливають на довкілля та здоров'я населення, за допомогою застосування нормативних документів державного планування (містобудівної документації: генерального плану, детального плану території або плану зонування території, схеми планування району; стратегій, загальнодержавних програм, державних цільових програм та інших програм і програмних документів, які розробляються та/або підлягають затвердженню органом державної влади, органом місцевого самоврядування), розроблення заходів щодо запобігання, зменшення та пом'якшення можливих негативних наслідків [2].

Стратегічна екологічна оцінка є практичним інструментом для реалізації концепції сталого розвитку із врахуванням екологічних аспектів у процесах ухвалення рішень політичного, економічного й соціального напрямів. Концепція сталого розвитку пов'язана з необхідністю розв'язання екологічних проблем, врахування питань охорони довкілля в процесах планування та ухвалення рішень щодо соціально-економічного розвитку територіальних одиниць різного масштабу.

Для визначення можливих екологічних наслідків, зокрема, пов'язаних зі здоров'ям населення, використовуються критерії, представлені в Додатку III до Протоколу про стратегічну екологічну оцінку:

1. Значущість стратегії розвитку міста, зважаючи на необхідність врахування екологічних складників, зокрема пов'язаних зі здоров'ям населення, для сприяння сталому розвитку.

2. Ступінь, в якому стратегія визначає структуру для проєктів та іншої діяльності, місця, характеру, масштабів і умов функціонування, виділення ресурсів.

3. Ступінь, в якому стратегія впливає на інші стратегії, плани та програми, зокрема в порядку ієрархії.

4. Екологічні проблеми, зокрема пов'язані зі здоров'ям населення, що стосуються стратегії.

5. Характер таких екологічних наслідків, зокрема пов'язаних зі здоров'ям населення, як імовірність, тривалість, частотність, зворотність, розмах і масштаб (наприклад, масштаби географічного району, якого це стосується, або чисельність населення, якого це стосується).

6. Ризики для довкілля, зокрема пов'язані зі здоров'ям населення.

7. Транскордонний характер наслідків.

Оцінка екологічної ситуації на території міста чи регіону передбачає збір та аналіз інформації про поточний стан складників довкілля, зокрема, значення ключових екологічних показників.

Зібрана інформація дозволить об'єктивно оцінити поточний стан довкілля. Проведення SWOT-аналізу сприятиме визначенню сильних та слабких сторін екологічної ситуації у місті чи регіоні, окресленню можливих загроз довкіллю та пошуку максимально ефективних способів зменшення негативного впливу планованої діяльності на навколишнє середовище.

Проведення СЕО також передбачає визначення можливих чинників змін антропогенного та природного характеру. Вони можуть бути антропогенними (наприклад, вилучення природних ресурсів, забруднення середовища промисловими й побутовими відходами) або природними (дефіцит природних ресурсів, зростання вартості енергії тощо), досить часто беруться до уваги і регіональна політика та управлінські дії. Зміни в екологічній ситуації в регіоні обумовлені синергетичною взаємодією економічних, адміністративних, демографічних і соціально-культурних чинників, а також рівнем розвитку промисловості, сільського господарства, науки й технологій.

Стратегічна екологічна оцінка здійснюється в процесі розроблення документа державного планування до його подання для затвердження. Здійснення стратегічної екологічної оцінки забезпечує замовник.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Варто зазначити, що необхідність удосконалення державної системи моніторингу довкілля зумовлюється зовнішньополітичним курсом України на європейську інтеграцію та визначається цілою низкою документів стратегічного характеру. Так, з-поміж інших завдань Стратегія національної безпеки України, затверджена Указом Президента України від 26 травня 2015 р. № 287/2015, передбачає створення ефективної системи моніторингу довкілля (п. 4.14). З метою ефективного виконання функцій державна система моніторингу довкілля має базуватися на певних регуляторних вимогах щодо відповідальності визначених суб'єктів, обґрунтуванні програм і регламентів моніторингу, а також критеріях безпеки навколишнього середовища. Така система має забезпечувати об'єктивний аналіз впливів за результатами об'єктових програм моніторингу і контролю, а також надавати результати аналізу динаміки зміни основних складників довкілля у просторі і часі з урахуванням фонових даних забруднення.

Розробка ефективної системи моніторингу довкілля відповідає європейським і світовим підходам до екологічного управління, зокрема вимогам і директивам Угоди про асоціацію України з Європейським Союзом. Створення такої системи значно розширить можливості міжнародної співпраці України у галузі охорони навколишнього природного середовища та сприятиме погодженню стану довкілля з європейськими і світовими вимогами. Незадовільний стан моніторингу довкілля визначено як загрозу національній безпеці України в екологічній сфері. Наразі в країні відсутня цілісна система моніторингу довкілля, певним чином функціонують лише відомчі мережі, що вирішують вузькопрофільні завдання управління. Система моніторингу довкілля як важливий складник системи державного управління у сфері екологічної безпеки та формування державної політики сталого розвитку, виконання міжнародних зобов'язань України в природоохоронній сфері потребує кардинального удосконалення, особливо в частині впровадження сучасних технологій геоінформаційних систем і дистанційного зондування Землі. Першочерговим завданням є організація автоматизованого моніторингу навколишнього середовища, що ґрунтується на створенні та застосуванні комп'ютерних технологій оперативного збирання, оброблення і передавання даних від великої кількості віддалених та розподілених на значній території об'єктів.

Україна є учасницею багатьох міжнародних двосторонніх та багатосторонніх угод і конвенцій, імплементація яких потребує використання об'єктивної інформації про стан довкілля та прогнозування динаміки його змін. Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом наша держава взяла на себе зобов'язання поступово наблизити своє законодавство до законодавства ЄС у сфері охорони навколишнього природного середовища. Оцінюючи сучасний стан системи моніторингу довкілля, слід зазначити, що вкрай недостатніми є організація та проведення моніторингу забруднення навколишнього середовища на промислових й енергетичних підприємствах. Незважаючи на те, що в Європейському Союзі постійний моніторинг довкілля на підприємствах, що становлять підвищену екологічну небезпеку, є обов'язковим, у нашій державі останніми роками він поступово згортався. Крім того, власники промислових підприємств не зацікавлені у проведенні екологічного моніторингу і відшкодуванні збитків, завданих забрудненням довкілля.

Стратегічна екологічна оцінка передбачає оцінку ймовірних екологічних наслідків, зокрема пов'язаних зі здоров'ям населення, яка поєднує визначення сфери застосування екологічної доповіді із забезпеченням участі громадськості в її підготовці. Стратегічна еко-

логічна оцінка розглядається як процедура визначення, опису та оцінювання наслідків виконання документів державного планування для довкілля, зокрема й для здоров'я населення, виправданих альтернатив, розроблення заходів із запобігання, зменшення та пом'якшення можливих негативних явищ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розбудові систем підтримки прийняття рішень (далі – СППР), що базуються на математичних моделях, приділялася значна увага в працях таких вітчизняних і закордонних дослідників, як В.С. Дейнека, О.Г. Додонов, М.З. Згуровський, В.В. Казимир, Н.М. Куссуль, К.М. Лаврищева, В.В. Литвинов, В.Б. Мокін, А.І. Петренко, В.О. Петрухін, І.В. Сергієнко, О.М. Трофімчук, В.Г. Тульчинский, О.М. Верес, Д.С. Гофман, R.M. Argent, B. Jagers, G.M. Marakas, A.V. Moore, A.E. Rizolli.

М.Й. Железняком та Є.О. Євдіним зроблено опис сучасних СППР з проблем екологічної безпеки та природокористування, з якого виходить, що, виконуючи завдання інтеграції різних розрахункових моделей та організації їх взаємодії, слід інтегрувати їх у СППР зі зручним графічним інтерфейсом, способом зберігання інформації у базі даних, підсистемою побудови звітів, геоінформаційною системою та іншою функціональністю, яка відсутня у звичайному моделювальному фреймворку.

У працях Т.В. Козулі, Д.І. Ємельянової обґрунтована доцільність застосування комплексного підходу до розробки методичного забезпечення оцінки якості та безпечності системних об'єктів з позицій сталого розвитку, розроблено інформаційно-алгоритмічне забезпечення для практичної реалізації методичної підтримки комплексної оцінки екологічності системних об'єктів з урахуванням зв'язку між їхнім станом і процесами внутрішньої самоорганізації та зовнішньої взаємодії з навколишнім середовищем і з використанням розробленого програмного продукту в середовищі розробки Visual Studio.

У працях А.В. Акімова запропоновано методику досліджень природного та техногенного ризику. Наукові основи прогнозування природно-техногенної (екологічної) безпеки України розробили Б.М. Данилишин, В.В. Ковтун, А.В. Степаненко. Аналіз і прогноз природно-техногенної безпеки великих міст із застосуванням нелінійних методів запропонував Г.Г. Іщенко. Питання екологічної безпеки України висвітлені у праці А.Б. Качинського.

Нові підходи до проведення оцінки природно-техногенної безпеки життєдіяльності населення України (на прикладі районів, виділених за рівнем природно-техногенних небезпек) запропонував А.Л. Мельничук. Технологію системного аналізу та моделювання небезпечних процесів у техносфері висвітлив П.Г. Белов.

Системні принципи інформатизації управління природно-техногенною безпекою запропоновані вченими М.М. Биченоком, С.О. Довгим, О.М. Трофимчуком, у працях яких сформовані методологічні основи геоінформаційної технології підтримки прийняття рішень у природно-територіальних системах в умовах надзвичайних ситуацій природного характеру, що заснована на своєчасній оцінці ризику.

Відомі теоретичні підходи до створення просторово-часової моделі природно-техногенної системи у вигляді багатовимірного розмитого топологічного простору, коли використовується модель подання знань, що описують проблематику, у вигляді просторово-розподіленої деревоподібної структури подій.

Порівняльний аналіз відомих рішень, запропонованих авторами, дозволяє застосувати нові підходи до створення та використання систем підтримки прийняття управлінських інформаційних рішень під час здійснення стратегічного екологічного оцінювання, оцінки впливу на навколишнє середовище, екологічних загроз та ризиків. У статті висвітлені наукові основи управління екологічною безпекою планової діяльності за допомогою інтегрованих автоматизованих систем.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Розвиток сучасних телекомунікаційних технологій, глобальних інформаційних мереж та автоматизація технологій отримання, обробки, представлення візуалізації даних зумовили високий рівень очікувань громадян на доступ до екологічної інформації про стан навколишнього природного середовища, наявні екологічні ризики (загрози) для безпечної життєдіяльності, екологічну перспективу в електронному вигляді, вимогу модернізації державного управління, прозорості та відкритості діяльності органів державної влади і місцевого самоврядування у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів, упровадження сучасних електронних форм взаємодії та залучення громадян до прийняття управлінських рішень [3–9].

Сучасні проблеми із забезпеченням надання вільного доступу до екологічної інформації про стан навколишнього природного середовища в електронному вигляді спричинені:

– нездатністю (низькою спроможністю) державного управління запобігати надзвичайним ситуаціям техногенного та природного характеру, недостатньою оперативністю системи державного кризового реагування;

– невизначеністю інформаційних потреб державного управління у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів, які б мали стати стратегічним підґрунтям формування програм моніторингу навколишнього природного середовища як основи генерування екологічних даних та інформації;

– відсутністю загальнодержавної природоохоронної інформаційно-телекомунікаційної інфраструк-

тури органів державної влади та органів місцевого самоврядування для виконання їхніх повноважень, акумуляції інформації у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема про раціональне використання, відтворення й охорону природних ресурсів;

– не досить чітким розподілом повноважень, низьким рівнем координації дій та інституційної спроможності органів державної влади й органів місцевого самоврядування у збиранні, накопиченні та обміні екологічною інформацією, внаслідок чого з'являються автономні та неуніфіковані за структурою реєстри/бази даних, наявне дублювання функцій, нераціональне використання коштів державного бюджету на збирання та накопичення однотипної інформації про стан навколишнього природного середовища;

– наявністю значної кількості несистематизованої та непереведеної у цифровий формат екологічної інформації про стан навколишнього природного середовища на паперових носіях;

– необхідністю погодження нормативно-правових актів з питань надання, збирання, звітності, експертного аналізу, накопичення, обміну та розпоряджання інформацією про стан навколишнього природного середовища з європейськими вимогами;

– відсутністю комплексного підходу та механізму автоматизованої інтегральної оцінки даних про суб'єкт господарювання, який використовує природні ресурси та чинить вплив на навколишнє природне середовище;

– необхідністю впровадження ефективного превентивного механізму запобігання та протидії корупції, зменшення впливу корупціогенних ризиків і посилення громадського контролю за діяльністю органів державної влади та органів місцевого самоврядування у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема раціональним використанням, відтворенням й охороною природних ресурсів.

Метою створення інтегрованих автоматизованих систем управління екологічною безпекою є підтримка прийняття екологічних рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів відповідно до європейських стандартів і вимог для забезпечення дотримання екологічних прав громадян і забезпечення надання вільного доступу до екологічної інформації про стан навколишнього природного середовища, екологічні ризики (загрози) для безпечної життєдіяльності, екологічну перспективу.

Запропонований підхід дозволить сформувати загальнодержавну інформаційно-телекомунікаційну інфраструктуру органів державної влади та органів місцевого самоврядування у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів.

Мета дослідження полягає у викладенні методики обґрунтування підходів та методів інтеграції аерокосмічних технологій в систему управління екологічною безпекою, оцінки екологічних ризиків руйнівного та забруднювального впливів й аварій на техногенно небезпечних об'єктах з використанням аерокосмічних технологій.

Виклад основного матеріалу.

1. Аналіз наявних підходів до побудови інтегрованих автоматизованих систем управління екологічною безпекою.

На сьогодні створені умови для практичного виконання завдань ризик-орієнтованої СППР в умовах процесів руйнівного характеру (далі – ПРХ) у просторово-часовому масштабі. Цьому сприяє розвиток комп'ютерної техніки та інформаційних технологій, таких як геоінформаційні системи (далі – ГІС), а також доступність геопросторових і статистичних даних за допомогою мережі інтернет.

Наразі створено й експлуатується багато систем, що призначені як для вирішення питань автоматизації окремих робочих місць спеціалістів, котрі забезпечують управління в умовах надзвичайної ситуації природного характеру (далі – НСПХ), так і для забезпечення державного, міждержавного та міжнародного управління і контролю за надзвичайними ситуаціями (далі – НС). Прикладом міждержавної інформаційної системи є глобальна інформаційна мережа GDIN, створена урядом США у 1997 р., яка надає інформацію, пов'язану зі стихійними лихами, та здійснює підтримку прийняття відповідних рішень. Система об'єднує низку міжнародних, державних, недержавних і комерційних організацій у сфері реагування на НС. У США розроблений комплекс програм HAZUS, що дозволяє оцінювати ризик від деяких НСПХ, таких як повені, землетруси, урагани тощо, з метою створення плану дій щодо ліквідації наслідків таких НС. Обмеженням цього комплексу програм є те, що в них не враховується ризик від декількох НС, що поширюються одночасно. У Новій Зеландії розроблена система програмного забезпечення RiskScape для аналізу ризиків від декількох НСПХ, таких як повені, землетруси, цунамі, ураганні вітри. Методологія RiskScape дозволяє порівнювати різні джерела небезпеки за допомогою функції нестійкості, яка визначає співвідношення між НС, характеристиками ресурсів, що знаходяться в умовах ризику, і потенційним збитком. За підтримки координаційного центру з попередження стихійних лих у Центральній Америці (CEPREDENAC) розроблена ГІС-орієнтована система CAPRA, заснована на аналізі статистичних даних, що дозволяє проводити оцінку ймовірності ризику землетрусів, ураганів, вивержень вулканів, повеней, цунамі та пов'язаних з ними збитків. У Німеччині функціонує розподілена система збору та пошуку інформації IMIS, що здійснює постійний моніторинг навколишнього

середовища з метою надання інформації та прогнозування радіаційної ситуації. Існує низка проєктів, що фінансуються Європейським Союзом та спрямовані на розробку методології оцінки ризиків від природних НС (посухи, землетруси, повені тощо) і техногенних НС (аварії об'єктів ядерної енергетики тощо). Це такі проєкти, як: NaRAs, MATRIX, CLUVA, ByMur, EPSON HAZARD 1.3.1.

Зазначені проєкти використовують різні підходи: від найпростішого у застосуванні якісного до кількісного, що забезпечує точнішу оцінку елементів ризику. На якісній оцінці ризику засновані проєкти ESPON-HAZARD 1.3.1 і MATRIX, особливістю яких є використання методу Дельфі, що передбачає складання анкет із питаннями для групи експертів, де їм пропонується висловити свої суб'єктивні оцінки ризику від певних НС. У проєкті ESPON анкети, запропоновані експертам, дозволяють ранжувати НС, що аналізуються, на основі набору вагомих значень, які розкривають значущість кожної НС на узагальненій мапі. У проєкті MATRIX якісний метод дозволяє інтегрувати знання останніх користувачів для ідентифікації НС і вразливих об'єктів. Загалом метод Дельфі характеризується суб'єктивністю і вимагає багато часу та чималих організаційних зусиль. Кількісні методи оцінки ризику, такі як зважені суми, байєсівські мережі, імовірнісні підходи, були використані в проєктах NaRAs, CLUVA, ByMur. Прикладом автоматизованих систем підтримки прийняття рішень в НС є європейська комплексна система RODOS, яка є результатом розробки понад 20 європейських інститутів і призначена для підтримки прийняття рішень у реальному масштабі часу в умовах НС, пов'язаних з радіаційною ситуацією в Європі. Система містить підсистеми аналізу та оцінки ситуації, а також вибору ефективних контрзаходів. Система RODOS в межах проєкту TACIS TA REG 02/3 була впроваджена в Україні. Система «РОДОС-Україна» забезпечує раннє попередження та радіаційний моніторинг на основі даних мережі метеорологічних станцій України, оброблених Укргідрометцентром.

Традиційно отримання інформації для ППР в умовах НСПХ здійснюється за допомогою експертів безпосередньо на місцевості або за допомогою аналізу даних, які надходять від супутників, протипожежних вишок тощо. Однак останні досягнення в галузі аерокосмічних технологій зумовили виникнення нових можливостей щодо застосування безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА) для виявлення та моніторингу ПРХ з метою ППР у системах реального часу. Автоматичні системи широко використовуються в СППР в умовах НСПХ.

Більшість систем виявлення ПРХ базуються на наземних камерах. Це такі системи, як BOSQUE, спрямована на виявлення пожеж за допомогою інфрачервоної камери, та ARTIS-FIRE, що здійснює виявлення димового шлейфа завдяки візуальним камерам [7–9].

Недоліки таких систем полягають в тому, що вони не охоплюють всю територію, а також не здатні здійснювати точні спостереження в умовах мінливого навколишнього середовища. Для автоматичного виявлення пожеж також застосовуються супутникові системи, але їх використання супроводжується затримкою виявлення та низькою розділовою здатністю супутникових даних. Моніторинг ПРХ зазвичай здійснюється експертами, які оцінюють візуально або за допомогою камер швидкість поширення, інтенсивність та інші характерні явища. Використовуються також керовані літальні апарати, що дозволяють спостерігати за поширенням ПРХ, але вони коштують дорого, а їх використання пов'язане з ризиком для людини, яку залучено до керування. Моніторинг за допомогою БПЛА дає змогу автоматично отримувати актуальну своєчасну інформацію, що забезпечує володіння ситуацією й інформованість ОПР під час прийняття рішень в умовах НСПХ та дозволяє знизити ризик для людей, залучених до моніторингу. БПЛА мають можливість спостерігати за територією, передавати зображення та відеоінформацію. Аерофотознімки, особливо накладення зображень у декількох проєкціях, і матеріали відеозйомки ПРХ дозволяють діагностувати ситуацію під час НСПХ та визначати об'єкти, які перебувають в умовах максимального ризику. БПЛА можуть відігравати важливу роль також і в ліквідації НСПХ. Наявні СППР на основі БПЛА забезпечують оцінку динаміки контуру ПРХ в географічних координатах у реальному часі. Сфера використання БПЛА для виявлення та моніторингу ПРХ сьогодні розвивається досить активно. У США було досліджено використання єдиного БПЛА зі складними сенсорами для гасіння лісових пожеж у проєкті FiRE. Групу більш простих БПЛА було використано для виявлення та моніторингу лісової пожежі в європейському проєкті COMETS. Отже, інтеграція БПЛА та методів дистанційного зондування забезпечує швидке і порівняно дешеве виконання багатьох завдань, що виникають під час ППР в умовах ПРХ, тому багато дослідників приділяють підвищену увагу використанню БПЛА. Незважаючи на позитивні результати, багато питань, пов'язаних із системами моніторингу ПРХ за допомогою БПЛА, включаючи їх архітектуру, платформи, сенсори, алгоритми дистанційного зондування та обробки зображень, залишаються не досить розкритими і потребують подальшого дослідження.

З метою ефективнішого розв'язання завдань екологічної безпеки та раціонального використання природних ресурсів наразі активно впроваджуються системи підтримки прийняття рішень, засновані на математичних моделях динаміки навколишнього природного середовища [3–8].

Завдання екологічної безпеки мають комплексний характер, що вимагає під час їх вирішення взаємодії на рівні потоків інформації моделей метеорологічних, гідрологічних, океанологічних, гідро-

геологічних процесів, моделей переносу забруднень у навколишньому середовищі, в біологічних екосистемах і харчових ланцюгах. Зазвичай розрахункові моделі є вузькоспеціалізованими й описують процеси тільки одного з можливих природних діапазонів. Трапляються ситуації, коли СППР створюється на основі блоків, утворених різними групами розробників, без урахування їхньої сумісності з іншими моделями. Таким чином, основним завданням СППР є забезпечення чіткого, простого шляху інтеграції обчислювальних моделей і системи, а також реалізація можливості інтеграції моделей між собою через об'єднання в обчислювальні ланцюжки.

Не менш важливим завданням є надання досить зручного інтерфейсу для ініціалізації, управління перебігом розрахунку моделі, візуалізації та постобробки результатів, щоб користувач системи мав змогу і бажання користуватися нею самостійно. Найбільш складним є таке завдання в комплексних екологічних додатках, для яких водночас з інтеграцією різних розрахункових моделей виникає питання організації їх взаємодії з базами даних (далі – БД), зокрема з БД реального часу, інтерфейсом користувача, ГІС.

2. Перспективи створення автоматизованих систем управління екологічною безпекою.

Наразі для оцінки стану навколишнього середовища й екологічної оцінки території застосовуються різні методи, але їхня класифікація та систематизація не повністю завершені. Можна виділити дві групи методів екологічних оцінок:

1) методи оцінки стану окремих компонентів навколишнього середовища (атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтового покриву тощо);

2) методи комплексної оцінки стану навколишнього середовища, що дозволяють визначати стан геосистем або ландшафтів у цілому, умови для розвитку біоти, проживання людини і ведення нею господарської діяльності.

Вони дають змогу здійснювати визначення фізичних, хімічних, біологічних, санітарно-токсикологічних показників окремих компонентів навколишнього середовища. Основним прийомом оцінки якості компонентів навколишнього середовища є зіставлення визначених параметрів із усталеними нормативами, гранично допустимими концентраціями або фоновими значеннями. Зважаючи на складність і різноманітність хімічного складу природних екосистем, а також на значну кількість забруднювальних речовин (далі – ЗВ), такі оцінки не дають чіткого уявлення про сумарне забруднення і не дозволяють однозначно визначити якість навколишнього середовища з різним характером забруднення.

На недоліки такого підходу вказувало чимало дослідників у своїх працях. На сьогодні розроблені методи, що дозволяють оцінювати стан компонентів природного середовища за сукупністю хімічних, фізичних, біологічних показників, ці методи враховують узагальнені характеристики – індекси якості, коефіцієнти забруднення, сумарні показники забруднення. Проте і такі оцінки, коли за допомогою одного або декількох чисел робиться спроба відобразити стан складної природної системи, не завжди бувають об'єктивними і показовими. Тому важливе значення має комплексна екологічна оцінка стану навколишнього середовища, що враховуватиме природні, екологічні та соціально-економічні показники території, визначатиме ступінь антропогенного перетворення та рівень забруднення як окремих компонентів, так і навколишнього середовища в цілому.

Теоретичною і методологічною основою комплексної оцінки стану довкілля є провідні ідеї екології, географії, геохімії навколишнього середовища та ландшафту, які розглядають основні поняття і визначення, зміст, масштаб, методи, критерії, показники та результати оцінки. При цьому визначення екологічної оцінки передбачає екологічну діагностику як виявлення і вивчення ознак, що відображають сучасний та очікуваний стан навколишнього середовища, екосистем і ландшафтів. А, власне, екологічна ситуація розглядається як територіальне поєднання різних природних умов, негативних і позитивних антропогенних чинників, що створюють визначену екологічну ситуацію різного ступеня небезпеки для людини і навколишнього середовища. Комплексна екологічна оцінка території передбачає: встановлення природно-ландшафтної диференціації; визначення стану ландшафтів та їх компонентів; установлення антропогенних впливів на ландшафт; з'ясування потенційних можливостей ландшафтів протистояти антропогенним навантаженням; визначення екологічних ситуацій та оцінку ступеня їх гостроти; розроблення рекомендацій щодо поліпшення екологічної ситуації.

Аналіз наявних підходів дозволяє визначити й узагальнити основні параметри комплексної екологічної оцінки території, розділи або складові оцінки, елементи оцінки з окремих розділів, показники і результати оцінки (табл. 1). Комплексна екологічна оцінка включає: ландшафтну диференціацію території й аналіз стійкості ландшафтів до антропогенного впливу, визначення антропогенного навантаження та стану забруднення навколишнього середовища, ступеня гостроти екологічної ситуації.

Виконання завдання управління екологічною безпекою планової діяльності з використанням автоматизованих систем може бути представлено у вигляді композицій з наступних кортежів:

$$\{X, T, F, S, E\} \rightarrow \{A^N\},$$

де *вихідні* дані: $X = \{x\}$ – модель об'єкта планової діяльності; $T = \{t\}$ – технології підтримки прийняття рішень під час управління екологічною безпекою; $F = \{F_l\}$ – множина факторів, що впливають на прийняття рішення; $S = \{s\}$ – ситуація, за якої функціонує об'єкт планової діяльності; $E\{e\}$ – умови наяв-

ності апаратури спостереження в автоматизованій системі; A^N – управлінське екологічне рішення.

Проте існує ціла низка поки що невирішених практичних економіко-правових питань, пов'язаних із постійним ризиком. Інколи з'ясовується, що підприємству економічно вигідніше забруднювати (відверто, отруювати) навколишнє середовище, ніж вживати заходів з очищення скидів відходів. Чинні податки і збори за використання природних ресурсів, особливо нафти, газу, вугілля, інших корисних копалин, видаються вельми заниженими. Значну частку одержуваного підприємством прибутку державі варто вилучати у вигляді ренти за допомогою механізму податків і зборів та спрямовувати, зокрема, на реалізацію екологічних програм.

На сьогодні пов'язані з забрудненнями нормативи встановлюються у вигляді гранично допустимих концентрацій й аналогічних величин. Проте відходи життєдіяльності підприємства зазвичай містять найрізноманітніші речовини, які чинять шкідливу дію на організм людини, а також на навколишнє природне середовище. Виникає проблема сумарної оцінки, тобто побудови інтегрального показника екологічної шкоди такого підприємства.

Аварійний ризик – це ризик небажаних екологічних наслідків, спричинених аварією на виробництві або на транспорті. Аварійний ризик, на відміну від постійного ризику, пов'язаний із невизначеністю. Можна сказати, що в цьому випадку ризик – це небажана змога.

У математичних термінах невизначеність можна моделювати різними способами – за допомогою теорії ймовірностей, лінгвістичних змінних і нечітких множин, інтервальної математики й статистики, теорії ігор тощо. Щоб продемонструвати складність проблеми оцінювання аварійного ризику та різні наявні підходи, розглянемо найпростіший приклад. Нехай в зазначеній математичній моделі невизначеність має імовірнісний характер, а втрати описуються одновимірною випадковою величиною (а не випадковим вектором і випадковим процесом). Інакше кажучи, збиток адекватно відображається одним числом, а величина цього числа залежить від випадку.

Таблиця 1

Основні параметри комплексної екологічної оцінки території

Розділи оцінки	Елементи оцінки з окремих розділів	Показники оцінки	Результати оцінки
Ландшафтна диференціація території	Екологічно значущі природні фактори. Природний потенціал ландшафту.	Показники цінності або негативних природних факторів. Ресурсний потенціал. Екологічний потенціал.	Бальна оцінка природно-ресурсного потенціалу території.
Визначення стійкості ландшафтів до антропогенних навантажень	Стійкість ландшафтів до конкретного виду впливу. Потенційна стійкість ландшафтів до антропогенного навантаження.	Аеро- і гідродинамічна активність, кількість опадів і водний стік, сонячна радіація, особливості ґрунтоутворювального процесу. Індекс стійкості, буферність ґрунтів.	Бальна оцінка стійкості ландшафтів до антропогенного навантаження.
Визначення антропогенних впливів на ландшафт	Визначення антропогенних впливів на окремі компоненти навколишнього середовища. Визначення загального антропогенного навантаження та його складників: демографічного, промислового, транспортного, сільськогосподарського.	Викиди в атмосферу, скиди у водні об'єкти, утворення та розміщення відходів тощо. Види використання території, обсяг еродованих земель. Показники демографічного, промислового, транспортного, сільськогосподарського навантаження.	Характеристика антропогенних впливів на окремі компоненти навколишнього середовища. Бальна оцінка антропогенного навантаження.
Визначення стану ландшафтів та їх компонентів	Оцінка ступеня забруднення і деградації окремих компонентів природного середовища. Оцінка ступеня деградації ландшафтів.	Показники забруднення і деградації окремих компонентів природного середовища. Показники деградації ландшафтів.	Інтегральні показники забруднення атмосфери, водних об'єктів, ґрунтів тощо. Бальна оцінка ступеня деградації ландшафтів.
Визначення екологічних ситуацій та оцінка ступеня їх гостроти	Інтегральні оцінки за окремими складниками й елементами.	Інтегральні показники оцінки стану природи, антропогенного впливу, ступеня деградації ландшафтів, здоров'я населення.	Бальна оцінка гостроти екологічної ситуації.

Отже, нехай величина спричиненого ризиком збитку моделюється випадковою величиною X (в сенсі теорії ймовірностей). Як відомо, випадкова величина описується функцією розподілу

$$F(x) = P(X < x),$$

де x – дійсне число (тобто будь-який елемент множини R^1). Оскільки x зазвичай інтерпретується як величина збитку, то X – невід'ємна випадкова величина.

У найпростішому прикладі ризик R оцінюється як добуток імовірності p небажаної події на математичне очікування випадкової шкоди $M(X)$, тобто

$R = p\ M(X)$.

Залежно від припущень про властивості функції розподілу $F(x)$ імовірнісні моделі ризику поділяються на параметричні і непараметричні. У першому випадку йдеться про те, що функція розподілу є складником одного з відомих сімейств розподілів – нормальних (тобто розподілів Гауса), експоненціальних чи інших. Але зазвичай подібне припущення є не досить обґрунтованим – реальні дані не бажають «втискуватися» в заздалегідь визначене сімейство. Отже, необхідно застосовувати непараметричні статистичні методи, які не припускають, що розподіл збитку взято з того чи іншого популярного серед математиків сімейства. У разі використання непараметричних статистичних методів зазвичай розглядають лише, що функція розподілу $F(x)$ є безперервною функцією числового аргументу x. Проведений багатьма фахівцями ретельний аналіз похибок реальних спостережень показав, що їх розподіл у переважній більшості випадків відрізняється від розподілу Гауса.

Для позитивної випадкової величини (величини збитку) досить часто розглядають такі її характеристики, як:

– математичне очікування;

– медіана і, більш узагальнено, квантилі, тобто значення $x = x(a)$, за яких функція розподілу досягає певного значення a; інакше кажучи, значення квантиля $x = x(a)$ обраховується за рівнянням $F(x(a)) = a$;

– дисперсія (часто позначається як сигма-квадрат);

– середньоквадратичне відхилення (квадратний корінь з дисперсії, тобто сигма);

– коефіцієнт варіації (середнє відхилення, поділене на математичне очікування);

– лінійна комбінація математичного очікування і середнього квадратичного відхилення (наприклад, бажання вважати, що можливі значення збитку розташовані в такому інтервалі: математичне очікування плюс-мінус три сигма);

– математичне очікування функції втрат тощо.

Найчастіше оцінку проводять за емпіричними даними (за вибіркою величин збитків, відповідних тим, що сталися раніше в аналогічних випадках). За відсутності емпіричного матеріалу залишається спиратися на експертні оцінки. Найбільш обґрунтованим є модельно-розрахунковий метод, який ґрунтується на моделях еколого-економічної ситуації, що дозволяють розрахувати характеристики збитку.

Завдання управління екологічною безпекою може окреслюватись як завдання мінімізації тієї чи іншої характеристики з перерахованих вище. Тоді мінімізація випадкового збитку за одним критерієм може розглядатися з різних аспектів (постановок):

1) мінімізація математичного очікування (середніх очікуваних втрат);

2) мінімізація квантиля розподілу (наприклад, медіани функції розподілу втрат або квантиля порядку 0,999999, вище якого розташовуються великі втрати, що зустрічаються вкрай рідко – в одному випадку з 1 000 000);

3) мінімізація дисперсії (тобто показника розкиду можливих значень втрат);

4) мінімізація середнього квадратичного відхилення, що з суто математичної точки зору еквівалентна попередньому завданню мінімізації дисперсії;

5) мінімізація коефіцієнта варіації;

6) мінімізація суми математичного очікування і потроєного середнього квадратичного відхилення (на основі відомого «правила трьох сигм») або іншої лінійної комбінації математичного очікування і середнього квадратичного відхилення (такий підхід використовують в разі наближеності розподілу витрат до нормального (розподілу Гауса) розподілу як комбінацію підходів, спрямованих на мінімізацію середніх втрат і мінімізацію розкиду можливих значень втрат);

7) мінімізація математичного очікування функції втрат.

Визначимо особливості перелічених аспектів (постановок). Перший з них – мінімізація середніх втрат – видається цілком природним, якщо всі можливі втрати незначні порівняно з ресурсами підприємства (організації). В іншому разі, перший підхід не завжди раціональний.

Другий підхід спрямований саме на мінімізацію великих витрат, на захист від розорення. Інше його відоме застосування – недопущення катастрофічних аварій на атомних електростанціях на кшталт Чорнобильської. За другого підходу середні втрати можуть збільшитися (порівняно з першим), але максимальні будуть контролюватися. На жаль, вкрай важко за статистичними даними робити обґрунтовані висновки за досить великих значень аргументу і відповідних вельми малих можливостей. Наприклад, іноді зустрічаються твердження, подібні до наведеного вище: «надійність дорівнює шести дев'яткам», тобто 0,999999. Інакше кажучи, ймовірність небажаного результату дорівнює 0,000001. Таку малу ймовірність безпосередньо за статистичними даними оцінити неможливо (для цього обсяг вибірки повинен бути не менше 10 млн). Отже, висновок отриманий за допомогою моделі, наприклад, експоненціального розподілу. Добре відомо, що висновки

про виявлення викидів вкрай нестійкі порівняно з невеликими відхиленнями від припущень моделі. Тому і до слів на кшталт «надійність дорівнює шести дев'яткам» треба ставитись обережно.

Третій та еквівалентний йому четвертий підходи спрямовані на мінімізацію розкиду остаточних результатів. Середні втрати при цьому можуть бути вищі, ніж за першого або другого підходів, але того, хто приймає рішення, це не цікавить. Йому потрібна максимальна визначеність майбутнього, нехай навіть ціною підвищення втрат.

П'ятий підхід надає один зі способів позбавитися від такої забудькуватості – використовується не абсолютне значення середнього квадратичного відхилення, а відносне. Це аналог в теорії ризику загальноекономічної ідеї використання характеристик, наприклад, рентабельності.

Шостий підхід поєднує в собі перший і третій, хоч і досить примітивним чином. По суті, проблема в тому, що управління ризиком у такому випадку – це принаймні двокритеріальне завдання. Бажано середні втрати знизити (інакше кажучи, математичне очікування доходів підвищити) й одночасно зменшити показник невизначеності – дисперсію. Як відомо, неможливо провести оптимізацію одночасно за двома критеріями. Доводиться так чи інакше перейти до оптимізації за одним критерієм. Наприклад, можна один із критеріїв перетворити на обмеження. Або об'єднати два критерії в один, наприклад, мінімізувати коефіцієнт варіації. Добре відомі різні підходи, які використовуються за багатокритеріальної оптимізації, і практично всі вони можуть бути застосовані в теорії ризику, розвиваючи шостий підхід.

Найбільш сучасний підхід – сьомий. Але для його застосування необхідно побудувати функцію втрат або її антипод – функцію корисності. Це велике самостійне завдання. Зазвичай його вирішують за допомогою спеціально організованого економетричного або еколого-статистичного дослідження.

Часто видається природним використання багатокритеріальних завдань управління екологічною безпекою. Наприклад, як уже зазначалося, бажано мінімізувати як середній ризик, так і розкид ризику (дисперсію). На жаль, неможливо одночасно досягти обох цілей. У цьому немає нічого незвичайного. Не можна досягти максимального прибутку за мінімуму витрат, як і максимуму доходу за мінімуму ризику.

Під час розгляду багатокритеріальних завдань зазвичай намагаються всі критерії, крім одного, перетворити на обмеження. Наприклад, мінімізують середній збиток за умови, що дисперсія не перевищує заданої величини. Або, навпаки, мінімізують розкид (дисперсію) за умови, що середній збиток не перевищує заданої межі.

Є й метод, за яким критерії об'єднуються в один, наприклад, у вигляді лінійної комбінації, як у шостому підході до управління ризиками, описаному вище. Більш обґрунтованим видається виділення кордону Парето, тобто варіантів, які можна поліпшити одразу за всіма параметрами, а потім аналіз цієї межі за допомогою експертів.

Крім імовірнісних методів моделювання ризику, іноді розглядаються методи опису ризиків за допомогою об'єктів нечислової природи, зокрема, якісних ознак, понять теорії нечітких множин, інтервальних математичних і економетричних моделей та інших математичних засобів.

Під використанням якісних ознак розуміємо, зокрема, застосування таких термінів: «високий ризик», «помітний ризик», «малий ризик», та аналогічних їм. Вони, звісно, більше відповідають реаліям, ніж оцінки у вигляді дійсних чисел. Інакше кажучи, людині набагато легше працювати з порядковою шкалою, ніж зі шкалами кількісних ознак – інтервальною, відносин, різниць тощо. Методи аналізу статистичних даних, виміряних за порядковою шкалою, розроблені у статистиці об'єктів нечислової природи.

Якщо невизначеність має інтервальний характер (оцінки ризиків описуються інтервалами), то природно застосувати методи статистики інтервальних даних (як частини інтервальної математики), розрахувати мінімальний та максимальний можливий дохід і втрати тощо.

Під час розробки програмного забезпечення систем підтримки прийняття управлінських інформаційних рішень в інтегрованих автоматизованих комплексах при управлінні екологічною безпекою необхідно враховувати різноманіття методів опису ризиків. Вибір одного певного методу без належного обґрунтування може призвести до неадекватного управління екологічною безпекою. Відповідно до теорії функціональної стійкості доцільно провести розрахунки за кількома методами і порівняти результати. Якщо вони збігаються, то є підстави вважати, що результати розрахунків відповідають реальності. Якщо ж різні, то вони відображають суб'єктивізм дослідника, який обрав той чи інший метод. Для побудови коректного всебічного опису ризиків можуть бути корисними (і навіть необхідними) експертні оцінки.

Головні висновки. Визначено перспективи створення автоматизованих систем управління екологічною безпекою у сфері захисту довкілля та природних ресурсів відповідно до європейських стандартів і вимог для забезпечення дотримання екологічних прав громадян. Порівняльний аналіз запропонованих авторами нових рішень з уже відомими рішеннями дозволяє визначити нові підходи до створення та застосування систем підтримки прийняття управлінських інформаційних рішень під час здійснення стратегічного екологічного оцінювання, оцінки впливу на навколишнє середовище, екологічних загроз і ризиків.

Встановлено, що завдання оцінки екологічного збитку може окреслюватись як завдання оцінки величини збитку. Найчастіше його проводять за емпіричними даними (за вибіркою величин збитків, відповід-

них тим, що сталися раніше в аналогічних випадках). За відсутності емпіричного матеріалу залишається спиратися на експертні оцінки. Найбільш обґрунтованим є модельно-розрахунковий метод, який спирається на моделі еколого-економічної ситуації, що дозволяють розрахувати характеристики збитку.

Зазначено, що комплексна екологічна оцінка стану навколишнього середовища має враховувати природні, екологічні та соціально-економічні показники території, характеризувати ступінь антропогенного перетворення і рівень забруднення як окремих компонентів, так і навколишнього середовища в цілому. Оскільки методологія ризик-орієнтованої підтримки прийняття рішень в умовах виявлення екологічних загроз і ризиків на сьогодні не досить розроблена, а визначена проблема надто далека від свого вичерпного рішення та, зважаючи на те, що випадки надзвичайних ситуацій почастішали, вона набуває особливої актуальності. Подальший етап у створенні інтегрованих систем управління екологічною безпекою – аналіз проблеми управління екологічною безпекою планової діяльності підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій природного характеру.

Література

1. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України (зі змінами, внесеними згідно із Законами від 17 жовтня 2019 р. № 199-IX; від 18 червня 2020 р. № 733-IX). *Відомості Верховної Ради*. 2017. № 29. Ст. 315.
2. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 20 жовтня 2018 р. № 2354-VIII.
3. Машков О.А., Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю. Застосування системного підходу до проведення оцінки та вивчення еколого-техногенного стану зони відчуження і розроблення рекомендацій щодо природно-ресурсного відновлення на екологічних засадах : монографія. Київ : Основа, 2021. 80 с.
4. Іващенко Т.Г. Стратегічна екологічна оцінка документів державного планування : монографія / під заг. наук. ред. Г.Г. Шматкова. Київ : Основа, 2021. 60 с.
5. Бондар О.І., Машков О.А., Міхеєв В.С. Системний підхід щодо створення системи підтримки екологічних рішень для забезпечення екологічної безпеки держави. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2020. № 3 (30). С. 30–38.
6. Машков О.А., Іващенко Т.Г. Проблеми управління екологічною безпекою планованої діяльності за допомогою систем підтримки прийняття управлінських інформаційних екологічних рішень. *Науковий часопис Академії національної безпеки*. 2020. № 3–4 (27–28). С. 7–34.
7. Машков О.А., Іващенко Т.Г., Мухіна К.Є. Застосування аерокосмічних технологій при управлінні екологічною безпекою планованої діяльності за допомогою інтегрованих автоматизованих систем. *Науковий часопис Академії національної безпеки*. 2021. № 1–2 (29–30). С. 4–27.
8. Mashkov O., Zhukauskas S., Nigorodova S., Kosenko V. Innovative approaches of using the metods for remote sensing of the earth for monitoring the ecological-technical condition of water ecosystems. *Екологічні науки: науково-практичний журнал.* 2019. № 3 (26). P. 115–125.
9. http://www.investgazeta.net/praktika/ekologicheskij-audit.-ne-tolko-imidzha-161171/.

UDC 502.4:528.004+528.8
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.2

GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR GEOECOLOGICAL MONITORING OF URBANIZED WATER BODIES

Yue Zheng[1], Sheviakina N.A.[2], Zagorodnia S.A.[2], Kreta D.L.[2], Radchuk I.V.[2]
[1]Yancheng Polytechnic College
№ 285, Jiefang Rd. Yandu District, Yancheng, 224006, Jiangsu Province, China
[2]Institute of Telecommunications and Global Information Space National Academy of Sciences of Ukraine
13, Chokolovskiy blv., 03186, Kyiv
n.a.sheviakina@gmail.com; zagorodnya.s@gmail.com;
dim.leo@gmail.com; 523180183@qq.com, igor.radchuk.v@gmail.com

The study of the state of urbanized aquatic ecosystems is necessary to study the regularities of the functioning of water resources under a stable anthropogenic load. The article analyzes the distribution of biotopes in the urbanized coastal area of the Lake Verbne (Kyiv). The study was carried out on the basis of remote sensing data in order to determine informative signs of the ecological state of the territory and the natural resource potential for recreational purposes. An algorithm for building a map of the distribution of biotopes of the territory is presented. The article presents topical thematic ecological-cartographic models. An assessment and analysis of the ecological state of the coastal area using geoinformation technologies has been carried out. It is concluded that the direct anthropogenic impact exerts an increased recreational load on the coastal area of the lake. Areas of the coastal territory with a vegetation cover are a place of mass gathering of vacationers. As a result of trampling, degradation of plant complexes is noted until the complete disappearance of groups and succession processes are noted. Therefore, it is necessary to regulate unauthorized recreational development of the area around Lake Verbne (Kyiv). The effectiveness of Earth remote sensing methods for monitoring studies on the distribution of biotopes, determination of the ecological state and quality of the recreational potential of urbanized water bodies of cities has been proved. The presented studies are necessary to stabilize the ecological balance of urban agglomerations, improve the quality of ecological services in urban landscapes, improve the state of the environment for comfortable living of the city population and ensure the ecological safety of urbanized coastal areas and lakes. *Key words:* geoecological monitoring, geoinformation systems, remote sensing of the Earth, water bodies, urbanized water bodies, anthropogenic impact, complex analysis.

Геоінформаційні технології геоекологічного моніторингу урбанізованих водних об'єктів. Юе Чжен, Шевякіна Н.А., Загородня С.А., Крета Д.Л., Радчук І.В.
Дослідження стану урбанізованих водних екосистем є необхідним для вивчення закономірностей функціонування водних ресурсів за стійкого антропогенного навантаження. У статті проаналізовано розподіл біотопів на урбанізованій прибережній території о. Вербне (м. Київ) за результатами ДЗЗ із метою визначення інформативних ознак екологічного стану території і природно-ресурсного потенціалу для рекреаційних цілей. Представлено алгоритм побудови карти розподілу біотопів території. Побудовано актуальні тематичні еколого-картографічні моделі. Карти класифікації біотопів у весняно-літній період отримували протягом чотирьох років (20217-2020 рр.). Проведено оцінку й аналіз екологічного стану прибережної території із застосуванням геоінформаційних технологій. Для розрахунків площі біотопів була використана частина водоохоронної зони озера завширшки 100 метрів. Зроблено висновок, що загалом досліджувана лімноекосистема є стабільною з поступовими змінами та сукцесійними процесами. Водночас прибережна територія озера піддається посиленому рекреаційному навантаженню внаслідок прямого антропогенного впливу. На ділянках із рослинним покривом відмічено масове скупчення відпочиваючих. Унаслідок витоптування відбувається деградація рослинних комплексів, що супроводжується сукцесійними процесами. Тому необхідним є регулювання несанкціонованого рекреаційного облаштування території навколо озера Вербне. Доведено ефективність методів дистанційного зондування Землі для моніторингових досліджень за розподілом біотопів, визначення екологічного стану та якості рекреаційного потенціалу урбанізованих водних об'єктів міст. Представлені дослідження необхідні для стабілізації екологічної рівноваги міських агломерацій, підвищення продуктивності міських ландшафтів, поліпшення стану довкілля і забезпечення екологічної безпеки урбанізованих прибережних територій та озер. *Ключові слова:* геоекологічний моніторинг, геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, водні об'єкти, урбанізовані водойми, антропогенний вплив, комплексний аналіз.

Formulation of the problem. Ecosystems of artificial lakes are under anthropogenic impact due to economic and recreational use. The consequence of this activity is the activation of the processes of eutrophication of water bodies. Anthropogenization leads to increased heating and eutrophication of lakes, causes their isolation and intensification of aging processes in water bodies. Therefore, there is an urgent need for comprehensive research and analysis of aspects of activities in urban agglomerations, which will make it possible to choose the most appropriate options for urban water management. Monitoring studies of surface water quality are based on taking into account the main functions of hydroecosystems and adjacent territories. The works of scientists V. Khilchevsky, S. Afanasyev, M. Yatsyuk, Ya.P. Didukh are devoted to the study of water bodies in places [1-4]. Based on the results of the inspection and analysis, it was noted that there are unresolved issues

in improving the methodology for monitoring and managing ecosystems, in particular, there is no infrastructure for operational monitoring of the dynamics of anthropogenic and renaturalization processes. There is no database of the state of ecosystems based on information technology. This does not allow the creation of clear ecological priorities for the development of a number of water systems. An important component of these studies is the analysis of the distribution of biotopes in the studied territory of the urbanized lake. There is a need for further in-depth studies of lakes, reservoirs, ponds, as reservoirs of delayed water exchange. It is necessary to study the dynamics of their existence, not only in interconnection, but also of the processes occurring in the coastal territories [5].

Relevance of research. The anthropogenic impact on lakes in urbanized conditions differs significantly in structure and intensity from traditional types of impact in natural areas, where the main factors are eutrophication and changes in the water regime, and a decrease in biodiversity due to uncontrolled fishing. But in cities, four sources of pollution of water bodies are leading: housing and communal services, automobile transport, industrial waste, and recreational activities. The approach to the study of lakes, reservoirs, ponds (as reservoirs of delayed water exchange) provides for the study of the dynamics of their existence not only in interconnection, but also the processes occurring in the catchment. Lakes in urban agglomerations contribute to the formation of a special microclimate. Hydrological features affect the specifics of the meteorological picture of the local water body and the area around it. The microclimate of the coastal area of the lake is influenced by many factors: the terrain, the size of the water body, the amount of pollutant emissions, the nature of pollution, the number of population.

Microclimate is a local feature of the surface layer climate. These features change significantly over short distances. In one geographic area with a general climate, different microclimate options are observed [6]. Over the forest and the neighboring meadow, near the lake and at a distance from it, the atmospheric conditions will differ to a greater or lesser extent. This can be especially observed in urban agglomerations with dense buildings. One of the factors influencing the formation of the microclimate of the territory is the distribution of the biotopes of this territory. Determination of the area of biotopes is necessary to determine informative signs of the ecological state of the territory and to determine the natural resource potential. The study of the structure of shallow biotopes is an informative indicator of the state of the lake ecosystem. Data on the distribution of overgrowth of coastal areas with vegetation groups, as well as urbanized water areas, are perfectly deciphered on satellite images. These results can be used to summarize information about the state of the ecosystem. Biotope change affects the microclimate of neighborhoods [7]. The use of space images makes it possible to analyze the quantitative indicators of the spatial structural units of a water body, predict the course of successive processes, assess the resource potential of hydroecosystems, identify possible threats to both biodiversity and water quality [8]. There is a large amount of work devoted to the use of Earth remote sensing methods for solving problems of nature management. First of all, these are the works of scientists: S.O.Dovgiy, Ya. Krasovsky, V.I. Doll, N.A. Popov, A.N. Trofymchuk, A.D. Fedorovskiy [9-11].

A satellite image is an independent reliable source of information and has the greatest effect in solving the following tasks: definition of the area and the territorial placement of objects; operative assessment of the state of nature-protected objects; creation of databases for species and landscape diversity inventory and effective environmental management; identification of the territory where the most adverse impact on the natural environment occurs; and identification of areas of conflict between different users.

The involvement f information technologies for the study of the limnological system, their morphology and components at the modern scientific and technical level is an important task for addressing the issues related to nature conservation and recreational and economic functions of the urbanized limnological system and adjoining territories [12-14].

Presentation of the main material. The article presents a study of one of the limnological objects of anthropogenic origin, namely Lake Verbne in the city of Kyiv. This lake was created in the 1960s as a classic hydrological quarry. The sand from this quarry was used in the construction of the Obolon residential area. Now Lake Verbne is a local nature conservation object – an ichthyological reserve with an area of 31.8 hectares. The Lake Verbne is located in the northern part of the megalopolis of Kyiv (Figure 1).

The lake is located in the northern part of Kyiv, in the southeastern part of the Obolon residential area, between Moskovsky Prospekt, Priozernaya Street and Heroes of Stalingrad Avenue. The lake is probably a separated section of the former bed of the Pochayna River. Along its long-standing bed, there are now a number of lakes with the common name Opechen. The limnological system of Lake Verbne (Kyiv) was considered as an example of integrated application of remote sensing capabilities urbanized water bodies.

The northern shore of the lake is a gentle beach, the southern shore is raised above the level of the water surface by 1.0-1.5 m. On the southern side, the lake was partially filled up during the construction of the microdistrict, so its area slightly decreased. The reservoir is low-flowing. The lake has an inflow of surface and ground water, the flow is carried out by filtering water in the lake bed. The lake is used as a water intake for surface and groundwater runoff. There are organized and unorganized beaches, active recreational fishing. Sources of water pollution are only surface runoff from the catchment area, industrial runoff is absent, as

well as recreation. Morphometric characteristics are determined from bathymetric or hypsometric maps. The use of information and analytical technologies provides an assessment of the dynamics of morphometric characteristics and spatial distribution of such investigated integral hydroecological parameters as the shape and perimeter of the coastal strip [15]. With the help of echolocation technologies, the scientists of the Institute of Telecommunications and the Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine have built bathymetric maps of the water area of Lake Verbne [16]. According to the results of bathymetry, the maximum depth of the reservoir was specified, it is 14.8 m. the central part increases from west to east in proportion to the increase in the width of the reservoir [17].

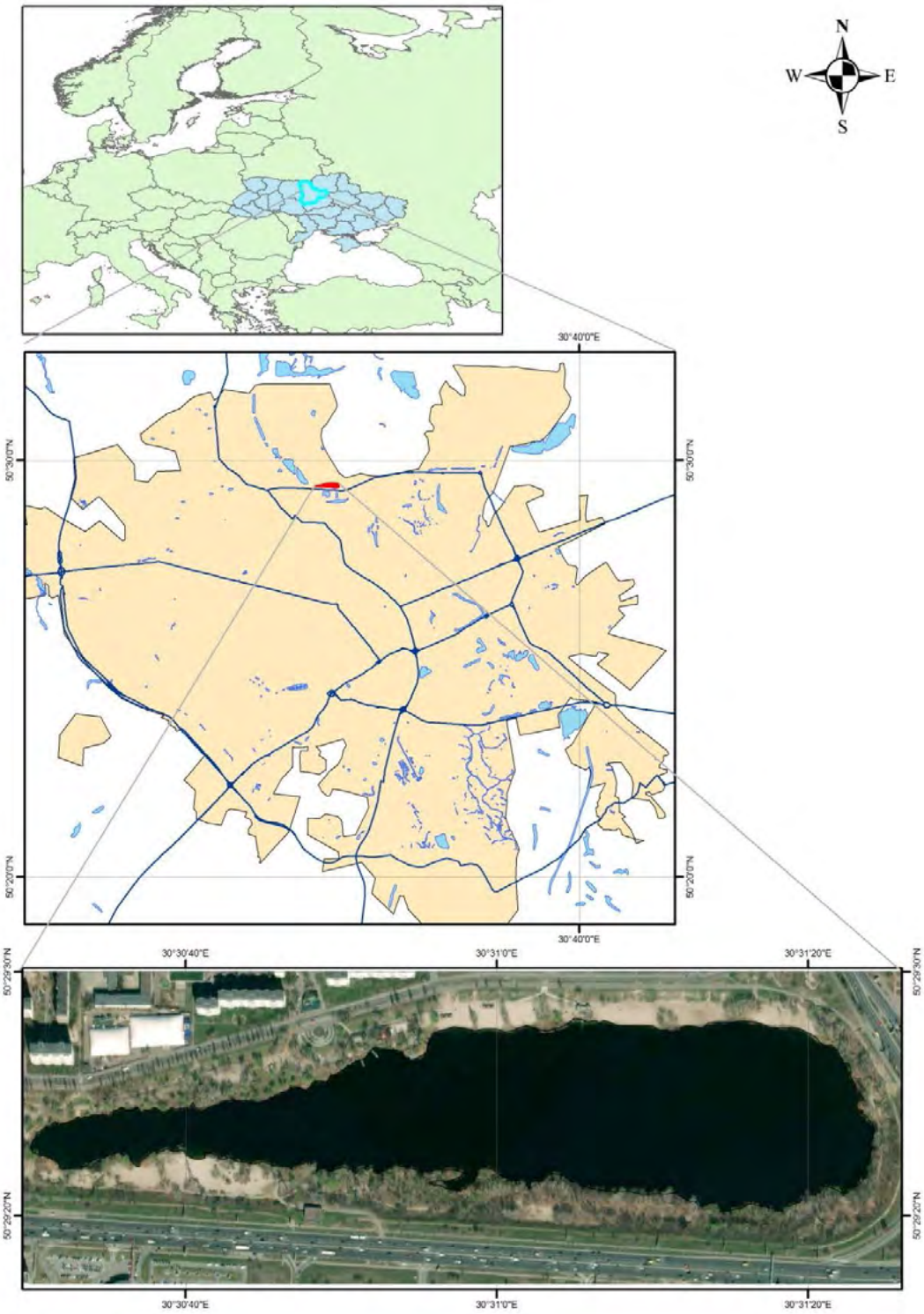


Figure 1. The limnological system of Lake Verbne (Kyiv)

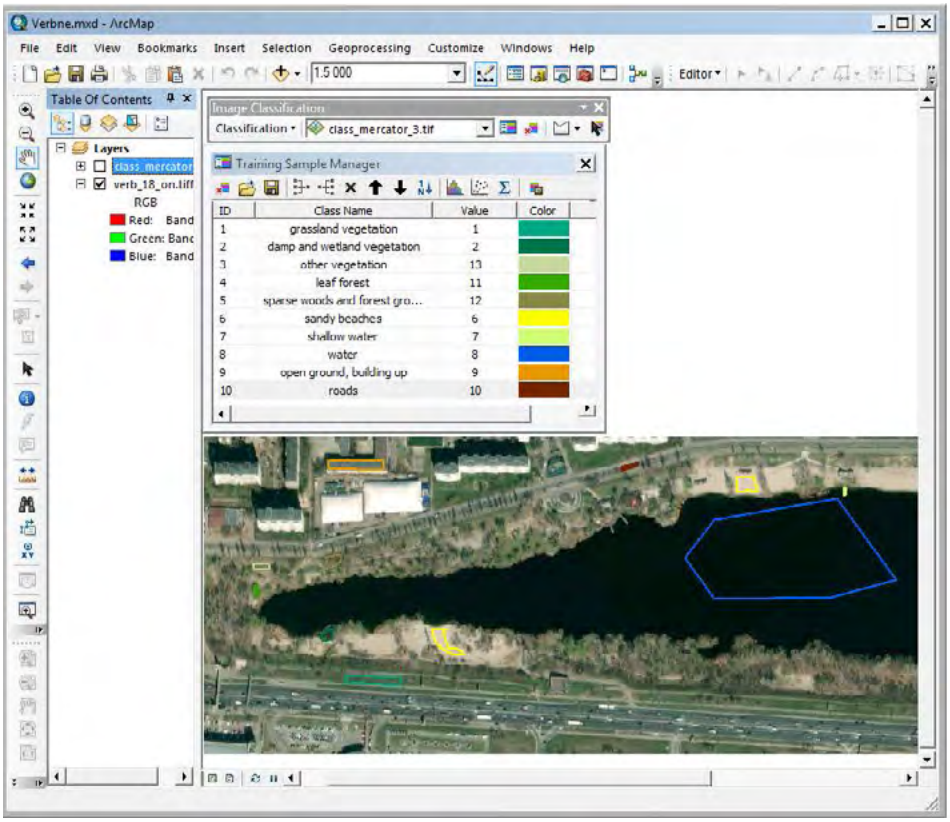


Figure 2. The pixel areas on the space image

The use of geoinformation technologies is considered from the point of view of a systematic approach, which includes: collection, processing and formalization of information about the state of the urbanized limnological system, accumulation and processing of data, their interpretation in graphic form on electronic maps.

Nowadays there are a lot of applicable software of different levels for remotely sensed data and images processing starting from distributing free to expensive highly professional ones. It allows implementing the wide spectrum of processing, visualization, analysis and use of geographical information. Erdas Imagine, ArcGis 10 and QGis software packages were used for processing and interpretation of remote sensing data. The packages are built according to module hierarchical principle and decision is scaled the efficiency of which depends on the users' requirements to images processing process [18]. The above software product tools were involved into the work with the satellite images during survey the Lake Verbne.

That satellite images processing process consists of identification of exposure period required for chosen area under survey, remotely sensed data selection with required resolution by means of software products statistic calculation – getting of analytical graph, accuracy validation of got values in comparison to the earth based results, generation of obtained information into geoinformation system with further ability to get necessary information as for the object under survey using GIS technical tools [19].

The algorithm for constructing a biotope map is as follows:

- selection of a satellite image;
- determination of standards for each of the classes (biotopes);
- viewing the spectral histograms of the selected classes;
- the implementation of the classification;
- obtaining the resulting raster, converting it into a vector and manual correction of erroneous objects;
- calculation of the areas of biotopes;
- raster generalization and smoothed presentation.

The data are analyzed in the ArcGIS software product, module Image Classification. Image classification is a powerful type of image analysis that uses machine learning to identify patterns and differences in land cover in drone, aerial, or satellite imagery. There are also tools for assessing accuracy by comparing the classified image to a reference image (esri.com/en-us/home, 2021). This module allows you to calculate and select areas according to the same criteria. Generation of criterion classes is done by expert method. The pixel areas on the space image are selected according to the criteria table.

First, a vector template file was built in the ArcGis program. In this file, at least 10 reference plots were allocated for each selected class of objects on the basis of a priori information about the geobotanical zoning of the territory and field studies [20]. The coverage was carried out over the entire spectral range of each class as much as possible (Figure 2). Further, a study was car-

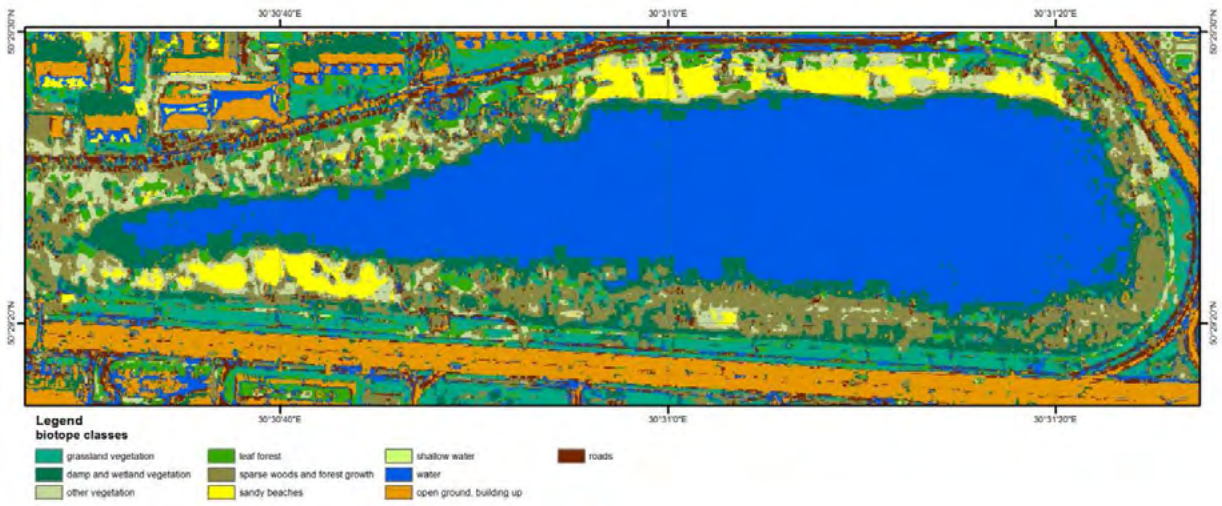


Figure 3. Classification of biotopes

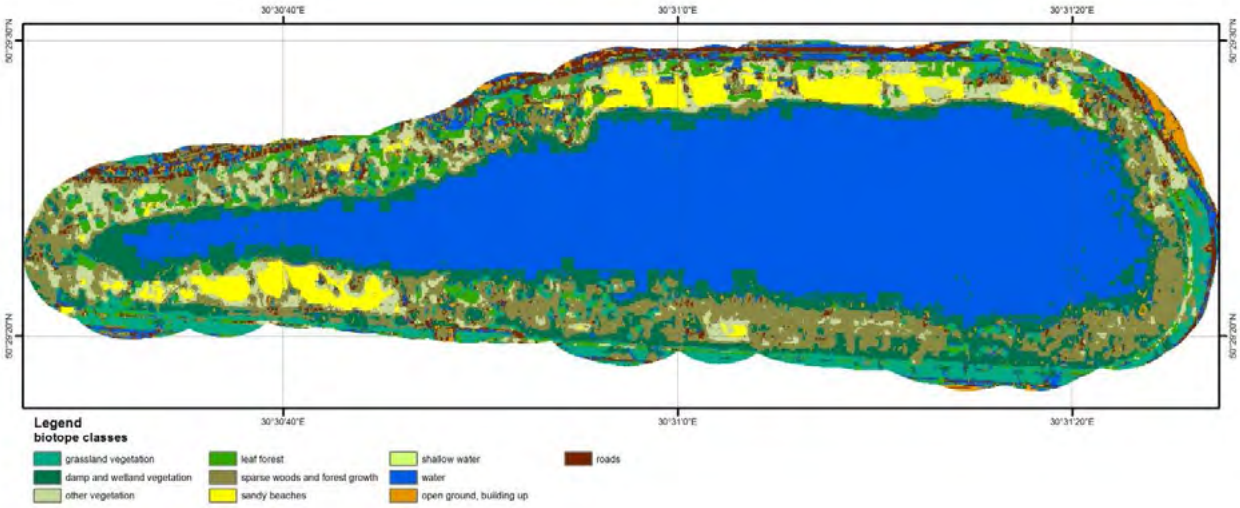


Figure 4. The lake area with a buffer zone of 100 meters

Table

Classification1_verb_18_clip.tif

OID	Value	Class_name	Count	Area_m	Area_ga	Ares_part
0	1	grassland vegetation	22619	50892.8	5.08927	0.06
1	2	damp and wetland vegetation	47285	106391	10.6391	0.13
2	13	other vegetation	24210	54472.5	5.44725	0.07
3	11	leaf forest	16390	36877.5	3.68775	0.05
4	12	sparse woods and forest growth	55335	124504	12.4504	0.15
5	6	sandy beaches	15885	35741.3	3.57413	0.04
6	8	water	156081	351182	35.1182	0.44
7	9	open ground, building up	4915	11058.8	1.10588	0.01
8	10	roads	14455	32523.8	3.25237	0.04

0 (0 out of 9 Selected)

Classification1_verb_18_clip.tif

Figure 5. Calculating the area of biotopes

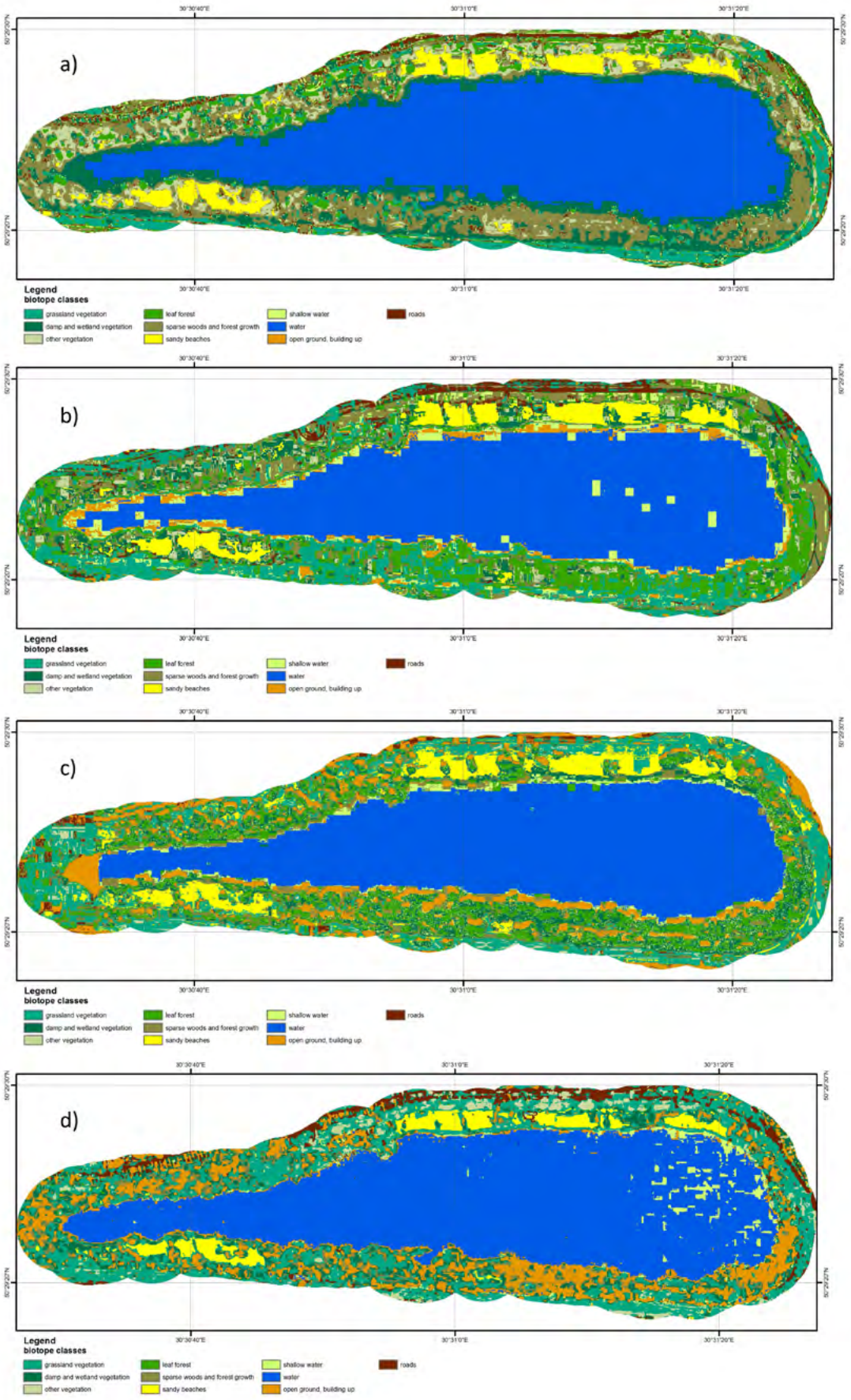


Figure 6. Classification of biotopes a) 2017, b) 2018, c) 2019, d) 2020

Table 1

Biotope areas for different years in the study area

Class name	Areas, ha			
	2017	2018	2019	2020
grassland vegetation	5.25024	10.36123	10.38082	14.79499
damp and wetland vegetation	11.18808	4.984272	6.885072	6.97248
other vegetation	5.138928	2.173392	0.846576	2.059632
leaf forest	4.35672	9.78768	8.845632	0.12888
sparse woods and forest growth	13.50245	7.416144	6.33096	2.796624
sandy beaches	3.612672	3.699072	4.640112	2.847168
shallow water	1.584144	3.978576	3.059568	1.805472
water	33.36653	32.63774	32.04691	36.79114
open ground, building up	0.004253	3.078288	6.820848	9.649152
roads	2.844432	2.727792	0.987696	2.998656

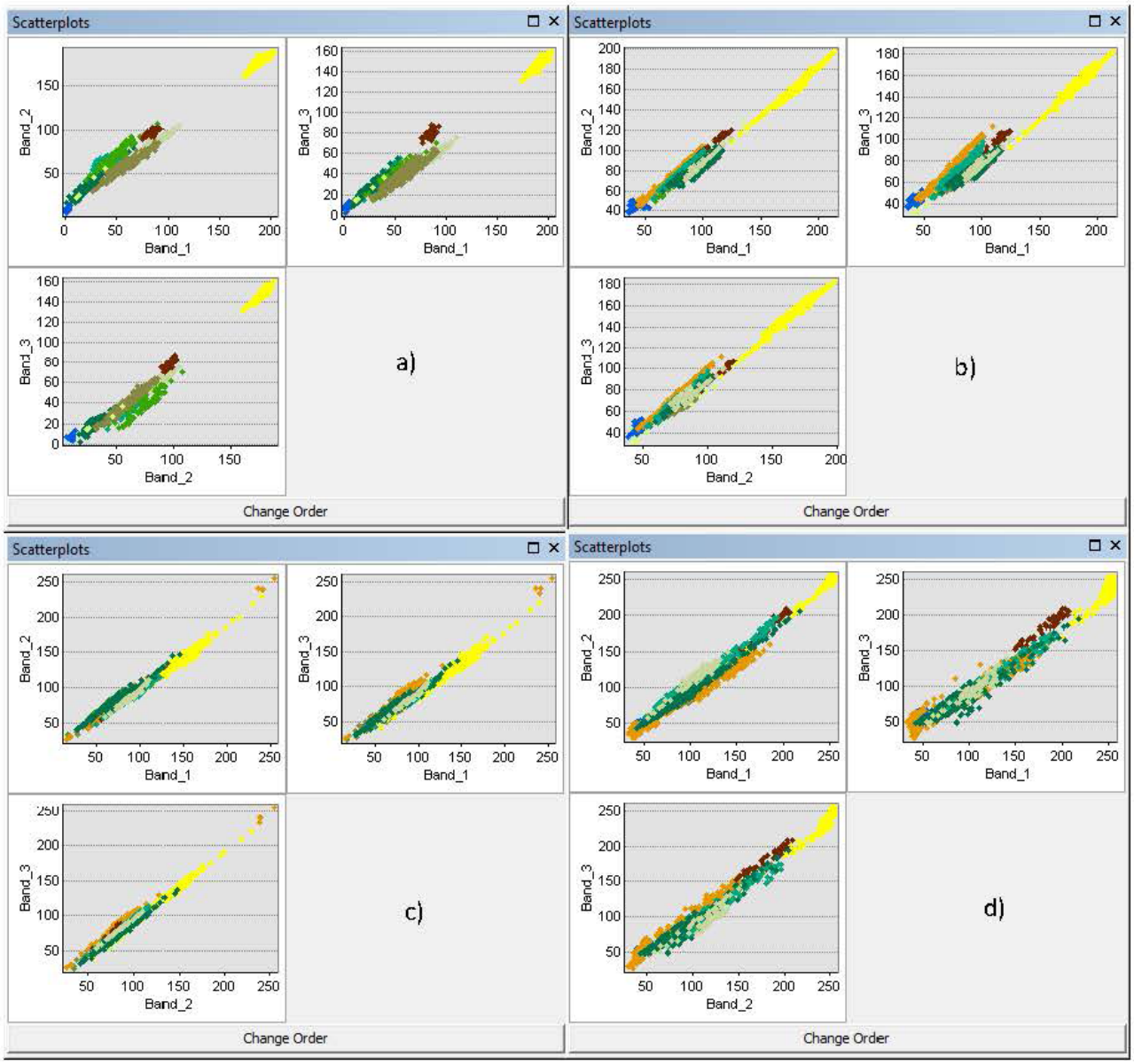


Figure 7. Relative change of the biotope area in the study area

ried out of the spectral brightness of reflecting surfaces of various types (classes) depending on the wavelength on the synthesized images.

As a result, on the territory of the limnological system of Lake Verbne (Kyiv) 10 main classes of reflective surfaces were selected: grassland vegetation – groupings of medium-high helophytes with dead stems leaving for the winter; damp and wetland vegetation – woody-shrub cenoses formed under conditions of excessive moisture; other vegetation – groups of shrubs that form under conditions of variable moisture mainly on silty and loamy soils; leaf forest – swamp willow groups (Salicion cinereae); sparse woods and forest growth; sandy beaches; shallow water – flooding zone and coastal belt, littoral of the floodplain and pool of the lake, occupied by groups dominated by tall-grass helophytes on sandy-silty and silty soils; water; open ground, building up; roads.

As a result of the classification, the final image was obtained, in which each pixel was assigned to one of the classes according to the spectral images of the standards. The module automatically selects all the pixels with the same criteria on the image. In result classification of biotopes on the space image is done (Figure 3).

For further calculations of the area of biotopes, a part of the water protection zone of the lake, one hundred meters wide, was included in the analysis. At the same time, the features of the anthropogenic impact on Lake Verbne, namely recreation, were taken into account. This one hundred meter zone should be a coastal protection strip along the lake. A stricter regime of economic activity is established in this territory than in the rest of the water protection zone, in accordance with Article 60 of the Land Code of Ukraine. Accordingly, on the satellite image, the area of the lake with a 100-meter protective strip was allocated for analysis (Figure 4). The area of the lake with an attached 100-meter zone is 80,36 ha. As a result, the areas of biotopes were calculated and the part in the total area of the lake was analyzed (Figure 5).

Using this technology on a series of images we get monitoring of biotope areas. The images were chosen approximately in the same time interval with the frequency of one year. Frequency of imaging the same place on the Earth's surface by high-resolution satellites is about 30-40 days. The pictures were taken in the late spring and early summer. Space images from the archives of the Institute of Telecommunications and Global Information Space at the National Academy of Sciences of Ukraine were used for periods 2017-2020.

Classification maps of biotopes in the spring and summer period were obtained for four years. Data on changes in the area of the biotope class were obtained (Figure 6). A precision analysis of the definition of biotope classes was performed. As a result of the analysis of the data obtained, an assessment of changes in the distribution of biotopes was carried out. So, as of 2020, the water surface of the lake remained practically unchanged compared to 2017 (Table 1). The water surface area is almost unchanged. Less than 4% of the total area.

But there are changes in the areas «leaf forest» and «sparse woods and forest growth», the area of these biotopes decreased by 5% and 13%, respectively. And also we observe change «grassland vegetation», the area of this biotope has increased over the comparative period by 12%. Therefore, an increase in the area of one biotope leads to a decrease in the area of another biotope (Figure 7). That is, we observe a gradual replacement of one biocenosis with another, which indicates a successional process in the study area. These changes occur primarily under the influence of the recreational load, namely the trampling of vegetation by local residents and vacationers, the uncontrolled arrangement of picnic areas, recreation and swimming areas.

Along with the anthropogenic impact, it is necessary to take into account global climatic changes. Climatic changes form the microclimate of urbanized territories, including natural biotopes of urbanized lake ecosystems, which are the most vulnerable. They need special protection and development of conservation measures. This approach is important today in the implementation of environmental monitoring, in the creation and improvement of the system of protected objects, ensuring measures for their protection.

The investigated area has a significant natural resource potential for recreational purposes. The lake has a well-maintained beach for swimming and relaxation. The beach area was allocated a separate class in space images. In order to study the dynamics of changes in the specified biotope, the area of the beach was calculated. As a result, the constancy of the ecosys-

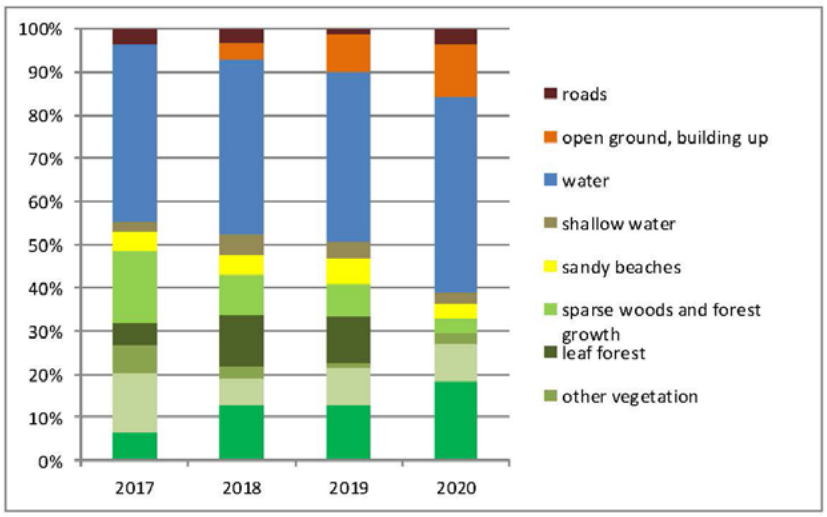


Figure 8. Analysis of biotope class selection: a) 2017, b) 2018, c) 2019, d) 2020

tem of the specified biotope was determined. The area of beaches varies within 1.7% (Figure 7).

In order to establish the relationship between environmental factors and the distribution of biotopes, correlation analysis was used (Figure 8). We observe the area of beaches varies within 1.7%, however, the accuracy of selection among other biotopes is the highest.

We can note that the recreational load on the coastal area of the lake is increasing due to direct anthropogenic impact. In areas with vegetation, you can determine the mass concentration of vacationers. As a result of trampling, degradation of plant complexes is noted until the complete disappearance of macrophyte groups [18]. Therefore, it is necessary to conduct further research, monitoring the quality of the recreational potential on the territory of Lake Verbne. This is necessary to regulate unauthorized recreational development of the territory: filling the coastal strip of lakes with sand (primarily the lakeside floodplain and depressions) to create beaches with complete destruction of vegetation.

So, the results of the presented study show the effectiveness of Earth remote sensing methods for monitoring studies on the distribution of biotopes, determining the ecological state and quality of the recreational potential of urbanized water bodies in cities. Remote geoecological monitoring studies make it possible to carry out a reliable assessment of the state of ecosystems and predict their further changes, however, it requires long-term data and complex labor-intensive work on the analysis and processing of these data.

Main conclusions.

As a result of the study, remote sensing data were processed at different times, an analysis of changes in the area of biotopes of Lake Verbne (Kyiv), which occurred over a period of time, namely 2017-2020. The results of habitat change and the state of the coastal area were obtained. The coastal territory of the lake, the formed lake basin are estimated, the limits of fluctuations of water level are established. In general, the studied limnoecosystem is stable with gradual succession changes.

It is important to note that the coastal area of the lake is increasing recreational load due to direct anthropogenic impact. In areas with vegetation there is a mass accumulation of vacationers. As a result of trampling, degradation of plant complexes is observed. The results of the presented study show the effectiveness of remote sensing methods for monitoring the distribution of habitats, determining the ecological status and quality of recreational potential of urban water bodies of cities.

The presented researches are necessary for stabilization of ecological balance of urban agglomerations, increase of productivity of urban landscapes, improvement of a condition of environment and maintenance of ecological safety of the urbanized coastal territories and lakes.

Bibliography

1. Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні. *Прикладні аспекти моніторингу та охорони біорізноманіття Серія: «Conservation Biology in Ukraine».* Вип. 16. Т. 3. Київ, Чернівці: Друк Арт, 2020. 528 с.
2. Хільчевський В.К., Ободовський О.Г., Гребінь В.В. та ін. Загальна гідрологія: підручник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 399 с.
3. Класифікація рослинності та біотопів України: матеріали третьої науково-теоретичної конференції. За заг. ред. Я.П. Дідуха, Д.В. Дубини. Київ, 2018. 188 с.
4. Дідух Я. П., Вакаренко Л. П.. Кадастр біотопів як основа збереження Землі при ринкових відносинах. *Вісник НАН України.* 2019. № 9. С. 70-80.
5. Trofymchuk O., Kreta D., Myrontsov M., Okhariev V., Shumeiko V., Zagorodnia S. Information Technology in Environmental Monitoring for Territorial System Ecological Assessment. J. Environ. *Sci. and Engineering,* 2015. P. 79-84.
6. The Global Risks Report 2018, 13th Edition.*World Economic Forum.* Geneva, 2018. 80 p.
7. Федоровський О. Д., Зуб Л. М., Дьяченко Т. М., Томченко О. В., Хижняк А. В., Якимчук В. Г. Дистанційне оцінювання екологічного стану водойм на основі багатомірної щільності розподілу площ біотопів на прикладі Київського водосховища. *Космічна наука і технологія.* 2020. Т. 26, № 5 (126). С. 38-47.
8. Томченко О.В., Соколовская А.В., Федоровский А.Д. Моделирование экологического состояния антропогенных ландшафтов на основе космического геомониторинга. *Геоінформатика*. 2015. № 1. С. 77-84.
9. Довгий С. О., Бідюк П. І., Трофимчук О. М., Савенков О. І. Методи прогнозування в системах підтримки прийняття рішень. Київ: Азимут-Україна, 2011. 608 с.
10. Гончар А.І. Концепція розвитку гідроакустики в Україні. *Гідроакустичний журнал.* Запоріжжя: НТЦ ПАС НАН України. 2006. № 3. С. 5-16.
11. Arkhipov A. I., Glazunov N. M., Khyzhniak À. V. Heuristic Criterion for Class Recognition by Spectral Brightness. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2018. Vol. 54, № 1. P. 94-98.
12. Томченко О.В. Обґрунтування методів системного аналізу стану водноболотних угідь з використанням даних дистанційного зондування Землі і наземних спостережень (на прикладі верхів'я Київського водосховища): автореферат дис. ... канд. технічних наук, спец. 05.07.12: Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі НАН України. Київ, 2015. 22 с.
13. Радчук І.В. Екологічний моніторинг лімнологічних систем методами дистанційного зондування Землі : автореф. дис. ... канд. техн. наук, спец. 21.06.01: Нац. ун-т буд-ва і архітектури. Київ, 2015. 19 с.
14. Загородня С.А. Оцінка екологічного стану природно – заповідних територій засобами геоінформаційних технологій : автореф. дис. ... канд. техн. наук, спец. 21.06.01: Нац. ун-т буд-ва і архітектури. Київ, 2016. 22 с.
15. Трофимчук О.М., Мокрий В.І., Радчук В.В., Радчук І.В., Загородня С.А. Інформаційне забезпечення гідроакустичного моніторингу озер Західного Полісся. *Екологічна безпека та природокористування.* 2015. Вип. 1(17). С. 5-15.

16. Trofymchuk O., Klymenko V., Sheviakina N., Zahorodnya S., Radchuk I. Assessment of the impact of anthropogenic activities on aquatic ecosystems. Water Supply and Wastewater Disposal, Designing, Construction, Operation and Monitoring: Monograph. Lublin. 2020. P. 328-335.
17. Trofymchuk O., Klymenko V., Anpilova Y., Sheviakina N., Zagorodnia S. The aspects of using GIS in monitoring of environmental components. International multidisciplinary scientific geoconference, SGEM; Sofia. Vol. 20, Iss. 2.1. Albena. Bulgaria. 2020. P. 581.
18. Trofymchuk O., Zahorodnya S., Sheviakina N., Radchuk I., Tomchenko O. Remote Sensing Monitoring of Biotopes Distribution within Nature Reserve Area. Journal of Environmental Research, Engineering and Management. 2020. Vol. 76, No 3. P. 109-120.
19. Томченко О.В., Манько Д.І. Супутниковий моніторинг скупчень планктонних водоростей («цвітіння» води). Тези доповідей III науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи» (Новосілки, 12-13 вересня 2019 р.). Київ, 2019. С. 86-87.
20. Protasov A.A., Barinova S.S., Novoselova T.N., Buseva Zh.F., Tomchenko O.V., Sylaieva A.A., Lubskiy N.S., Semenchenko V.P., Sysova E.A. The heterogeneity of the abiotic and biotic components of techno-ecosystems: view from space and from the Earth. European Scientific Journal. Jan. 2019 edition Vol. 15, No 3. P. 423-448.

УДК 628.1.033:64.018+614
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.3

СУСПІЛЬНА ДУМКА ЩОДО ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ТА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ В УКРАЇНІ

Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Приходько А.П., Соболєва В.Г.
Поліський національний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
valerko_ruslana@ukr.net, gerasim4uk@ukr.net

Стан питного водопостачання в Україні наразі погіршується, причому це стосується як централізованих, так і нецентралізованих джерел. Обізнаність населення щодо якості питної води та захворювань, які передаються водним шляхом, гарантує підвищення рівня безпечного водоспоживання. Соціологічне дослідження проводили за допомогою анкетного опитування різних верств населення з різних областей України із використанням геоінформаційного програмного продукту ArcGISpro. Всього було опитано 932 респонденти, з яких 70% – міське населення. 30,5% опитуваних використовують централізоване водопостачання, 38,8% – джерела нецентралізованого водопостачання (колодязь, свердловину, природне джерело) та 30% споживають привізну і бутильовану воду. Рівень задоволеності населення якістю питної води розподілений таким чином: 45,4% – повністю задоволені, 18,13% – абсолютно не задоволені та частково задоволеними виявились 36,2% респондентів. Що стосується засобів доочищення води, то 55,7% не використовують жодних додаткових засобів, постійно використовують додаткові засоби очищення 34,4% опитуваних та інколи їх застосовують 9,6%. Найефективнішим способом доочищення питної води є фільтрування. 39,3% респондентів вважають, що використовують воду доброї якості і лише 4,2% вказують на воду поганої якості. Оцінюючи якість питної води, споживачі покладаються переважно на свої органи чуття, оскільки майже всі респонденти відзначають наявність у води присмаку, неприємного запаху, підвищення кольоровості та забарвленості. Лише 28% з опитуваних робили хоча б раз лабораторне дослідження води та 73% знають про хвороби, які виникають внаслідок споживання неякісної питної води. На думку респондентів, серед небезпечних речовин, що присутні у воді, перше місце посідають сполуки хлору, друге і третє місця – нітрати і важкі метали відповідно. 97% вважають, що інформування населення щодо якості питної води є необхідним, а 95% хотіли б бути поінформованими про стан питної води у громадських і власних джерелах водопостачання. *Ключові слова:* питна вода, централізоване та нецентралізоване водопостачання, анкетування, здоров'я, населення.

Public opinion on the quality of drinking water and the risk to the health of the population in Ukraine. Valerko R., Herasymchuk L., Pryhodko A., Soboleva V.
The state of drinking water supply in Ukraine is currently deteriorating, and this applies to both centralized and non-centralized sources. Awareness of the population about the quality of drinking water and water-borne diseases will increase the level of safe water consumption. The sociological research was conducted by means of a questionnaire survey of different segments of the population and different regions of Ukraine with the help of the geoinformation software product ArcGISpro. A total of 932 respondents were interviewed, of which 70% were urban residents. 30,5% of respondents use centralized water supply, 38,8% – sources of decentralized water supply (well, well, natural source) and 30% – consume imported and bottled water. The level of satisfaction of the population with the quality of drinking water is distributed as follows: 45,4% are completely satisfied, 18,13% – completely dissatisfied and partially satisfied were 36,2% of respondents. With regard to water purifiers, 55,7% do not use any additional means, 34,4% constantly use additional purifiers and sometimes 9,6% use them. The most effective way to purify drinking water is filtration. 39,3% of respondents believe that they use good quality water and only 4,2% – of poor quality. When assessing the quality of drinking water, consumers rely mainly on their senses, as almost all respondents note the presence of taste in the water, unpleasant odor, increased color and coloration. Only 28% of respondents have done a laboratory test of water at least once and 73% are aware of diseases that occur when consuming poor quality drinking water. According to the respondents, among the hazardous substances present in the water, the first place is given to chlorine compounds, the second and third places are occupied by nitrates and heavy metals, respectively. 97% believe that informing the population about the quality of drinking water is necessary and 95% would like to be informed about the state of drinking water from public and own sources of water supply. *Key words:* drinking water, centralized and decentralized water supply, questionnaires, health, population.

Постановка проблеми. Вода є одним із найбільш важливих ресурсів, що використовується людиною, а тому доступ до безпечної питної води має життєво важливе значення для здоров'я людей, продовольчої безпеки та соціально-економічного розвитку не лише регіону, а й держави в цілому. Нестача якісної питної води знижує рівень якості життя населення та збільшує ймовірність виникнення захворювань, що пов'язані з водним фактором. Згідно з даними ВООЗ та ЮНІСЕФ якість питної води є другим після бідності населення фактором ризику, що погіршує стан здоров'я населення. Наразі цими організаціями доведено, що близько 2,2 млрд людей у світі не мають доступу до якісних джерел водопостачання, 4,2 млрд – не

мають належних санітарних умов, а 3 млрд не мають звичайних пристосувань для миття рук. За оцінками експертів 99,8% летальних випадків у країнах, що розвиваються, прямо або опосередковано пов'язані з використанням забрудненої води, 90% серед яких припадають на дітей віком до 5 років. Серед хвороб, що передаються водним шляхом, найбільш небезпечними є вірусні та інфекційні захворювання [1].

Актуальність дослідження. Наявність або відсутність якісної питної води відіграє суттєву роль у демографічній ситуації країни, її соціально-економічному розвитку та стані здоров'я населення.

Для України не є винятком проблема якісного питного водопостачання, а потреби води для побутових, промислових та сільськогосподарських цілей постійно збільшуються. Згідно з дослідженнями якість питної води, особливо джерел нецентралізованого водопостачання, погіршується внаслідок порушення умов санітарії [2], надмірного використання мінеральних добрив та засобів хімічного захисту рослин [3]. Крім того, забруднена вода стає однією з головних проблем, пов'язаних зі здоров'ям населення країни [4].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Відповідно до Директиви 98/83/ЄС [5] про якість води, призначеної для споживання людиною, та Орхуської конвенції [6] суспільство має право на отримання достовірної інформації про якість питної води. Наразі суспільна думка є важливою зацікавленою стороною у галузі питного водопостачання в розвинених країнах. Інформування населення про якість питної води зможе покращити його обізнаність щодо підвищення рівня безпечного водоспоживання. Дослідження є частиною науково-дослідної роботи «Еколого-соціальна оцінка стану сільських селітебних територій у контексті сталого розвитку» (державний реєстраційний номер: 0120U104233), результати якого можуть бути використані для інформування населення про якість питної води та її вплив на здоров'я людини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням суспільної думки про безпеку питної води наразі займається ціла низка вчених з усього світу. Суспільна думка вивчалась у Сполучених Штатах Америки [7], Південній Африці [8], на території Сомалі [9], Танзанії [10], Пакистану [11] тощо.

В Україні здебільшого такі дослідження проводяться ученими ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України» та стосуються інформування споживачів про якість питної води і стан питного водопостачання на підставі вимог європейського законодавства [12], ставлення населення до якості водопровідної води, доцільності її доочищення з використанням побутових фільтрів чи колективних водоочисних систем [13], використання фасованої води [14] тощо.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, та новизна. В Україні стан питного водопостачання погіршується, а питна вода багатьох сільських населених пунктів досі не досліджена, відповідно, й інформація про її якість на таких територіях відсутня або обмежена. Таким чином, існує необхідність інформування та обізнаності місцевого населення з приводу забруднення питної води і захворювань, що виникають та передаються через воду.

Отже, метою цього дослідження є проведення опитування населення України з приводу його обізнаності та ставлення до якості питної води й її впливу на стан здоров'я людини.

Методологічне або загальнонаукове значення. Соціологічне дослідження здійснювали за допомогою анкетування сільського і міського населення різних областей України, використовуючи геоінформаційний програмний продукт ArcGISpro. Анкета містить 14 запитань, які дають можливість оцінити стан обізнаності населення щодо якості питної води. Наразі опрацьовано 932 анкети.

Виклад основного матеріалу. В соціологічному дослідженні взяли участь громадяни України різної

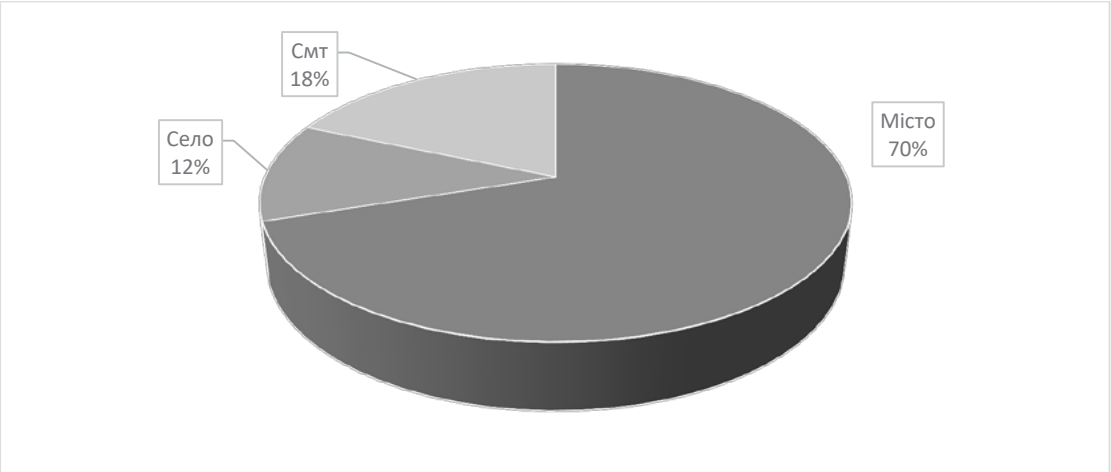


Рис. 1. Розподіл респондентів за місцем проживання

статі, віку, сімейного статусу та освіти, 650 з яких є мешканцями міст, 172 – жителі сільських населених пунктів та 107 осіб проживають у селищах міського типу (рис. 1).

У результаті опитування встановлено, що 284 респонденти використовують воду централізованого водопостачання, а 218 – воду з приватних колодязів, що свідчить про те, що нецентралізоване водопостачання в Україні посідає друге місце в якості джерел питної води. Крім того, 160 опитуваних вказали, що купують бутильовану воду для забезпечення питних потреб, а це свідчить про недовіру населення до якості води централізованих та нецентралізованих джерел водопостачання. Найменша кількість респондентів вказала в якості джерела водопостачання природне джерело (рис. 2).

Якість питної води задовольняє 45,4% респондентів, повністю не влаштовує якість води 18,13% опитаних та частково задоволені якістю використовуваної води 36,2% мешканців України. Високий відсоток задоволених та частково задоволених, на нашу думку, свідчить про недостатню обізнаність населення щодо критеріїв якості води.

У разі забруднення джерел водопостачання воду необхідно обробити для покращення її якості та попередження захворювань, що передаються через неї. За відсутності централізованого водопостачання така відповідальність покладається на споживачів. Проте доведено, що навіть вода, яка надходить із джерела централізованого водопостачання, часто не відповідає стандартам якості [15], а тому потребує додаткової очистки в домашніх умовах, що, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, значно підвищує якість води та знижує ризик захворювань, які передаються через неї [16]. 55,7% респондентів категорично заявили, що не використовують додаткові засоби очищення води, і це також може свідчити про недостатню поінформованість населення щодо якості питної води. Постійно використовують додаткові

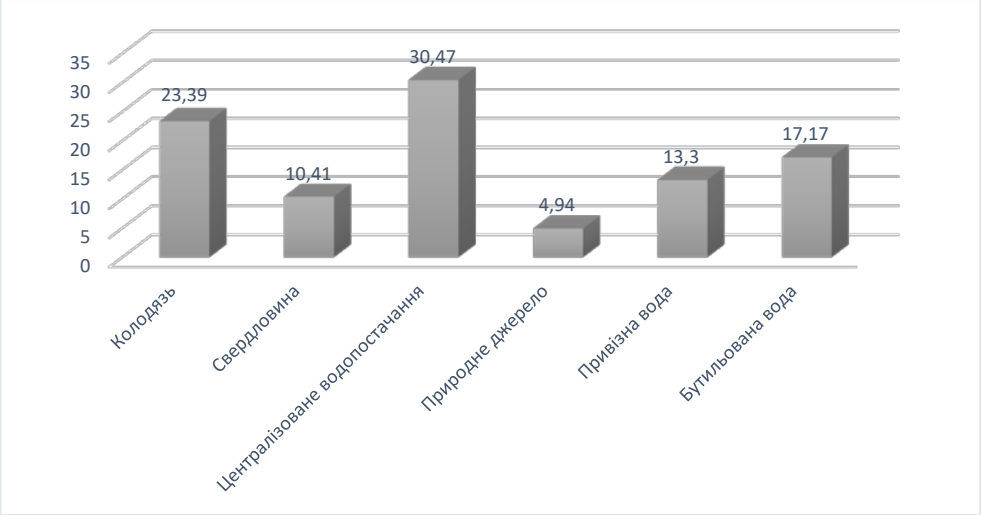


Рис. 2. Розподіл використовуваних джерел водопостачання серед опитуваних, %

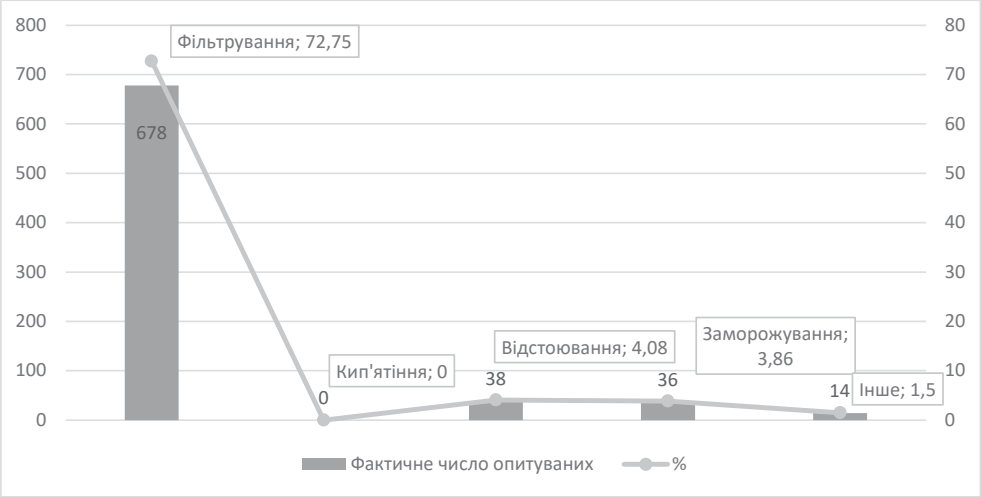


Рис. 3. Способи доочистки питної води

засоби очищення 34,4% осіб, інколи їх застосовують 9,6% опитуваних.

На думку респондентів, найефективнішим способом доочистки питної води є фільтрування, а найбільш неефективним – кип'ятіння (рис. 3).

Оцінювання якості питної води, на думку опитуваних, розподілилось таким чином: 39,3% вважають, що вода, яку вони споживають, доброї якості, 36,3% вживають воду задовільної якості, 11,2% – відмінної якості, 8,8% – незадовільної якості, 4,2% – поганої якості. Отже, більшість респондентів визначають стан питної води як добрий та задовільний.

Оцінюючи якість питної води, споживачі покладаються переважно на свої чуття [12], вважаючи, що мікробні, хімічні та фізичні компоненти води можуть вплинути на її зовнішній вигляд, запах або смак [16]. Хоча такі речовини можуть не мати прямого впливу на здоров'я, проте вода, яка є дуже мутною і забарвленою або має неприємний присмак чи запах, часто розглядається споживачем як небезпечна. Отже, органолептичні параметри питної води (присмак, запах, забарвленість тощо), яким споживачі надають значення, можуть вплинути на вибір джерела водопостачання і споживання. 34,3% опитуваних відзначають незвичний смак питної води, неприємний запах засвідчили 8,2%, підвищення забарвленості та каламутності зафіксовано серед 8,4% та 13% респондентів відповідно. Серед інших показників, присутніх у питній воді, було виокремлено наявність осаду і накипу, підвищену жорсткість, запах хлору, наявність сміття, іржі тощо.

Ніколи не робили аналіз води майже 72% респондентів та лише 27,4% не знають про хвороби, які виникають внаслідок споживання неякісної питної води. Серед небезпечних речовин, які можуть міститись у воді, на думку опитуваних, перше місце посідають сполуки хлору, на другому місці знаходяться нітрати і на третьому – важкі метали. Також у цьому переліку були присутні такі небезпечні речовини, як пестициди, нітрити, феноли, фосфати, амоній, радіонукліди, поверхнево-активні речовини, формальдегід тощо.

Майже 97% опитуваних вважають, що інформування населення про якість питної води є необхідним, а 95% хотіли б бути поінформованими про якісний стан питної води громадських джерел водопостачання.

Головні висновки. Досліджуючи суспільну думку щодо якості питної води та ризику для здоров'я людини внаслідок споживання неякісної води на території України, ми дійшли таких висновків:

– загалом було опитано 932 мешканці різних областей України, 70% з яких проживають у містах, а 30% – в умовах сільських селітебних територій;

– за типом джерел водоспоживання респонденти розподілились майже на 3 рівні частини, зокрема, 30,5% використовують воду із централізованих джерел, 30% купують привізну і бутильовану воду, а 38,8% забезпечують свої питні потреби, використовуючи нецентралізовані джерела: колодязі, свердловини та природні джерела;

– 18,13% опитуваних повністю не задоволені якістю використовуваної питної води, 45,4% та 36,2% – повністю та частково задоволені станом питної води;

– що стосується засобів додаткового очищення, то виявлено, що постійно та інколи застосовують їх 44% опитуваних, а одним із найефективніших способів доочистки, на думку респондентів, є фільтрування, натомість кип'ятінню не довіряє жоден із опитуваних;

– більшість респондентів визначають стан питної води як добрий (39,3%) та задовільний (36,3%);

– 34,3% опитуваних звертають увагу на незвичний присмак води;

– лабораторне дослідження якості питної води ніколи не робили 72% респондентів;

– 27% осіб не знають про захворювання, які передаються через воду;

– 95% опитуваних вважають за необхідне бути достатньо поінформованими щодо якості питної води громадських і власних джерел водопостачання.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження можуть бути використані представниками обласних державних та міських адміністрацій, сільських, селищних рад й об'єднаних територіальних громад під час розробки програм інформування місцевих жителів про якість питного водопостачання.

Література

1. WHO: 1 in 3 people globally do not have access to safe drinking water. UNICEF, WHO. URL: https://www.who.int/news/item/18-06-2019-1-in-3-people-globally-do-not-have-access-to-safe-drinking-water-unicef-who.
2. Палапа Н.В. Оцінка сільських селітебних територій за якістю питної води. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 4. С. 41–47.
3. Romanchuk L.D., Valerko R.A, Herasymchuk L.O., Kravchuk M.M. Assessment of the impact of organic agriculture on nitrate content in drinking water in rural settlements of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No 11 (2). P. 17–26. DOI: 10.15421/2021_71.
4. Прокопов В.О., Липовецька О.Б. Оцінка якості питної води з підземних вододжерел України з погляду впливу на стан здоров'я населення. *Науковий вісник Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця*. 2012. № 4. С. 122–126.
5. Директива Ради 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 р. про якість води, призначеної для споживання людиною. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_963#Text.
6. Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (Орхуська конвенція). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_015#Text.

7. Eck C.J., Wagner K.L., Chapagain B., Joshi O. A Survey of Perceptions and Attitudes about Water Issues in Oklahoma: A Comparative Study. *Journal of Contemporary Water Research & Education*. 2019. Vol. 168. I. 1. P. 66–77. DOI: 10.1111/j.1936-704X.2019.03321.x.
8. Wright J.A., Yang H., Rivett U., Gundry S.W. Public perception of drinking water safety in South Africa 2002–2009: a repeated cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2012. No 12. P. 556. DOI: 10.1186/1471-2458-12-556.
9. Abdi-Soojeede M., Kullane M. Study of Community Perception on Drinking Water Quality in Mogadishu, Somalia. *Open Journal of Applied Sciences*. 2019. No 9. P. 361–371. DOI: 10.4236/ojapps.2019.95030.
10. Masanyiwa Z., Zilihona I., Kilobe B. Users' Perceptions on Drinking Water Quality and Household Water Treatment and Storage in Small Towns in Northwestern Tanzania. *Open Journal of Social Sciences*. 2019. No 7. P. 28–42. DOI: 10.4236/jss.2019.71003.
11. Khalid S., Murtaza B., Shaheen I., Imran M., Shahid M. Public Perception of Drinking Water Quality and Health Risks in the District Vehari, Pakistan. DOI: https://doi.org/10.4000/vertigo.21171.
12. Зоріна О.В. Наукове обґрунтування розробленого порядку інформування споживачів питної води. *Довкілля та здоров'я*. 2018. Вип. 3 (88). С. 22–26.
13. Липовецька О.Б. Аналіз даних анкетного опитування населення України щодо оцінки якості водопровідної питної води та доцільності її доочищення в побуті. *Environment & Health*. 2014. № 3. С. 47–50.
14. Лотоцька О.В., Волощинська К.Т. Використання фасованої води населенням міста Тернополя за результатами анкетного опитування. *Медсестринство*. 2018. № 2. С. 19–22.
15. Прокопов В.О., Кузьмінець О.М., Соболь В.А. Гігієнічна оцінка централізованого господарсько-питного водопостачання України. *Довкілля та здоров'я*. 2008. № 4 (47). С. 14–18.
16. Guidelines for Drinking Water Quality. Third Edition Incorporating the First and Second Addenda. Volume 1: Recommendations. WHO. Geneva, 2008. URL: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf.

УДК 351.79: 504.4.062.2
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.4

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ ТА МЕХАНІЗМИ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ: ДОСВІД КРАЇН ЄС ТА УКРАЇНИ

Гнедіна К.В.
Національний університет «Чернігівська політехніка»
вул. Шевченка, 95, 14000, м. Чернігів
gkv2015oa@gmail.com

В умовах прискорення змін клімату та зниження рівня екологічної безпеки особливої актуальності і практичної значущості набуває забезпечення охорони водних об'єктів та запобігання дефіциту води, що вимагає впровадження нових підходів до управління водними ресурсами, моніторингу їх стану, розробки інноваційних технологій з очищення вод тощо. Це зумовлює важливість огляду наявних підходів у сфері охорони водних ресурсів та їх раціонального використання у країнах ЄС з метою запозичення найкращих практик і впровадження їх в Україні в контексті необхідності виконання екологічних зобов'язань в межах Угоди про Асоціацію з ЄС. Стаття присвячена дослідженню сучасних підходів до управління водними ресурсами у країнах ЄС та Україні, механізмів їх екологічного моніторингу та розробці практичних рекомендацій щодо вдосконалення політики у сфері використання водних ресурсів. Проаналізовано особливості управління водними ресурсами та заходи із гарантування їх екологічної безпеки, які реалізуються у країнах ЄС. Наведено характеристику наявних систем і механізмів державного моніторингу водних ресурсів у країнах ЄС та Україні. Обґрунтовано необхідність вдосконалення політики у сфері управління водними ресурсами та формування організаційно-економічного механізму забезпечення їх екологічної безпеки задля збереження водних об'єктів України, досягнення їх належного екологічного стану та задоволення потреб суспільства в якісних водних ресурсах. Виокремлено ключові аспекти, які доцільно врахувати під час вдосконалення політики у сфері управління водними ресурсами в Україні. Зроблено висновки про те, що забезпеченню сталого використання водних ресурсів сприятиме формування Водної стратегії України, враховуючи рівень виконання завдань в межах Угоди про Асоціацію з ЄС та ефективні зарубіжні практики у сфері управління водними ресурсами. *Ключові слова:* водні ресурси, водні об'єкти, раціональне водокористування, управління водними ресурсами, екологічний моніторинг, екологічна безпека, сталий розвиток.

Modern approaches to water resources management and mechanisms of their ecological monitoring: experience of EU countries and Ukraine. Hnedina K.

Protecting water bodies and preventing water scarcity are gaining urgency and practical meaning in the context of accelerating climate change and reducing the level of environmental safety. It requires the implementation of new approaches to water management, monitoring, development of innovative technologies for water treatment etc. This, in turn, causes the importance of investigation the existing approaches to water conservation and management in the EU countries in order to adopt the best practices and implement them in Ukraine in the context of the need to meet environmental commitments under the Association Agreement with the EU. The article is devoted to the research of modern approaches to water resources management in the EU and Ukraine, the mechanisms of their ecological monitoring and the formation of practical recommendations for improving policies in the field of water resources. The features of water resources management and measures to ensure their environmental safety, which are implemented in EU countries, are reviewed. The characteristics of the existing systems and mechanisms of state monitoring of water resources in the EU countries and in Ukraine are given. The necessity of improvement of the policy in the sphere of water resources management and the formation of organizational and economic mechanism to ensure their environmental safety with the aim to preserve water objects of Ukraine, achieve their proper ecological status and meet the needs of society in quality water resources is explained. The key aspects, that should be considered when improving the policy in the field of water resources management in Ukraine are described. It is concluded, that ensuring the sustainable use of water resources will be forwarded by the formation of the Water Strategy of Ukraine with taking into account the level of implementation of tasks in the framework of the Association Agreement with the EU and effective foreign practices in water management. *Key words:* water resources, water objects, rational water use, water resources management, ecological monitoring, ecological safety, sustainable development.

Постановка проблеми. Підвищення рівня екологічної безпеки та вдосконалення механізмів охорони природних ресурсів є пріоритетними напрямами екологічної політики країни в межах підписаної у 2014 р. Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом [1] (далі – Угоди про асоціацію), де у гл. 6 «Навколишнє середовище» розділу V «Економічне і галузеве співробітництво» визначаються напрями співпраці з країнами ЄС у сфері вирішення питань змін клімату та забезпечення захисту довкілля. Зокрема, співробітництво між країнами спрямоване на «збереження, захист, поліпшення і відтворення якості навколишнього середовища, захист громадського здоров'я, розсудливе та раціональне використання природних ресурсів і заохочення заходів на міжнародному рівні, спрямованих на вирішення регіональних і глобальних проблем навколишнього середовища» [1]. Відповідно до положень Угоди про асоціацію (гл. 6 «Навколишнє середовище» розділу V «Економічне і галузеве співробітництво», ст. 361) одним із ключових напрямів такої співпраці є вдосконалення управління водними ресурсами

та забезпечення належної якості води. Підходи до екологічного моніторингу та контролю якості водних ресурсів, які тривалий час існували у вітчизняній практиці управління водним господарством, не сприяли раціональному водокористуванню, що негативно позначилося на екологічному стані водних об'єктів України та зумовило необхідність пошуку шляхів вдосконалення політики охорони водних ресурсів.

Актуальність дослідження. Питання управління водними ресурсами є актуальним у контексті виконання зобов'язань України в межах Угоди про асоціацію з ЄС та потребує дослідження з метою вдосконалення механізмів екологічного моніторингу водних ресурсів, враховуючи досвід країн ЄС, та задля підвищення рівня екологічної безпеки водних об'єктів України.

Метою дослідження є огляд сучасних підходів до управління водними ресурсами та механізмів екологічного моніторингу водних об'єктів у країнах ЄС, а також визначення напрямів їх вдосконалення в Україні з урахуванням зарубіжного досвіду.

Для досягнення зазначеної мети у роботі було поставлено та вирішено такі завдання:

– досліджено особливості управління водними ресурсами та механізми екологічного моніторингу водних об'єктів у країнах ЄС;

– розглянуто особливості системи державного моніторингу вод в Україні та впроваджені європейські підходи до моніторингу;

– визначено напрями подальшого вдосконалення підходів до управління водними ресурсами та їх екологічного моніторингу в Україні з метою підвищення рівня їх екологічної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми використання водних ресурсів висвітлені в наукових працях багатьох вітчизняних вчених, серед яких: Б.М. Данилишин, М.А. Хвесик, С.О. Лизун, О.В. Сяська, Р.В. Пономаренко, А.В. Яцик, Г.І. Рудько, В.І. Осадчий, В.М. Удод, В.М. Мандзик, М.М. Гануща, В.В. Струкова, В.А. Сташук, О.В. Третьяков, В.І. Зацерковний, Л.В. Плічко, Л.В. Єлісєєва та багато інших. У дослідженні Р.В. Пономаренка всебічно розглянуто питання управління водними ресурсами за басейновим принципом, підходи до моніторингу водних об'єктів та визначено напрями зменшення техногенного впливу на гідросферу [2]. Дослідженню особливостей управління водогосподарським комплексом в Україні присвячено наукові праці вчених В.І. Зацерковного та Л.В. Плічко, які наголошують на необхідності зміни вітчизняної системи управління в галузі водного господарства та визначають чинники, що призводять до проблем у цій сфері, серед яких: недосконалість системи державного управління у сфері використання та охорони водних ресурсів, недоліки економічних важелів і водоохоронних заходів, повільні темпи впровадження зарубіжного досвіду [3]. Підходи до оцінювання рівня екологічної безпеки водних ресурсів розглянуто такими науковцями, як В.І. Андреєв, В.М. Смирнов, Є.М. Безсонов, О.І. Маслак, та іншими.

Питання забезпечення раціонального використання водних ресурсів у різних країнах світу перебувають в центрі уваги багатьох зарубіжних вчених, серед них: С. Сайдуллаєв, Л. Зеуле, С. Серра, Т. Рістескі, Д. Ліу, Ц. Чжан, Б. Уланіцкі, Ф. Божан, Н. Шапіра, О. Айялон, А. Остфельд, Я. Фарбер, М. Хоуш, Л. Гарсіа та інші. Дослідники підкреслюють важливість збереження та відновлення водних ресурсів з метою забезпечення сталого розвитку і визначають напрями вдосконалення механізмів управління водним господарством. Одностайною є думка авторів про те, що ігнорування низки проблем у сфері охорони гідросфери призведе до нестачі води на глобальному рівні, невідповідності наявних ресурсів споживчим потребам суспільства, виснаженості водних ресурсів та незадовільної якості води.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на наявність ґрунтовних наукових праць, присвячених управлінню водними ресурсами та висвітленню проблем їх незадовільного екологічного стану, малодослідженими залишаються особливості формування і функціонування сучасних механізмів екологічного моніторингу та підходів до охорони водних об'єктів у країнах Європейського Союзу, що зумовлює актуальність та своєчасність дослідження цих аспектів у контексті необхідності реалізації прийнятих Україною екологічних зобов'язань в межах Угоди про асоціацію.

Виклад основного матеріалу. Водні ресурси є запасами поверхневих і підземних вод, що знаходяться у водних об'єктах і використовуються або можуть бути використані [4]. До водних об'єктів належать скупчення вод на поверхні суші у формах її рельєфу або у надрах, що має межі, об'єм та риси водного режиму (річки та водосховища на них, канали, болота, льодовики, озера, ставки та інші водойми) [4]. Глобальні цілі сталого розвитку спрямовані на збереження водних ресурсів, забезпечення захисту водних екологічних систем та їх відновлення в умовах змін клімату. Виснаження запасів поновлюваних ресурсів прісної води є сучасним викликом для багатьох країн світу, що зумовлює необхідність вдосконалення підходів до управління водними ресурсами та охорони водних об'єктів, зокрема, їх очищення. Значну увага у країнах Європи приділяють різним аспектам управління водними ресурсами та забезпеченню сталого водокористування. З 22 березня 2007 р. у межах партнерства між Європейською комісією та Європейським агентством з навколишнього середовища функціонує Європейська водна інформаційна система (Water Information System for Europe (WISE)) – веб-сервіс, який надає інформацію про водну політику країн ЄС, стан водних ресурсів та прогнози, проєкти і дослідження у сфері водокористування широкому

загалу користувачів, серед яких: інституції ЄС, представники державних і приватних організацій у сфері управління водними ресурсами, дослідники, громадськість, яка цікавиться проблемами якості та збереження водних ресурсів [5]. Незважаючи на те, що країнами Європи впроваджено низку заходів для послаблення негативного впливу на водні об'єкти, рівень екологічної безпеки водних ресурсів залишається незадовільним. На сьогодні лише 40% поверхневих водойм Європи перебувають у належному екологічному стані [6], що зумовлює необхідність впровадження нових підходів до їх охорони, реалізації проєктів з очищення, раціонального водокористування з метою покращення екологічного стану прісноводних та морських середовищ.

Від кількісного та якісного стану водних ресурсів залежить рівень задоволення першочергових потреб населення країн у споживанні якісної води. Щороку зростають обсяги споживання води не лише галузями (зокрема, водомісткими), а й населенням. Найбільшу кількість води споживають в Азії – 55% загального обсягу, в Північній Америці – 19%, в Європі – 9,2%, в Африці – 4,7%, у Південній Америці – 3,3%, на решті територій – 8,8% [7]. До десятки країн світу, які споживають найбільший обсяг води, входять: Китай, США, Бразилія, Росія, Мексика, Індія, Англія, Франція, Канада, Австралія [8]. За даними Європейської федерації національних водних послуг середнє споживання води країнами Європи – 128 літрів на споживача у день, середній склад одного домогосподарства – 2,3 людини, середнє споживання води на домогосподарство – 111 м³ на рік [9]. Виснаження водних ресурсів та їх нераціональне споживання призводить до проблеми дефіциту води. Тому одним із пріоритетів екологічної політики має стати зменшення навантаження на гідроекосистеми, їх відновлення та покращення екологічного стану.

За даними Євростату [10] країнами з найвищими значеннями Індексу використання води (Water Exploitation Index plus (WEI+)) є Кіпр (70,3%), Греція (39,37%), Іспанія (23,71%), водночас такі країни, як Норвегія (0,15%), Латвія (0,22%), Хорватія (0,36%) мають найнижчі значення вищезгаданого показника (рис. 1). При цьому середнє значення показника у країнах Європейського Союзу станом на 2017 р. складало 8,39%.

Індекс WEI+ відображає загальне використання прісної води у відсотках від відновлюваних ресурсів прісної води (підземні та поверхневі води) у певний час та в певному місці, визначає, скільки води забирається і скільки води повертається після використання у навколишнє середовище [10]. Значення Індексу використання води, вищі за 20%, як правило, розглядаються як ознака дефіциту води, тоді як значення, що дорівнюють або перевищують 40%, вказують на ситуації серйозного дефіциту води, нераціональне, нестійке використання ресурсів прісної води [10].

Одним із індикаторів екологічної безпеки країни є вплив економічного комплексу, домогосподарств, суспільства загалом на водні ресурси та їх екологічний стан. Хоча кожній країні притаманні специфічні екологічні проблеми та підходи до їх вирішення, країни ЄС демонструють ефективну екологічну політику, активно впроваджують заходи з покращення стану водних ресурсів, посідають провідні місця у світовому рейтингу за значенням Індексу екологічної ефективності (Environmental Performance Index). Індекс EPI розраховується Центром екологічної політики і права при Єльському університеті та охоплює

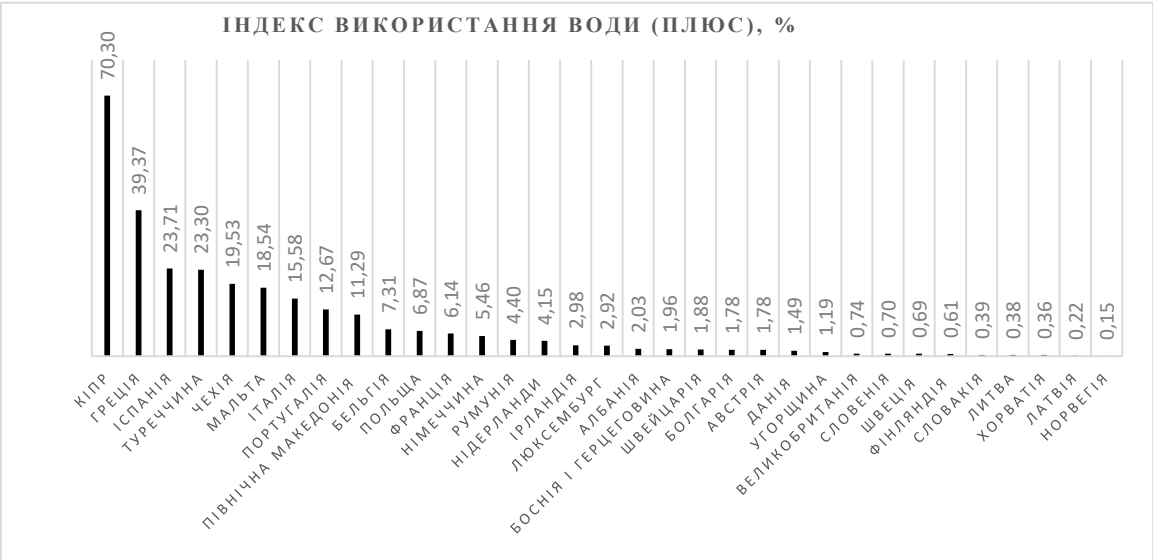


*Рис. 1. Значення Індексу використання води (Water exploitation index, plus) у зарубіжних країнах станом на 2017 р.**

*Джерело: складено автором на основі даних [10]

різні аспекти стану навколишнього середовища, впливу на нього, державну політику у сфері природокористування тощо. Зокрема, для розрахунку EPI використовуються 32 показники ефективності в межах 11 категорій, за значенням цього індексу формується рейтинг із 180 країн світу за станом навколишнього середовища та рівнем життєздатності екосистем. Станом на 2020 р. такі держави, як Данія, Люксембург, Швейцарія, входять до трійки кращих країн за рівнем екологічної ефективності (табл. 1).

При цьому в країнах Європи з високим рівнем екологічної ефективності відзначається належний екологічний стан водних ресурсів, низьке навантаження на водні екосистеми та загальний рівень експлуатації водних ресурсів, очищення значного відсотку стічних вод. Країни ЄС фінансують та успішно впроваджують екологічні інновації у сфері управління водними ресурсами, найбільше досягають поставлених цілей сталого розвитку водного господарства і раціонального споживання водних ресурсів, порівняно з іншими країнами світу, а також мають помітні результати в очищенні вод.

Відповідно до вимог Директиви «Про очищення міських стічних вод» (91/271/ЄЕС) держави-члени ЄС повинні звітувати про результати збирання та очищення стічних вод, при цьому ті країни ЄС, які входять до десятки найкращих за рівнем Індексу екологічної ефективності, повністю відповідають цій Директиві [11]. Винятком є Мальта, де на якість водних ресурсів негативно впливають скиди сільськогосподарських відходів та висока концентрація солі у стічних водах. Наразі реалізується проєкт, який фінансується ЄС та спрямований на вдосконалення інфраструктури очищення стічних вод [11]. Одним із найкращих в Європі є екологічний стан водойм у Фінляндії, де впроваджено систему управління водними ресурсами на основі екосистемного підходу, діють чіткі та ефективні інструменти охорони водойм, внаслідок чого більшість річок, прибережних вод країни та 85% озер мають «добрий» та навіть «відмінний» екологічний стан, а водопровідна вода є найчистішою у світі, що визнано Комітетом з водних ресурсів при ООН [12].

Важливу роль в охороні водних ресурсів та збереженні водних екосистем відіграє формування й ефективне функціонування системи збору та моніторингу даних для відстеження якості і кількості водних ресурсів у кожній країні, а також очищення стічних вод. Порядок проведення моніторингу якісного та кількісного стану водних ресурсів у країнах ЄС регламентовано положеннями Водної рамкової директиви (Директива № 2000/60/ЄС, далі – ВРД) [13]. Управління водними ресурсами здійснюється за басейновим принципом. Держави-члени ЄС визначають окремі басейни річок, що знаходяться в межах їхньої національної території, для цілей ВРД приписують їх до окремих районів басейнів річок [13].

Особливості реалізації моніторингу стану водних ресурсів визначені у ст. 8 «Моніторинг стану поверхневої і ґрунтової води і захищені зони» ВРД, відповідно до якої країни ЄС здійснюють нагляд за станом води у межах кожного району басейну ріки, зокрема [13]:

1) для поверхневих вод такі програми охоплюють:

– об'єм і рівень або швидкість потоку в межах, достатніх для визначення економічного і хімічного стану та економічного потенціалу;

– екологічний і хімічний стан, екологічний потенціал;

2) для ґрунтових вод такі програми охоплюють моніторинг хімічного і кількісного стану.

У країнах ЄС стан поверхневих водних об'єктів визначають за такими напрямами: 1) екологічний статус, що характеризується насамперед станом біологічних елементів та оцінюється за п'ятьма класами: «відмінний», «добрий», «задовільний», «пога-

Таблиця 1

Значення Індексу екологічної ефективності та його компонента «Водні ресурси» у зарубіжних країнах та Україні у 2020 р.*

Країна	Індекс екологічної ефективності	Рейтингове місце	Водні ресурси	Рейтингове місце
Данія	82,5	1	100,0	1
Люксембург	82,3	2	98,5	6
Швейцарія	81,5	3	96,7	9
Велика Британія	81,3	4	98,5	7
Франція	80,0	5	88,0	16
Австрія	79,6	6	94,0	10
Фінляндія	78,9	7	100,0	2
Швеція	78,7	8	100,0	5
Норвегія	77,7	9	64,3	29
Німеччина	77,2	10	97,0	8
Нідерланди	75,3	11	100,0	3
Україна	49,5	60	14,1	60

*Джерело: складено автором за даними EPI Report 2020 [11, с. 162]

ний» та «дуже поганий»; 2) хімічний статус, який розкривається за допомогою пріоритетних забруднювачів (важких металів та органічних речовин, які є токсичними для живих організмів) й оцінюється за двома класами: «добрий» та «неспроможний досягти доброго» [2, с. 62–63]. Безперервний моніторинг за водними об'єктами забезпечують автоматизовані системи контролю якості води, завдяки яким формуються інтерактивні карти моніторингу водних ресурсів, що надає повну та своєчасну інформацію стейкхолдерам про стан водних ресурсів. Охороні водних ресурсів та забезпеченню належного рівня їх екологічної безпеки сприяють стратегії захисту водних ресурсів, які розробляються у країнах ЄС. Підприємства-забруднювачі реалізують спеціальні затверджені заходи із запобігання забрудненню водних ресурсів, зі зменшення та припинення стоків тощо.

В Україні відбулася модернізація системи державного моніторингу стану вод з метою погодження її з європейськими стандартами (рис. 2) та впроваджуються сучасні практики управління водними ресурсами. Так, на виконання вимог ВРД в Україні почалося впровадження європейських підходів у сфері моніторингу водних ресурсів, що задекларовано затвердженим у 2019 р. «Порядком здійснення державного моніторингу вод» [14], відповідно

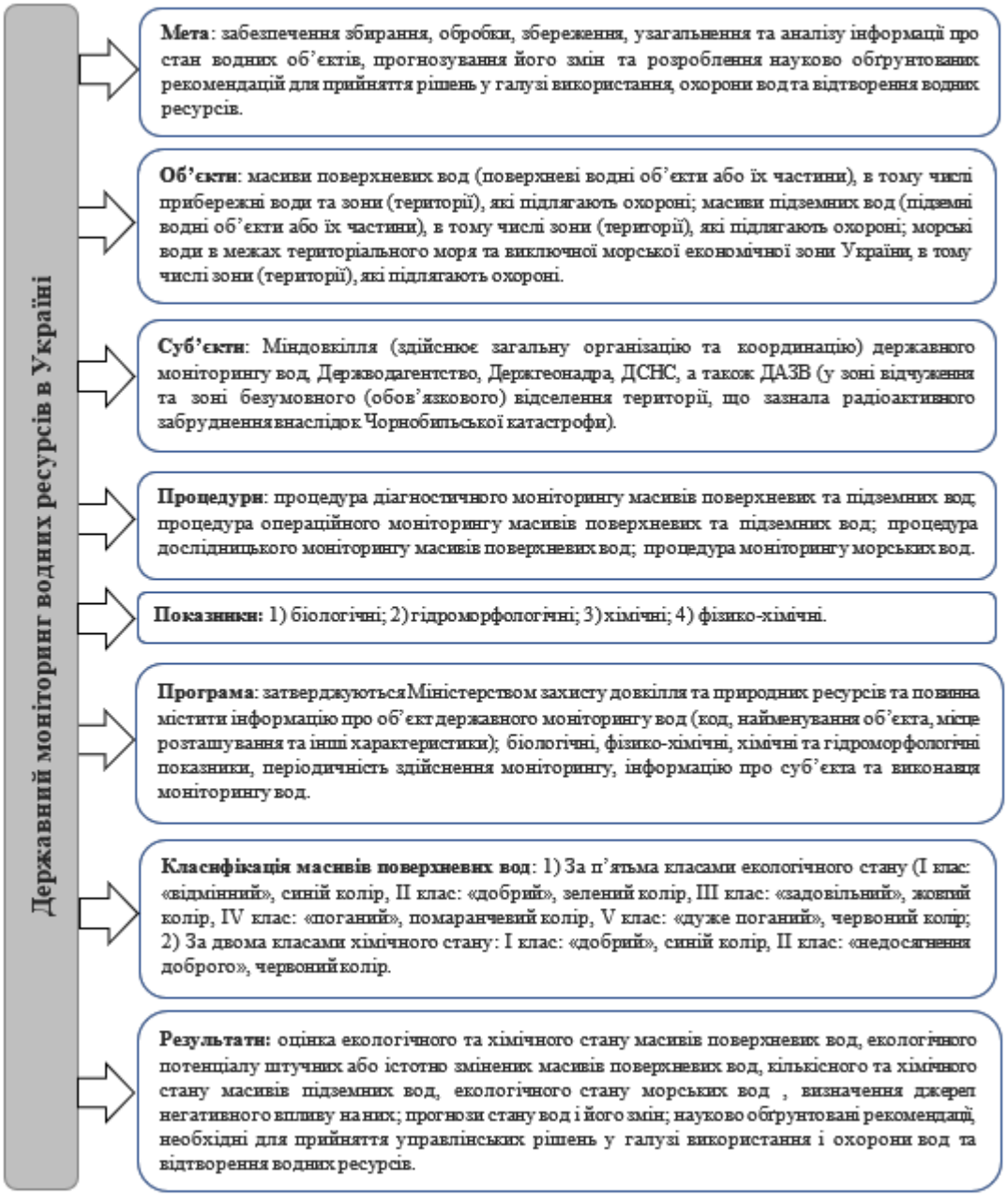


*Рис. 2. Ключові характеристики системи державного моніторингу водних ресурсів в Україні**

*Джерело: узагальнено автором за даними [14; 15]

до якого діагностичний, операційний і дослідницький моніторинги здійснюються за басейновим принципом за визначеними показниками [15] та згідно зі встановленою періодичністю.

Для здійснення моніторингу вод Міндовкілля розробляє та затверджує Програму державного моніторингу вод з урахуванням пропозицій суб'єктів державного моніторингу [14]. Враховуючи європейські норми, розроблено та затверджено дві нові програми моніторингу поверхневих і морських вод [16]. У Програмі державного моніторингу вод (у частині діагностичного та операційного моніторингу поверхневих вод) зазначається код масиву поверхневих вод, назва водного об'єкта, назва пункту моніторингу, його код, географічні координати, район річкового басейну, суббасейн, категорія і тип масиву поверхневих вод, показники (біологічні, фізико-хімічні, хімічні (пріоритетні, басейнові специфічні, гідроморфологічні)).

Також сформовано Програму державного моніторингу вод у частині діагностичного моніторингу прибережних і морських вод Чорного та Азовського морів, в якій визначено пункти моніторингу, показники, специфічні забруднювальні речовини у воді, періодичність моніторингу тощо.

Підготовлено програми діагностичного моніторингу для басейнів Дністра, Дунаю, Вісли, Дону, Приазов'я, Причорномор'я, Південного Бугу, басейну Дніпра суббасейну середнього Дніпра, басейну Дніпра суббасейну нижнього Дніпра, басейну Дніпра суббасейну верхнього Дніпра та річки Десни [17].

Чіткі вимоги та інструкції до проведення моніторингу різних видів розкрито у «Порядку здійснення державного моніторингу вод» [14]. За результатами діагностичного моніторингу буде оцінено стан водних об'єктів і розроблено план дій для досягнення їх «доброго» стану (як екологічного, так і хімічного). Операційний моніторинг буде проводитися щороку (в період між заходами діагностичного моніторингу) для водойм, які за показниками діагностичного моніторингу ризикують не досягти «доброго» стану, а також для водойм, де щороку здійснюється забір води для питних і побутових потреб. Під час діагностичного моніторингу виявлятимуться причини відхилення стану масивів поверхневих вод від встановлених екологічних цілей та наявності ризику недосягнення «доброго» екологічного стану (до початку виконання операційного моніторингу).

Із результатами державного моніторингу вод можуть ознайомитися всі стейкхолдери завдяки системі, яка перебуває у дослідній експлуатації. Вебресурс Державного агентства водних ресурсів України «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України» [18], створений Інститутом розробки інформаційних систем, демонструє екологічний стан водойм на мапі України та надає інформацію в режимі онлайн про водний об'єкт, на якому проводиться моніторинг, системи показників, за якими він проводиться, періодичність здійснення вимірювань, а також дані про лабораторії, що здійснюють відбір проб та проводять дослідження [19]. На мапі різними кольорами позначено пункти спостереження, для кожного пункту зазначаються його повна назва, район річкового басейну, назва лабораторії, що здійснює вимірювання, остання дата спостереження, висвітлюється фактичне значення показників, які характеризують стан водних ресурсів, ГДК (ОБУВ) та перевищення нормативу. Кратність перевищення норми до 2 разів позначається синім кольором, до 3 – зеленим, до 4 – жовтим, до 5 – помаранчевим, понад 5 – червоним. У системі автоматично формуються звіти загального користування різних форм, в яких наведені дані моніторингу за адміністративно-територіальним принципом, водогосподарською організацією, ознакою транскордонного створу, районом річкового басейну або суббасейну.

Нова система державного моніторингу стану водних ресурсів в Україні має низку переваг, порівняно з попередньою. Зокрема, забезпечено: комплексний аналіз стану водних ресурсів завдяки вимірюванню більшої кількості показників, що характеризують екологічний і хімічний стан води; оснащення високоточною технікою лабораторій західного, східного, північного та південного регіонів; чіткий розподіл обов'язків між суб'єктами моніторингу; оперативність надходження інформації про стан водних об'єктів для прийняття обґрунтованих і своєчасних рішень у сфері управління водними ресурсами завдяки розробці та функціонуванню вебресурсу «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України». Перехід до нових підходів у дослідженні стану водних об'єктів, які відповідають вимогам Директиви ЄС, дозволить отримувати точні та актуальні дані для управління басейнами річок. Вдосконалення нормативно-правового забезпечення моніторингу стану водних ресурсів і впровадження європейських практик управління водними ресурсами в Україні сприятиме підвищенню рівня екологічної безпеки водних ресурсів завдяки постійному нагляду, виявленню «вузьких» місць та розробці програм щодо поліпшення кількісного та якісного стану водних об'єктів, їх відновлення та збереження.

Головні висновки. Система управління водними ресурсами в Україні зазнала суттєвих трансформацій з урахуванням екологічних зобов'язань, які взяла на себе країна в межах Угоди про асоціацію з ЄС, та вимог Водної рамкової директиви. Відбулося впровадження європейських практик і підходів до оцінювання екологічного стану водойм, зокрема, вдосконалення системи моніторингу стану водних ресурсів та погодження її з європейськими стандартами, що сприяло інформаційно-аналітичному забезпеченню управління водним господарством та формуванню інформаційної бази для прогнозування кількісного й якісного стану водних ресурсів України, своєчас-

ного виявлення ризиків і розробки програм управління водоймами за басейновим принципом.

Подальшому зростанню ефективності управління водними ресурсами сприятиме формування та затвердження Водної стратегії України, де має бути визначено цілі, пріоритети та принципи державної політики у сфері управління водними ресурсами, сформовано організаційно-економічний механізм забезпечення їх екологічної безпеки, чітко окреслено інструменти і систему індикаторів для оцінювання ефективності досягнення цілей стратегії. Особливу увагу під час вдосконалення політики у сфері управління водними ресурсами України слід звернути на такі аспекти, як:

– розробка плану заходів щодо відновлення водних ресурсів, враховуючи результати державного моніторингу та незадовільний екологічний стан більшості водойм, підвищення якості вод і збереження гідроекосистем;

– очищення стічних вод із застосуванням сучасних технологій, будівництво очисних споруд, формування програм охорони водних об'єктів;

– інтегроване управління водними ресурсами та посилення транскордонної співпраці у сфері реалізації планів управління басейнами, подолання впливу змін клімату на екологічний стан водних об'єктів;

– фінансування технічного переоснащення лабораторій моніторингу;

– доступ громадян України до якісної питної води та раціональне водоспоживання;

– врахування галузевого аспекту та узгодженість зі стратегіями розвитку галузей, що негативно впливають на стан водних ресурсів;

– використання фіскальних інструментів для стимулювання раціонального використання водних ресурсів тощо.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати проведеного дослідження будуть враховані під час розробки організаційно-економічного механізму забезпечення екологічної безпеки водних ресурсів України за допомогою автоматизованого моніторингу.

Література

1. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії й їхніми державами-членами, з іншої сторони : документ 984_011, редакція від 30 листопада 2015 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#n642.
2. Пономаренко Р.В. Науково-теоретичні основи прогнозування техногенного впливу на гідросферу при басейновому управлінні водними ресурсами України : дис. ... д-ра техн. наук : 21.06.01 «Екологічна безпека». Суми : СумДУ, 2020. 390 с.
3. Зацерковний В.І., Плічко Л.В. Аналіз системи управління водогосподарським комплексом України та пошук шляхів щодо їх вдосконалення. *Наукоємні технології.* 2017. № 4 (36). С. 358–367.
4. Лановенко О.Г., Остапішина О.О. Словник-довідник з екології. Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2013. 226 с.
5. WISE – Water Information System for Europe is the European information gateway to water issues. URL: https://water.europa.eu/accessibility-info.
6. Water and marine environment / European Environment Agency. URL: https://www.eea.europa.eu/themes/water.
7. Хвесик М.А., Мандзик В.М. Водні ресурси – інвестиція сьогодення і перспектива майбутнього. *Інвестиції: практика та досвід.* 2009. № 1. С. 2–8.
8. Annual Statistics indicate increase in worldwide water consumption. URL: https://www.wwdmag.com/trends-forecasts/annual-statistics-indicate-increase-worldwide-water-consumption.
9. Загальноукраїнська інформація та статистична інформація європейських інституцій у сфері централізованого водопостачання та централізованого водовідведення. URL: https://www.nerc.gov.ua/?id=50327.
10. Water exploitation index, plus (WEI+) (source: EEA) / Eurostat. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_06_60/default/table?lang=en.
11. Environmental Performance Index 2020. EPI Report. URL: https://epi.yale.edu/downloads/epi2020report20210112.pdf.
12. Досвід європейських країн у вирішенні питань екологічної безпеки : навчальний посібник / О.С. Мельник та ін. Суми : Видавничо-виробниче підприємство «Мрія», 2017. 400 с.
13. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text.
14. Про затвердження порядку здійснення державного моніторингу вод : Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text.
15. Про затвердження методики віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод : Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 14 січня 2019 р. № 5. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#n107.
16. Про затвердження програм державного моніторингу вод : Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 31 грудня 2020 р. № 410. URL: https://mepr.gov.ua/documents/3190.html.
17. Моніторинг поверхневих вод / Офіційний сайт Державного агентства водних ресурсів України. URL: https://www.davr.gov.ua/monitoring-poverhnevih-vod1.
18. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України / Вебресурс. URL: http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index.
19. Досліджуємо водойми по-європейськи / Офіційний портал Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: https://mepr.gov.ua/news/36642.html.

УДК 502.51(282) (477.41-21 Переяслав)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.5

БІОІНДИКАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ У МЕЖАХ МІСТА ПЕРЕЯСЛАВ

Дзюбенко О.В.
Університет імені Григорія Сковороди в Переяславі
вул. Сухомлинського, 30, 08401,м. Переяслав, Київська область
alenadzybenko2008@gmail.com

У статті представлено результати фітоіндикаційних досліджень на річці Альта та річці Трубіж у межах міста Переяслав Бориспільського району Київської області. Проаналізовано макрофітний склад флори на дослідних ділянках, визначено трофність досліджуваних водойм. Водна флора ріки Альта нараховує 5 видів, тоді як видове різноманіття ріки Трубіж складає 15 видів, які належать до різних екологічних груп. Аналіз співвідношення кількості видів макрофітів різних екологічних груп свідчить про те, що на всіх дослідних ділянках (як р. Альта, так і р. Трубіж) значно переважають вкоріненні макрофіти, проте вони вільно представлені незначним видовим різноманіттям. Встановлено, що на всіх досліджуваних ділянках річок Альта та Трубіж фіксується значне органічне забруднення, ацидофікація, евтрофікування, наявність важких металів, про що свідчать результати аналізу проб води в лабораторії за хімічними, мікробіологічними, токсикологічними, радіологічними та вірусологічними показниками відповідно до санітарних правил і норм охорони поверхневих вод від забруднення (СанПіН) № 4630-88, затверджених Головним санітарно-епідеміологічним управлінням Міністерства охорони здоров'я 04.07.1988 року. Вода з відкритої водойми р. Трубіж за фізико-хімічними показниками (запах, колір, уміст заліза) не відповідає вимогам СанПіН 4630-88. Доведено, що всі досліджувані ділянки річки Альта мають евтрофний статус, що характеризує водойми з високим рівнем первинної продукції, багаті на біогенні елементи. Визначено, що на ділянках № 1 (Стогніївський міст) і № 2 (ТОВ Костал Україна (вул. Київське шосе) р. Трубіж трофічний статус водойми відноситься до мезотрофного, що характеризує якість води із середнім рівнем первинної продукції та помірним вмістом елементів мінерального живлення. Мезо-евтотрофний трофічний статус води зафіксовано на ділянці № 3 (район шлюзів) як перехідний, а на ділянці № 4 (район музею народної архітектури та побуту Середньої Наддніпрянщини) – евтрофний, який характеризується високим рівнем первинної продукції, збагаченої біогенними елементами. *Ключові слова:* макрофіти, вільноплаваючі, вкорінені, річка, Трубіж, Альта, трофність, біоіндикатори.

Bioindication studies of aquatic ecosystems within the city of Pereyaslav, Kyiv region. Dzyubenko O.
The results of phytoindication studies on the Alta River and the Trubizh River within the city of Pereyaslav, Boryspil district, Kyiv region are presented. The macrophytic composition of the flora in the experimental plots was analyzed and the trophic status of the studied reservoirs was determined. The aquatic flora of the Alta River has 5 species, with a variety of species. The Trubizh River is 15 species that belong to different ecological groups. The Alta and the Trubizh River are significantly dominated by rooted macrophytes, with a small species diversity. It was established that in all research areas of the Alta and Trubizh rivers significant organic pollution, acidification, eutrophication and the presence of heavy metals were recorded, as indicated by water samples, which were studied in laboratories for chemical, microbiological, radiological and toxicological. Norm of surface water oxidation from pollution (SanPiN) № 4630-88, approved by the Main Sanitary and Epidemiological Department of the Ministry of Health Oxoron on 04.07.1988. water from the open reservoir of the river Trubizh according to physical and chemical indicators: smell, color, iron – does not meet the requirements of SanPiN 4630-88. It was reported that all surveyed plots of the Alta river have eutrophic status, which characterizes water bodies with a high level of primary production, rich in biogenic elements. It was found that in the study plots № 1 (Stohniyivskiy city) and № 2 (TOV Kostal Ukraine (Kiivske Shose str.) of the river Tubizh the trophic status of water is mesotrophic, which characterizes the water quality with a medium level of primary production and moderate amount of elements of mineral life. Meso- and eutrophic trophic status of water was detected in the study area № 3 (the area of sluices), i.e., it is overgrown, Study area #4 (area of the Museum of Folk Architecture and Tourism of Middle Naddnipryanschina) – eutrophic, which is characterized by a high level of primary production and rich in biogenic elements. *Key words:* macrophytes, inorganic, rooted, river, Tubing, Alta, trophicity, bioindicators.

Постановка проблеми. Екологічний стан поверхневих водних об'єктів та якість води в них є основними факторами санітарного й епідемічного благополуччя населення. Проблема забезпечення належного екологічного стану водно-ресурсного потенціалу залишається актуальною для всіх регіонів України. Практично всі поверхневі і значна частина підземних водних ресурсів, особливо в районах розміщення потужних промислових і сільськогосподарських комплексів, відчувають антропогенний вплив, що проявляється в забрудненні, виснаженні й деградації цих об'єктів. Значним трансформаціям піддаються господарсько-освоєні водозбірні території, що істотно змінило характер формування стоку і водний режим багатьох водних об'єктів [14].

В Україні налічується 73 тис. річок, 40 тис. озер, 1100 водосховищ, 400 тис. ставків, загалом – 1 млн. 100 тис. га прісних водойм. Водночас в Європі Україну вважають маловодною країною, оскільки більшість наших водних ресурсів є не придатними до водозабору питної води через їх забрудненість. За останні 25 років із карти України зникло понад 10 000 малих річок.

Малі водотоки й річки формують водні ресурси, гідрохімічний склад та якість води середніх і великих річок, є складовими природних ландшафтів,

сприяють господарській діяльності населення. Як стверджують науковці, нині на території України понад 22 тисяч малих річок [12]. Ще кілька десятиліть тому ними називалася цифра понад 60 тисяч, причому якість води їх відповідала нормативам. Унаслідок постійно зростаючого промислового й побутового забруднення, розорювання та гідротехнічної меліорації водозаборів і заплав, знищення лісів у долинах рік велика кількість водотоків і малих річок нині знаходиться на різних стадіях деградації. Якість води в річках постійно погіршується, більшості з них загрожує повне зникнення.

Актуальність дослідження. Актуальність теми дослідження зумовлена, з одного боку, великим інтересом до проблеми забруднення річок і пошуку шляхів збереження р. Альта та річки Трубіж у сучасній екологічній науці, а з іншого – її недостатнім вивченням. Тому розгляд питань, пов'язаних з цією тематикою, має як теоретичну, так і практичну значущість.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Опису екологічних особливостей водних об'єктів та оцінці якості поверхневих вод присвячено низку публікацій М. О. Клименка, Ю. Р. Гроховської, С. С. Трушевої, К. А. Кокина, В. С. Самарині, Я. П. Дідухи, П. Г. Плюта, О. А. Ліха та І. А. Веремійчука, О. В. Дзюбенка, В.М. Носаченка [3; 4; 5; 6,7; 9; 10; 11].

Новизна роботи полягає в розширенні знань про видове різноманіття макрофітів, зміну екологічної рівноваги в екосистемі річки Альта та річки Трубіж, що полягає у створенні нових методологічних засад для комплексного оцінювання і відновлення екологічного стану змінених водних екосистем. Удосконалено методику інтегральних систем біоіндикаторів контролю, що дозволило кількісно визначити дію техногенних чинників на якість води цих екосистем.

Методи дослідження. Для виявлення впливу антропогенного навантаження в басейні річки Альта та річки Трубіж нами здійснено геоботанічний аналіз екосистеми її русла з водозбором за різним ступенем господарського освоєння з використанням методу фітоіндикації. Флористичний аналіз проведено з використанням стандартних методик.

Виклад основного матеріалу. Альта є невеликою річкою, що протікає в межах Бориспільського та Баришівського районів і є найбільшою правою притокою Трубіжа. Її загальна довжина становить 46 км, площа водного дзеркала – 11,2 га, а площа водозбору 492 км^2. У заплаві річки знаходяться чотири ставки, площа водного дзеркала яких становить 7,8 га. Значних приток річка не має. Долина Альти трапецієвидна, шириною до 1 км у середній течії, береги слабко виділяються в ландшафті.

Прибережні мілководдя заростають кущами повітряно-водних рослин. Під ними суцільні смуги та окремі плями утворюють кушир, водяний жовтець, ряска та інші рослини заболочення. Збереглося також латаття біле. Заплава річки заболочена, заростає лепехою, осокою, очеретом і лукою. Вздовж річища росте верба, іноді зустрічаються чагарники лози. На руслі річки розташований один створ водовідбору № 129 для відбору проб. Установлено, що вода з відкритої водойми р. Альта за фізико-хімічними показниками (запах, колір, залізо) не відповідає вимогам СанПіН 4630-88.

З метою дослідження якості води протягом весняно-літнього періоду 2018-2020 років на руслі річки Альта було закладено 4 дослідні ділянки. Зокрема, дослідна ділянка № 1 розташована на вул. М. Грушевського (мікрорайон Спаська Левада), дослідна ділянка № 2 – на вул. Шкільна (р-н ресторану Діброва), дослідна ділянка № 3 – на вул. Б. Хмельницького (р-н «ТЦ Магніт») (рис. 1). Кінцева точка відбору знаходиться на дослідній ділянці № 4 (гирло річки Альта в середню річку міста Переяслав Трубіж), саме там розташований створ № 129 (за даними санітарно-епідеміологічної служби Київської області).

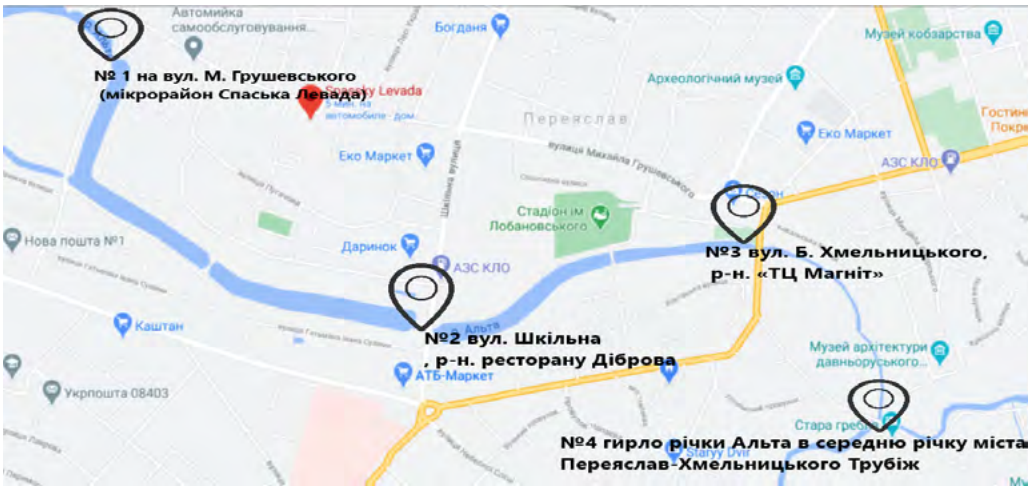


Рис. 1. Загальний вигляд розташування дослідних ділянок на річці Альта в межах міста Переяслав

Довжина річки Трубіж (Трубайло) становить 113 км, сточища – 4 700 км^2; її долина широка, нечітко виявлена, коритоподібна, завширшки до 3,5 км, завглибшки – до 10 м. Ширина заплави – 500-600 м, меліорована. Річище слабко звивисте, майже на всій протяжності відрегульоване, ширина його – до 15 м [1].

Водно-болотні угіддя (ВБУ) ріки Трубіж (л. пр. Дніпра довжиною 80 км) знаходяться на Придніпровській низовині. Її річище, крім гирлової ділянки, інтенсивно каналізоване та меліороване. Річка протікає по території Бобровицького і Козелецького районів Чернігівської області, а також Броварського, Баришівського й Бориспільського району Київської області. Її верхів'я сполучається каналом з річкою Остер, а звідти за допомогою насосних станцій вода перекачується з Десни. У пониззі річки розташоване місто Переяслав. У заплаві річки збудовано Трубізьку осушувально-зволожувальну систему загальною площею 33 400 га.

З метою вдосконалення моніторингу якості водойм басейну р. Дніпро в межах Київської області та згідно з Наказом санітарно-епідеміологічної служби Київської області «Про здійснення моніторингу якості води водойм басейну р. Дніпро в межах Київської області» № 186 від 16 листопада 1998 року встановлено створи постійного спостереження якості води на водоймах басейну р. Дніпро.

На руслі річки розташовано три створи водовідбору: № 129 (р. Трубіж, гирло р. Альти); № 130 (р. Трубіж, м. Переяслав-Хмельницький, пляж); № 131 (р. Трубіж, гирло р. Трубіж). Проби води досліджують у лабораторіях за хімічними, мікробіологічними, токсикологічними, радіологічними та вірусологічними показниками відповідно до санітарних правил і норм охорони поверхневих вод від забруднення (СанПіН) № 4630-88, затверджених Головним санітарно-епідеміологічним управлінням Міністерства охорони здоров'я 04.07.1988 року. Отже, вода з відкритої водойми р. Трубіж за фізико-хімічними показниками (запах, колір, залізо) у створах № 130 та № 131 не відповідає вимогам СанПіН 4630-88.

Дослідження проводилося нами протягом 2018-2020 р. у весняно-літній період. Для визначення макрофітів річки Трубіж виконано геоботанічний аналіз екосистеми її русла з водозбором за різним ступенем господарського освоєння та з використанням методу фітоіндикації. Флористичний аналіз здійснили з використанням стандартних методик. Під час дослідження на річці Альта та річці Трубіж у межах міста Переяслав нами обрано по 4 дослідні ділянки.

Дослідження проводили на таких дослідних ділянках: ділянці № 1 (Стогніївський міст, вул. Магдебурського права), ділянці № 2 ТОВ Костал Україна (вул. Київське шосе), ділянці № 3 (район шлюзів), ділянці № 4 (район музею народної архітектури та побуту Середньої Наддніпрянщини, вулиця Літописна) (рис. 2).

Водні рослини у зв'язку з особливостями морфології та анатомії можуть бути біоіндикаторами стану водойм і слугувати об'єктами глобального моніторингу водних екосистем загалом [13]. Унаслідок підвищення антропогенного впливу на природні комплекси останнім часом стає актуальною розробка методик, які дозволяють оцінювати екологічний стан природних і природно-антропогенних ландшафтів. Оскільки всі компоненти природи тісно та нерозривно взаємопов'язані між собою, порушення одного компонента викликає зміну стану всіх інших. Тому, оцінюючи стан одного, можна прогнозувати зміни інших компонентів в екосистемі. Останнім часом триває значний антропогенний вплив на поверхневі водойми.

Вища водна рослинність (ВВР) як головний компонент біоценозів річок відіграє важливу роль у біо-

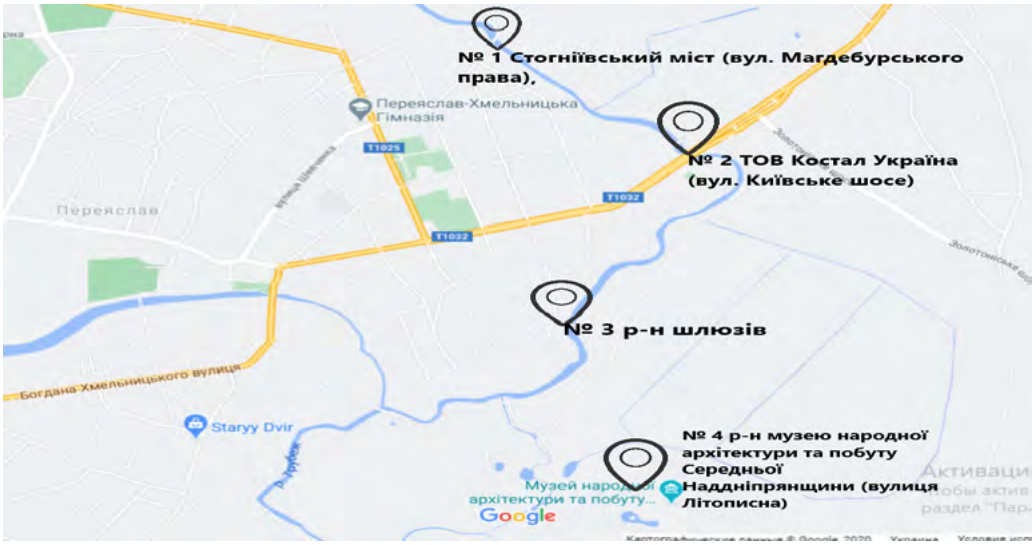


Рис. 2. Загальний вигляд річки Трубіж у межах міста Переяслав Київської області

логічному режимі, біотичному балансі та формуванні якості води. На частку цих рослин припадає близько 1/3 загальної біопродуктивності водойми [7]. ВВР більш стійка до забруднення води порівняно з фіто- і зоопланктоном і відіграє роль бар'єра, проходячи через який вода фільтрується, її прозорість зростає. Зарості вищих водних рослин перешкоджають потраплянню у водойму розсіяних забруднень, пригнічують розвиток сапрофітних бактерій і збудників окремих інфекційних хвороб, тобто виконують важливу санітарну функцію. Водна рослинність виконує багато функцій у процесах самоочищення водойм: фільтраційну, поглинальну, накопичувальну, окислювальну, зокрема функцію детоксикації.

За даними О.Л. Савицького, оптимальні межі заростання вищою водною рослинністю водного об'єкту становлять від 10% до 21% водного дзеркала водойми. В іншому випадку консортивна екосистема «водне середовище-вища водна рослинність-аборигенна іхтіофауна» перестає діяти, екосистема переходить до послідовних сукцесійних змін біоценозів «водойма-болото-луки», займаючи до 100% колись продуктивних територій [2, 15].

Рослинність макрофітів досліджуваних водойм відрізняється одноманітним флористичним і ценотичним складом. Водна флора р. Альта нараховує всього 5 видів, тоді як видове різноманіття р. Трубіж нараховує 15 видів, що належать до різних екологічних груп (табл. 1, 2).

Під час вегетаційного сезону (липень-серпень) на всіх дослідних ділянках річки Альта вся акваторія вкрита макрофітами на основі ряски малої (*Lemna minor* L.), що зумовлено насиченістю води поживними речовинами, насамперед сполуками азоту й фосфору, джерелом яких є комунальні стоки. Але в будь-якому разі просторовий розвиток ряскових заростей у водоймі є надмірним, що створює її затінення, стримує поширення інших видів рослин, обмежує розселення безхребетних тварин. Водночас накопичується значна фітомаса, котра потребує механічного видалення.

Зокрема, на дослідних ділянках № 3 та № 4 р. Трубіж домінуючими макрофітами є ряска мала (*Lemna minor* L.), на ділянці № 4 водну акваторію вкривають глечики жовті (*Nuphar lutea* L.). Крім того, на всіх дослідних ділянках без винятку

Таблиця 1

Видовий склад вкорінених і не вкорінених макрофітів на дослідних ділянках р. Альта

Дослідні ділянки	Не вкорінені (вільно плаваючі)	Вкорінені
№ 1	Ряска мала (*Lemna minor* L.)	• Очерет звичайний (*Phragmites australis (Cav.)* Trin. ex Steud.), • Кушир підводний (*Ceratophyllum submersum*).
№ 2	Ряска мала (*Lemna minor* L.)	• Очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), • Кушир підводний (*Ceratophyllum submersum*).
№ 3	Ряска мала (*Lemna minor* L.)	• Очерет звичайний *(Phragmites australis (Cav.)* Trin. ex Steud.), • Кушир підводний (*Ceratophyllum submersum*).
№ 4	Ряска мала (*Lemna minor* L.)	• Очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) • Рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.) • Аїр звичайний (*Acorus calamus* L.), • Кушир підводний (Ceratophyllum submersum).

Таблиця 2

Видовий склад вкорінених і не вкорінених макрофітів на дослідних ділянках р. Трубіж

Дослідні ділянки	Не вкорінені (вільно плаваючі)	Вкорінені
№ 1	• Елодея канадська (*Elodea canadensis*) • Сальвінія плаваюча (*Salvinia natans (L.) All*)	• Рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.) • Глечики жовті (*Nuphar lutea* L.) • Стрілолист звича́йний (*Sagittaria sagittifolia* L.).
№ 2	• Елодея канадська (*Elodea canadensis*)	• Рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.) • Глечики жовті (*Nuphar lutea* L.) • Осока берегова (*Carex riparia* Curt.) • Очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.)
№ 3	• Ряска мала (*Lemna minor* L.*)* • Ряска триборозенчаста (*Lemna trisulca* L.). • Елодея канадська (*Elodea canadensis*)	• Жабурник звичайний (*Hydrocharis morsus-ranae)* • Рогі́з широколи́стий (*Typha latifolia* L.) • Жовте́ць водяний(*Ranunculus aquatilis* L.)
№ 4	• Ряска мала *(Lemna minor* (S. F. Gray L. cyclostasa)	• Очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) • Кушир підводний (*Ceratophyllum submersum*) • Рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.) • Глечики жовті (*Nuphar lutea* L.)

відмічено деяке збільшення площі угруповань рогозу вузьколистого (*Typha angustifolia* L.) та рогозу широколи́стого (*Typha latifolia* L.), що вказує про поступові процеси заболочування водойми.

На всіх дослідних ділянках пояс гелофітів не суцільний, складається з розріджених (ПП до 60%, щільність заростей домінанта – близько 65 екз./м^2) угруповань очерету звичайного та рогозу широколи́стого завширшки 0,7–1,5 м, серед яких трапляються окремі рослини осоки берегової. Зарості повітряно-водної рослинності поширені на всіх дослідних ділянках річки Альта та Трубіж у межах міста Переяслав. Аналіз екологічних груп макрофітів на дослідних ділянках р. Альта вказує, що домінуючими є вкорінені види, які суттєво переважають на всіх них. Максимальна кількість їх становить чотири види (на ділянці № 4), представлені очеретом звичайним (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), рогізом вузьколистим (*Typha angustifolia* L.), аіром звичайним (*Acorus calamus* L.), куширом підводним (*Ceratophyllum submersum*).

Під час дослідження основних екологічних груп макрофітів виявлено місце зростання різних видів на річці Трубіж. Аналізуючи видовий склад, слід зазначити, що на дослідній ділянці № 2 та № 4 фіксувалося найбільше видове різноманіття вкорінених макрофітів, водночас на дослідній ділянці № 1 та № 3 – лише 3 види, представлені рогозом вузьколистим (*Typha angustifolia* L.), глечиками жовтими (*Nuphar lutea* L.), стрілолистом звича́йним (*Sagittaria sagittifolia* L.). Аналізуючи вільноплаваючі рослини, відмічено, що на дослідній ділянці № 2 та № 4 фіксується однакова кількість видів. Слід зазначити, що видове різноманіття стрілолиста звича́йного (*Sagittaria sagittifolia* L.) представлене лише на дослідній ділянці № 1 (Стогніївський міст), що зафіксовано в 2019 році, тоді як у 2020 році на дослідній ділянці в період вегетації цей макрофіт був відсутній. Вільно плаваючі гігрофіти представлені двома видами: елодеєю канадською (*Elodea canadensis*) і сальвінією плаваючою (*Salvinia natans* (L.).

Природним водоймам різного трофічного статусу властиві певні особливості видового складу макрофітів, структури та ступеню розвитку їхніх угрупувань. Аналізуючи отримані результати, слід зауважити, що на всіх чотирьох дослідних ділянках види-індикатори вказують на присутність у водній екосистемі органічного забруднення, ацидофікації, евтрофікації і забруднення важкими металами.

Рослини-індикатори на дослідних ділянках сигналізують про різні типи забруднення. Зокрема, дослідні ділянки перевантажені органічними речовинами, причому сильніше таке забруднення спостерігається на дослідних ділянках № 3 та № 4, на що вказують кількість і видовий склад макрофітів, а саме наявність елодеї канадської, ряски малої, рогозу широколи́стого, очерету звичайного та куширу підводного.

На дослідній ділянці № 3 макрофіти-індикатори вказують на присутність у водоймі евтрофікування, тобто додаткового азоту й фосфору, що спричинює розвиток ряскових, зокрема ряски малої і триборозенчастої та жабурника звичайного. Водночас на ділянці № 4 відмічені такі види водних рослин, як ряска мала та очерет звичайний (індикатори евтрофікування водойм).

На забруднення водойми важкими металами вказує елодея канадська (*Elodea canadensis*), ряска мала (*Lemna minor* L.), ряска триборозенчаста (*Lemna trisulca* L.), жабурник звичайний (*Hydrocharis morsus-ranae*), рогі́з широколи́стий (*Typha latifolia* L.), які масово представлені на дослідній ділянці № 3. Вода на ділянках № 1, № 2 та № 4 також містить незначну кількість важких металів.

На всіх ділянках річки Трубіж нами зафіксовано значне органічне забруднення, ацидофікацію, евтрофікування, наявність важких металів, на що вказують проби води, досліджені в лабораторії за хімічними, мікробіологічними, токсикологічними, радіологічними та вірусологічними показниками відповідно до санітарних правил та норм охорони поверхневих вод від забруднення (СанПіН № 4630-88), затверджених Головним санітарно-епідеміологічним управлінням Міністерства охорони здоров'я 04.07.1988 року, а також згідно з протоколом випробування води відкритих водойм за фізико-хімічними показниками (№ П 138 від 23 квітня 2019 року) (створ № 129). Отже, вода з відкритої водойми р. Трубіж за фізико-хімічними показниками (запах, колір, залізо) не відповідає вимогам СанПіН 4630-88.

Під час дослідження трофічного статусу дослідних ділянок на річці Альта нами встановлено, що за показниками макрофітів-індикаторів трофічний статус водойми – евтрофний; це характерно для водойм із високим рівнем первинної продукції, збагачених біогенними елементами. В таких водоймах спостерігається явище «цвітіння» води за рахунок масового розвитку мікроскопічних водоростей. У цей період вода набуває специфічного кольору, а під час розкладання великої маси водоростей вона стає дуже небезпечною для здоров'я людини. Якість води в таких водоймах значно погіршена, вміст кисню низький, часто спостерігається задуха риби та інших мешканців. Під час дослідження трофічного статусу дослідних ділянок на річці Трубіж нами встановлено, що дослідна ділянка № 1, № 2, № 3 та 4 відносяться до мезо-евтрофічного статусу, частково дослідна ділянка № 3 є перехідною з мезотрофного, мезо-евтрофного до евтрофного типу, тобто до середнього рівня трофності. Ця трофність представлена такими макрофітами: елодея канадська (*Elodea canadensis*), ряска мала (*Lemna minor* L.), ряска триборозенчаста (*Lemna trisulca* L.), жабурник звичайний (*Hydrocharis morsus-ranae),* рогіз широколи́стий (*Typha latifolia* L.) та іншими.

Нами вже зазначено, що рівень трофічності різних дослідних ділянок річки є різним, окрім того він змінюється під час перебігу природних процесів або під впливом діяльності людини. Ця трофність визначається вищою водною рослинністю, притаманною водоймам із вираженою літоральною зоною та захищеними мілководдями. Такий тип трофності характеризується надлишком органічних речовин і поживних елементів, що призводить спочатку до порушення біологічної рівноваги і пригнічення біологічного самоочищення водоймища, а потім – до зміни типу екосистеми річки. Під час дослідження трофічного статусу водойми не фіксувалися макрофіти, притаманні оліготрофним і дистрофним водоймам, водночас на дослідних ділянках № 1 та № 2 трофічний статус водойми є мезотрофним, що характеризує водойми із середнім рівнем первинної продукції та помірним вмістом елементів мінерального живлення.

Мезо-евтотрофний (тобто перехідний) трофічний статус води має дослідна ділянка № 3, евтрофний – дослідна ділянка № 4 (статус водойми з високим рівнем первинної продукції, збагаченої біогенними елементами). В таких водоймах спостерігається явище «цвітіння» води за рахунок масового розвитку мікроскопічних водоростей. У цей період вода набуває специфічного кольору, а під час розкладання великої маси водоростей вона стає дуже небезпечною для здоров'я людини. Якість води в таких водоймах значно погіршена, вміст кисню низький, часто спостерігається задуха риби, інших водних організмів. Якість води на дослідних ділянках – 3 та 4 класу, що вказує на помірну забрудненість та забрудненість (за бальною шкалою оцінки).

Доведено, що всі дослідні ділянки р. Альта мають евтрофний статус, водночас трофічний статус р. Трубіж належить до мезотрофного, що характеризує якість води із середнім рівнем первинної продукції та помірним вмістом елементів мінерального живлення.

Література

1. Географічна енциклопедія України /за ред. О. М. Маринич та ін. Київ: «Українська Радянська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, 1989–1993. С. 43-453.
2. Гриб Й.В., Ставицький О.Л., Клименко М.О., Войтишина Д.Й. Використання боліт і торфовищ в очищенні поверхневого стоку та адаптація світового досвіду в умовах України. Екологія боліт і торфовищ: матеріали круглого столу м. Київ, 2 лютого 2012 р., Київ : Інститут агроекономіки і природокористування, 2012. С. 60-70.
3. Дзюбенко О. В. Екологічний стан малих річок Лівобережної України. *Молодий вчений.* 2017. № 2. С. 4-7.
4. Дзюбенко О.В., Носаченко В.М. Антропогенне навантаження малих рік України на прикладі річки Альта міста Переяслава Київської області. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції «Сучасна гуманітаристика»* (Переяслав, 9 грудня 2019 року) С. 204-208.
5. Дідух Я. П. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ: Наукова думка, 1994. 280 с.
6. Клименко М. О. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління). Рівне, 2004. 211 с.
7. Клименко М. О. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними рослинами. Рівне: НУВГП, 2005. 194 с.
8. Ладика М. М. Екологічний стан середніх річок Лівобережжя України URL: http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/thecontent-of-conferences/archives-of-individual-conferences/dec-2013.
9. Ладика М. М. Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Трубіж URL: http://www.sworld.com.ua/konfer33/1255.pdf.].
10. Ладика М.М., Гобеляк Н.С. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Трубіж. *Наукові доповіді НУБіП.* 2012. № 3 (32). С. 2-10.
11. Лога В. Тече річка Трубіж. Баришівські вісті. № 14. 16 лютого 2008 р. С. 4.
12. Малі річки України: Довідник / А.В. Яцик, Л.Б. Бишовець, Є.О. Богатов та ін.; за ред. А.В. Яцика. Київ : Урожай, 1991. 259 с.
13. Маслова О.В. Біоіндикація водного середовища за допомогою вищої водної рослинності на прикладі *(Elodea canadensis).* Вісник Запорізького національного університету. *Біологічні науки.* 2011. № 1. С. 111-117.
14. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д. С., 2016. 350 с.
15. Савицький О.Л. Вища водна рослинність та її роль у водно-болотномій системі. *Екологія боліт і торфовищ* : зб. наук. ст. Київ: ДІА, 2012. С. 162-176.

UDC 665:628.33:628.316
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.6

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT THE ENTERPRISES PRODUCING VEGETABLE OILS

Kulikova D.V.
National Technical University «Dnipro Polytechnic»
D. Yavornytrskyi av. 19, 49005, Dnipro
kulikova.d.v@nmu.one

The wastewater composition of the enterprises producing vegetable oils includes a variety of organic and inorganic compounds, including fatty substances. Depending on the conditions of formation and composition of wastewater, fats can be in the form of a fatty phase, which forms a thin film on the surface of the liquid, dispersed particles in water (emulsion) and be in a soluble state. Fats, entering to water sources, create favourable conditions for the development of many simple organisms and bacteria, which subsequently cause secondary pollution of water bodies. In addition, wastewater, in which the permissible fat content is significantly exceeded, causes serious damage to sewage systems. In the presence of increased concentrations of fatty deposits in wastewater, the problem arises of operating centralized sewage disposal systems and further wastewater treatment at special facilities. Therefore, it is extremely necessary to neutralize wastewater before it is discharged from the treatment facilities of the enterprise, since further treatment takes place on urban sewage systems, which receive wastewater according to strictly limited indicators, which become more and more stringent every year. To date, the most common method is wastewater treatment from fatty substances using a mechanical grease trap. When using grease traps as local treatment facilities, it is impossible to reduce the concentration of fats to the established standards only by sedimentation methods. The article proposes to improve the technology of industrial wastewater treatment the enterprises producing vegetable oils through the use of aerated grease traps and coagulants to reduce the fat content to the standard values, which are set by water utilities for the purpose of further wastewater treatment in centralized sewage disposal systems. The introduction of the proposed technology makes it possible to significantly reduce the fat content in wastewater after purification in aerated grease traps with the addition of coagulants, the final concentration of which will not exceed the approved standards – 10-20 mg/dm^3. In addition, the content of suspended solids and organic pollutants is reduced in wastewater after purification using the proposed technology. *Key words:* enterprises producing vegetable oils, waste water, fatty substances, aerated grease trap, coagulants, water quality standards.

Удосконалення технології очищення виробничих стічних вод підприємств, що виробляють рослинні олії. Кулікова Д.В.
Склад стічних вод підприємств олійно-екстракційної промисловості містить різноманітні органічні та неорганічні сполуки, зокрема жирові речовини. Залежно від умов утворення і складу стічних вод жири можуть бути у вигляді жирової фази, що створює на поверхні рідини плівку, або диспергованих часточок у воді (емульсія) та знаходитись у розчинному стані. Жири, надходячи до водних джерел, утворюють сприятливе середовище для розвитку безлічі найпростіших організмів і бактерій, які згодом спричинюють вторинне забруднення водойм. Окрім того, стічні води, в яких виявлено перевищення допустимої норми вмісту жирів, наносять суттєву шкоду каналізаційним системам. За наявності у стічних водах жирових залишків у підвищених концентраціях виникає проблема експлуатації систем централізованого водовідведення і подальшого очищення стічних вод на спеціальних спорудах. Тому вкрай необхідно знешкодити стічні води перед їхнім випуском з очисних споруд підприємства, оскільки подальше очищення відбувається на міських системах каналізації, які приймають стоки за строго лімітованими показниками, котрі з кожним роком стають все більш жорсткими.

Нині найпоширенішим методом є очищення стічних вод від жирових речовин за допомогою механічного жировловлювача. За застосування в якості локальних очисних споруд жировловлювачів неможливо знизити концентрації жирів до встановлених норм тільки шляхом відстоювання. У статті запропоновано вдосконалити технологію очищення виробничих стоків олійно-екстракційних підприємств за рахунок застосування аерованих жировловлювачів та коагулянтів задля зниження вмісту жирів до нормативних значень, що встановлюються водоканалами з метою подальшої обробки стічних вод у системах централізованого водовідведення. Впровадження запропонованої технології дозволить значно знизити вміст жирів у стічних водах після очищення в аерованих жировловлювачах з додаванням коагулянтів, кінцева концентрація яких не перевищуватиме затверджених нормативів – 10-20 мг/дм^3. Окрім того, у стічних водах після очищення за запропонованою технологією знижується вміст завислих речовин та органічних забруднень. *Ключові слова:* підприємства олійно-екстракційної промисловості, стічні води, жирові речовини, аерований жировловлювач, коагулянти, нормативи якості води.

Formulation of the problem. The food industry is one of the strategic sectors of the economy, which should ensure a sustainable supply of the population with the necessary quality food.

Modern food production has a negative impact on the ecological state of the environment, and its concentration in large settlements – on the living conditions and health of the population.

Food industry enterprises are characterized by high specific water consumption and discharge of the heavily polluted wastewater.

The composition of wastewater from food enterprises includes surfactants, fats, oils, lubricants, hydrocarbons, organic acids, which when dissolved in water are subject to biological oxidation [1]. These substances, getting into water bodies, form a thin layer on the water

surface, which prevents gas exchange between water and the atmosphere and reduces the degree of oxygen saturation of water.

Research topicality. Requirements for the content of both organic and inorganic pollutants in surface water and wastewater are very strict. This is due to the fact that during their accumulation, sanitary and hygienic indicators of water quality deteriorate.

The absence or imperfection of the industrial wastewater treatment methods, and sometimes violation of the rules for the protection of water bodies, is the reason for their pollution with substances of various origins.

The problem of wastewater treatment from food enterprises is quite acute; therefore this paper is devoted to the improvement of methods for their purification and increase of water quality, which is discharged for further processing into the systems of centralized sewage disposal of the settlements.

Relation of copyright work with important scientific and practical tasks. The maximum permissible concentrations of pollutants discharged into the municipal sewage network, establish harsh requirements for the qualitative composition of wastewater to receive them from industrial enterprises and organizations [2]. This is due to the fact that sewer networks can be clogged, grown over with fatty deposits, and treatment facilities purifying municipal wastewater cannot cope with cleaning. Fats just belong to this category of pollutants that affect the operation of municipal sewage networks and treatment facilities.

In the technological scheme of wastewater treatment of enterprises producing vegetable oils, a separate processing of fat-containing effluents is required. Their pre-cleaning is mandatory before discharge of wastewater in the city sewage network for further biological treatment of production effluents together with municipal wastewater.

The introduction of the proposed technology makes it possible to significantly reduce the fat content in wastewater after purification in aerated grease traps with the addition of coagulants, the final concentration of which will not exceed the approved standard values which are set by water utilities with the aim of further wastewater treatment in centralized sewage systems of the settlements. In addition, the content of suspended solids and organic pollutants is reduced in wastewater after purification using the proposed technology.

Analysis of recent research and publications. Facilities for primary (mechanical, physicochemical, electrochemical) and secondary (biological) purification are used for the wastewater treatment containing a significant amount of organic substances [3, 4].

Mechanical treatment is used to extract insoluble compounds from wastewater. Grids, sieves, sand traps, sedimentation tanks, grease traps, and various filters are used at this stage of purification [5].

Almost all enterprises producing vegetable oils have workshop or yard grease traps for primary wastewater treatment [6]. Now the grease traps of various modifications are used. The duration of wastewater treatment in them is from 15 to 30 minutes. The removal of fatty substances is carried out using a mechanical and mechanized method.

Of the physicochemical methods of wastewater treatment from fatty substances is most often used flotation, sorption, as well as processing with reagents [7-9]. The most often for the sewage treatment of the food industry used the method of the pressure reagent flotation.

To increase the efficiency of wastewater treatment, containing fatty substances before flotation, the method of treating effluents by reagents is used. The wastewater treatment with coagulants and flocculants improves the process of extraction of suspended particles and colloids by their concentration in the form of flakes (flocul), with subsequent separation in systems settling, flotation and/or filtration.

Despite the advantages, all the reagent methods are characterized by general disadvantages, namely: the need for reagents, low efficiency when there are several types of pollution, sensitivity to changes in technology, difficulties in the further implementation of products formed after purification. This leads to the accumulation of fatty deposits and, ultimately, to the shutdown of the treatment facilities.

Currently, in addition to the physical and physicochemical methods of wastewater treatment, containing in its composition of fats, the biological method based on the activity of microorganisms – destructors of the fatty substances is widely used [10].

Biological wastewater treatment has a number of major advantages compared to other methods. Microorganisms make a complete decomposition of pollutants to gaseous products and water, thereby providing a circulation of elements in nature. Thus, during biological treatment, unlike other methods, does not concentrate concentration of contaminants or their conversion into another form. At the same time, the biological methods are most economical, since with the exception of large capital investments, practically do not require costs during the operation of the facilities, and the main component of biological purification is the active sludge which has the ability to renew.

Selection of previously unresolved tasks of the general problem. Conventional grease traps, which are installed at the food industry enterprises, in most cases do not provide required of defatting due to the special conditions for the distribution of fat in the form of thin layers on the water surface. The effectiveness of their purification in the content of fat substances, even when complying with the necessary sedimentation time is approximately 40-50% [5].

Fats and organic pollutants that enter the centralized sewage systems along with wastewater form deposits on the inner wall of the pipes, which disrupt the uninterrupted and efficient operation of sewage network. As a result, the throughput of pipes decreases, clogging

and fat plugs constantly occur, emergency situations are created, and treatment facilities cannot cope with cleaning. In addition, the resulting fat plugs are a favorable environment for the development of putrefactive microorganisms that cause unpleasant odors. Therefore, enterprises are forced to implement the regular cleaning of industrial sewage. That is why the water utilities establish strict requirements for the quality composition of wastewater, which is discharged into the municipal sewer network from enterprises and organizations.

The **purpose** of the paper is to improve the technology of wastewater treatment the enterprises producing vegetable oils through the use of aerated grease traps and coagulants to reduce the fat content to standards that meet the requirements for the wastewater discharge from these industrial facilities into the municipal sewage network.

The **research novelty** refers to improvement of the technology of wastewater treatment the enterprises producing vegetable oils through to use of aerated grease traps and coagulants makes it possible to extract from wastewater not only fats of vegetable and animal origin, but also suspended solids and organic compounds, which are among the priority pollutants for enterprises in this sector of the national economy.

Methodological or general scientific significance. Compliance with the "Rules of wastewater reception into the systems of centralized sewage of the settlements" through the introduction of the proposed technology of wastewater treatment the enterprises producing vegetable oils prevents the formation of fatty deposits on the walls of pipes, ensuring the uninterrupted and efficient operation of sewage networks and treatment facilities at the biological treatment stations of the municipal wastewater.

Outline of the main material. In the enterprises producing vegetable oils, a large number of technological operations are carried out, as a result of which different types of pollution are formed [11]. Wastewater is formed from water separators and sludge evaporators located in the extraction department, from grease traps, departments of hydration, refining and oil packaging. In the oil-pressed workshop, wastewater is formed when cleaning of the oil on the separators. In addition, wastewater is formed as a result of the condensation of water vapor in capacitors and deflegmators.

The wastewater volume depends on the type of the source of oil producing and technology, which is used [12]. In the processes of producing and refining of edible oil, may be formed to 1.5 m^3 of wastewater per 1 ton of oil.

Depending on the species, method, conditions of processing of fatty raw materials and technological operations, various types of fatty substances may be in wastewater. The wastewater of the enterprises producing vegetable oils include fatty acids, as well as glycerides, gasoline, phosphatides, soaps, alkalis and other concomitant substances [11].

Wastewater of the vegetable fats refining enterprises for edible oil production consists mainly from emulsions of contaminated fats, stabilized soaps derived from fats and fatty acids. In addition, the wastewater contains organic acids and substances containing nitrogen, which, after neutralization, rot, forming hydrogen sulfide from proteins that are decompose and sulfates that are reduced [11].

Wastewater from enterprises producing vegetable oils is cloudy, gray in color, and contains a suspension in the form of flakes.

Wastewater odor is unpleasant, the oxidizability is low (49-354 mgO_2/dm^3). The dry residue is 44-5000 mg/dm^3. The active reaction of the medium (pH) is 6-7, the index of biological oxygen consumption (BOC_5) is 300-520 mg/dm^3, the fat content is up to 400 mg/dm^3. The fat is most often present in the form of vegetable oils, small amounts of which cover the water mirror, complicating re-aeration and dissolution of oxygen [12].

Adverse contaminants in wastewater from enterprises producing vegetable oils are the index of biological oxygen consumption (BOC) and a large amount of fats and suspended solids.

For enterprises which discharge wastewater containing fats after local treatment into the centralized sewage systems of the settlements, water utilities establish maximum permissible concentrations (MPC) for fat content [2]. As a rule, MPCs for fats are set in the range of 10-20 mg/dm^3. For exceeding of the discharge standards the penalties are imposed.

When grease traps are used as local treatment facilities at the enterprises producing vegetable oils, it is impossible to reduce the concentration of fats to the established standards only by sedimentation. In this case, the final concentration of fats at the outlet from the grease trap is on average 50 mg/dm^3.

For enterprises producing vegetable oils, from the point of view of the best available technologies with respect to reducing the content of fatty substances in industrial wastewater, two main directions can be distinguished [11].

The first direction is associated with the improvement of existing technological processes through the introduction of certain types of equipment, which, with a sufficiently high output of the finished product, can reduce emissions into the environment and the consumption of various types of energy.

The second direction is associated with the introduction of the technologies that completely exclude the most dangerous processes in terms of the formation of emissions and discharges.

The difficulty of solving the problem of industrial wastewater treatment is due to the variability of their composition, the variety of physical and chemical processes underlying their treatment, large capital and operating costs for the construction and maintenance of treatment complexes and individual wastewater facilities.

The centralized sewage system of the city can receive industrial waste water that does not disrupt the operation of sewer networks and treatment facilities, ensure the safety of their operation and can be rendered harmless together with the municipal water of the settlement in accordance with the requirements and standards [2, 13, 14].

Requirements for the composition of industrial wastewater [2], which are discharged into the municipal sewer network, dictate the need to develop new treatment schemes, to intensify the operation of existing treatment facilities.

The latter can be ensured both by improving existing constructions and by additional implementation of new effective units in the technological scheme, which provide the necessary degree of wastewater treatment from a certain pollutant.

To increase the efficiency of the treatment facilities of the municipal sewer network, it is proposed to improve the technology of the wastewater treatment containing fatty substances at the enterprises producing vegetable oils. Namely, the use of aerated grease traps and coagulants.

Aerated grease traps [15] are indirect flotation facilities that effectively purified wastewater from cutting fluids after washing parts and assemblies, demonstrate a high degree of wastewater treatment from vegetable and animal fats, oils, various petroleum products, surfactants, synthetic surfactants and other insoluble pollutants, the specific gravity of which is less than the specific gravity of water. The facilities are also designed for wastewater treatment from sand, suspended solids, rubbers and iron.

This facility can be used for wastewater treatment of oil depots, oil refineries, oil and fat production enterprises, meat processing plants, fish and dairy factories, etc.

The general scheme of a treatment facility with an aerated grease trap is shown in Fig. 1.

The advantages of aerated grease traps include the fact that they provide the highest cleaning level among alternative options, economical. They also have a significant service life, the lack of unpleasant odors. In addition, the installation does not require frequent cleansing.

Partitions which separate chambers of the facility have a continuous perforation and can be disconnect for cleaning as needed.

The chamber from which the purified water is discharged is separated from other compartments the solid partition. Water removal is carried out from the lower level, where the cleanest water is located.

In aerated grease traps, air is used to intensify the process of removal of lightweight substances from contaminated wastewater. Air, passing through the layer of wastewater, captures the fat particles and raises them on the surface. In addition, the saturation of sewage by oxygen contributes to the aerobic oxidation of organic substances.

Flotation is applied additionally in this construction. Due to this, surfactants, fats, petroleum products, resins and others are extracted from wastewater.

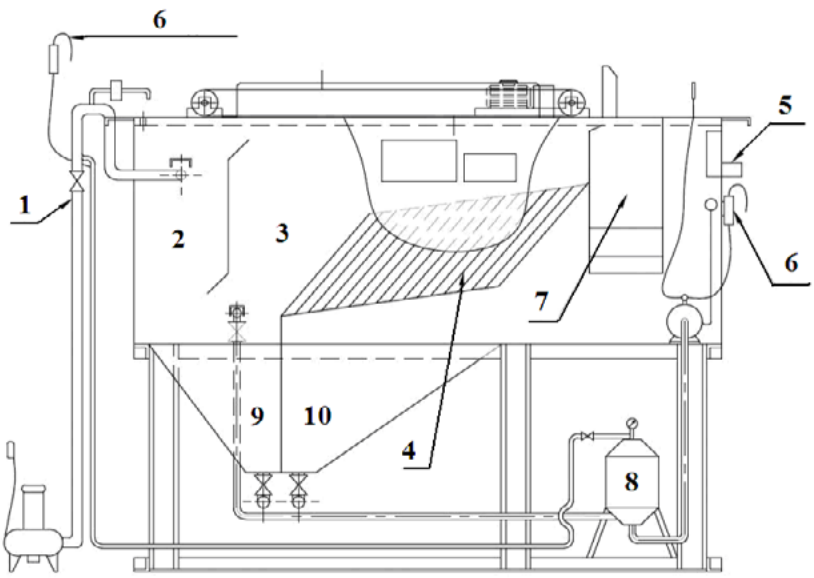


Fig. 1. The general scheme of the treatment facility with an aerated grease trap

1 – supply of wastewater containing fatty substances; 2 – pre-flotation and sedimentation chamber; 3 – flotation chamber; 4 – thin-layer block; 5 – purified water discharge; 6 – reagent injection points; 7 – sludge collection tray; 8 – saturator; 9 – primary sedimentation tank; 10 – secondary sedimentation tank

The best results on the wastewater treatment containing fats and other organic pollutants, were achieved in the aerated grease traps due to the additional use of coagulants, namely chlorine iron ($FeC1_3$) and aluminum sulfate ($A1_2(SO_4)_3$). The use of chlorine iron in doses of 300 mg/dm^3 with further deposition for 30 minutes makes it possible to obtain a transparent liquid at the outlet of the aerated grease trap [16].

It should be noted that the supply of wastewater to the aerated grease trap and directly to the flotation is carried out by different pumps (the supply of wastewater can be carried out by gravity). This solution makes it possible to increase the permissible concentration of pollutants at the inlet to the treatment facility. This reduces the risk of tripping pumps. For the supply of wastewater, a fecal pump is selected, which is designed for high concentrations of pollutants and for the implementation of the flotation process, a pump is selected that ensures good mixing of oxygen with water. The resistance of the flotation pump to contamination fades into the background, because it operates in a chamber with purified water. Thus, indirect flotation avoids excessive mixing, emulsification of effluents at the inlet to the aerated grease trap and improves the quality of the water-air mixture on a separate flotation pump.

All this leads to an increase the efficiency of wastewater treatment, in comparison with treatment facilities that exist at the enterprises producing vegetable oils. The efficiency of industrial wastewater treatment containing fats in its composition after aerated grease traps is 90-98%. In addition, in the wastewater after purification in an aerated grease trap, the content of suspended solids and the index of biological oxygen consumption decrease (wastewater treatment efficiency is 80-95% and 40-85%, respectively) [17].

Only after thorough pretreatment, wastewater of the enterprises producing vegetable oils is sent to municipal wastewater treatment facilities for further biological treatment.

Conclusions. In the paper solved actual practical problem, which is to improve the technology of wastewater treatment the enterprises producing vegetable oils through the use of aerated grease traps and coagulants to reduce the fat content to values of maximum permissible concentrations, which are set by water utilities with the aim of further wastewater treatment in the centralized sewage systems of the settlements.

The proposed wastewater treatment facility performs three main functions: extraction of the fat dissolved in water and sediments, which are in a suspended state; reduction of the amount of organic pollution and bottom sediments; the absence of the appearance of putrid odors. These functions are the optimal set which allows obtaining the maximum effect of the wastewater treatment with minimum maintenance.

Indirect flotation facilities are well established as a preliminary stage before biological treatment. In addition to removing a significant part of the pollutants, wastewater is saturated with dissolved oxygen, as a result of which the oxidative processes in aeration tanks and biological filters are intensified during further biological wastewater treatment at the stations of the municipal sewer network.

Thus, the improvement of wastewater treatment technology containing fatty substances, at the enterprises producing vegetable oils, reduces the fat content of more than 10 times (up to 2-10 mg/dm^3), which meet the standards for discharge of wastewater at the stations of the biological treatment of municipal sewage.

Perspectives for the further use of research results. The introduction of the proposed technology of industrial wastewater treatment the enterprises producing vegetable oils makes it possible to significantly reduce the fat content in the wastewater after purification in aerated grease traps with the addition of coagulants, the final concentration of which will not exceed the approved standards which are set by water utilities with the aim of further wastewater treatment in the centralized sewage systems of the settlements. In addition, the content of suspended solids and organic pollutants is reduced in wastewater after purification using the proposed technology. In turn, this will prevents the formation of fatty deposits on the walls of pipes, ensuring the uninterrupted and efficient operation of the sewage networks and treatment facilities at the stations of the biological treatment of municipal wastewater.

References

1. Каца В.М. Вода и сточные воды в пищевой промышленности. Москва: Издательство «Пищевая промышленность», 1992. 384 с.
2. Про затвердження Правил приймання стічних вод підприємств до систем централізованого водовідведення та Порядку визначення розміру плати, що справляється за понаднормативні скиди стічних вод до систем централізованого водовідведення: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 01.12.2017 р. №316.
3. Гіроль М.М., Гіроль А.М., Гіроль А.М. Технології водовідведення промислових підприємств: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2013. 625 с.
4. Запольський А.К. Водовідведення, водопостачання та якість води: навчальний посібник. Київ: Вища школа, 2005. 671 с.
5. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод: учебное пособие. Вологда: ВоГТУ, 2003. 152 с.
6. Мачигин В.С., Щербакова Л.П. Очистка сточных вод предприятий масло-жировой промышленности. *Масложировая промышленность*. 1992. №1. С. 30-34.
7. Маркитанова Л.И., Кисс В.В., Каверзнева Т.Т. Водоснабжение и очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности: учебное пособие. СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. 134 с.

8. Благодарная Г.И., Шевченко А.А., Лунин С.В. Анализ методов очистки высококонцентрированных сточных вод предприятиями пищевой промышленности. *Коммунальное хозяйство городов*. 2011. №93. С. 176-182.
9. Лоренц В.И. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности. Київ: «Будівельник», 1972. 188 с.
10. Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н., Бондарев А.А., Андрианов Ю.Н. Биологическая очистка производственных сточных вод. Процессы, аппараты и сооружения. Монография. Москва: Стройиздат, 1985. 208 с.
11. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 44-2017 «Производство продуктов питания». Москва: Бюро НДТ, 2017. 436 с.
12. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. Москва: Стройиздат, 1978. 590 с.
13. Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами: Постанова Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 р. №465.
14. Про затвердження Правил користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення в населених пунктах України: Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 27.06.2008 р. № 190.
15. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов. Москва: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 704 с.
16. Марочкин А.А., Спиридонова Л.Г., Лесников И.И., Гетманцев С.В. Технологические схемы очистки концентрированных производственных сточных вод. *Экология промышленности*. 2009. № 6. С. 73-75.
17. Каталог-перечень оборудования. Оборудование вспомогательное систем водоснабжения и водоотведения. КПО-07.03.09-06. Москва, 2006. 158 с.

УДК 579.2.579.26.574.24
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.7

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СТРУКТУРУ МІКРОБІОЦЕНОЗУ РІЧКИ УЖ (УКРАЇНА)

Савенко М.В.[1], **Кривцова М.В.**[1], **Федурця О.І.**[2]
[1]Ужгородський національний університет
вул. Волошина, 32, 88000, м. Ужгород
[2]Ужгородська філія Державної установи
«Закарпатський обласний центр контролю та профілактики хвороб
Міністерства охорони здоров'я України»
вул. Грибоєдова, 20Г, 88000, м. Ужгород
maryna.krivcova@gmail.com, mariannasavenko7@gmail.com, olenafedurca@gmail.com

Досліджено розподіл мікробних спільнот поверхневих вод річки Уж на територіях, які піддалися антропогенному навантаженню різного ступеню. Встановлено, що найпоширенішою групою мікроорганізмів цієї водойми були бактерії, які використовують органічні форми азоту, найвищі титри яких (10^5-10^6 КУО/мл) зафіксовані в межах техногенно трансформованої території (дослідна ділянка № 3). Вміст олігонітрофілів зменшувався в напрямку зростання органічного забруднення на моніторингових ділянках; на техногенно трансформованій й аграрній ділянках цей показник коливався в межах 10^3-10^4 КУО/мл. Збільшення целюлозоруйнівних бактерій, які є індикатором забруднення водойм сполуками азоту, зафіксовано в межах територій, що піддаються впливу сільськогосподарської діяльності та промислового забруднення, причому на моніторинговій ділянці № 3 спостерігалося перевищення фонових значень у 29 разів. Вміст бактерій групи кишкової палички у зразках води з урбанізованої території виявився найвищим з перевищенням контрольних показників у 13,3 рази за межами обласного центру. На ділянках річки з підвищеним вмістом важких металів та органічних сполук (техногенно трансформована та урбанізована) спостерігалася динаміка зниження кількості нітрифікуючих бактерій. Мікроорганізми, що засвоюють мінеральні форми нітрогену в найбільшій кількості, виявлено в межах аграрної території, де їхній вміст перевищував фонові показники в 18,5 разів. На коливання вмісту мікроскопічних грибів у водоймі впливали як зовнішні чинники, так і гідрологічний режим водотоку, що відображалося на зниженні титру 10^2-10^3 КУО/мл мікроміцетів у межах рекреаційної території із посиленою сонячною інсоляцією і техногенно трансформованої ділянки з підвищеним вмістом важких металів у воді.

Отримані результати свідчать про те, що мікробіоценоз річки Уж у локальних зонах з підвищеним вмістом полютантів, а саме на територіях, що піддаються впливу промислового та сільськогосподарського забруднення, знаходиться на стадії трансформації. *Ключові слова:* мікробні спільноти, гідроекосистема, антропогенне навантаження.

The influence of anthropogenic pressure on the structure of the microbiocenosis of the Uzh River (Ukraine). Savenko M., Kryvtsova M., Fedurca O.

The distribution of microbial communities of surface waters of the Uzh River in the territories that fell under different degrees of anthropogenic pressure was studied. It was found that the most common group of microorganisms in the studied reservoir were bacteria that use organic forms of nitrogen, the highest titers of 10^5-10^6 CFU/ml which were recorded within the technogenically-transformed area (experimental site № 3). The content of oligonitrophils decreased in the direction of growth of organic pollution at the monitoring sites, on the technogenically-transformed and agricultural areas it fluctuated in the range of 10^3-10^4 CFU/ml. The growth of cellulose-degrading bacteria, which is an indicator of water pollution by nitrogen compounds, was recorded within the areas affected by agricultural activities and industrial pollution, in the monitoring area № 3 the background values are exceeded 29 times. The presents of the coliform bacteria in water samples from urban areas was the highest and exceeded the control values by 13,3 times outside the regional center. In parts of the river with a high content of heavy metals and organic compounds (technogenically-transformed and urbanized) was observed dynamics to the reduce the number of nitrifying bacteria. Microorganisms that assimilate mineral forms of nitrogen in the largest number are found within the agricultural area, where their content exceeds the background by 18.5 times. Microorganisms that assimilate mineral forms of nitrogen in the largest quantities are found within the agricultural area, where their content exceeds the background at 18,5 times. Fluctuations of the content of microscopic fungi in the reservoir were influenced by external factors and the hydrological regime of the watercourse, which were reflected in reduced of micromycetes titers 10^2-10^3 CFU/ml within the recreational area with increased solar insolation and technogenic-transformed area with high heavy metals in water. The obtained results show that the microbiocenosis of the Uzh River in local areas with high pollutant content, namely in areas affected by industrial and agricultural pollution, are in the process of transformation. *Key words:* microbial communities, hydroecosystem, anthropogenic pressure.

Поставновка проблеми. Дефіцит якісної питної води збільшується в Україні з кожним роком, незважаючи на значні запаси водних ресурсів на заході країни; їхня якість часто не відповідає встановленим вимогам [11-9-5-15-4]. Основними джерелами забруднення водних басейнів є комунально-побутові, промислові стічні води, побічні продукти сільськогосподарської діяльності. Не меншої шкоди завдає засмічення водотоків, їхнє замулення, що врешті-решт призводить до зниження самоочисної здатності, пересихання і формування ділянок стоячої води, котрі несуть катастрофічні наслідки для забезпечення водою населення [14]. Погіршення екологічного стану природних вод спонукає до пошуку

нових методів комплексного тестування, чутливих до найменших змін у структурах гідроекосистем.

Актуальність дослідження. Водні мікробіоценози є одними із чутливих маркерів антропогенного впливу на екосистему. Беручи участь у біогеохімічних циклах і процесах трансформації, вони першими реагують на екологічні зміни. Саме тому визначення розподілу автохтонної і алохтонної мікробіоти є невід'ємною частиною комплексного моніторингу природних екосистем.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження пов'язане з плановою науковою темою «Дослідження генетичних та фізіолого-біохімічних механізмів адаптації біологічних систем різного рівня організації в умовах антропогенного навантаження» (державний реєстраційний № 0115U003902) кафедри генетики, фізіології рослин та мікробіології біологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет». Результати наукових досліджень можуть бути враховані та впроваджені в моніторингові дослідження у сфері санітарного та епідемічного контролю населення, що здійснюються центрами контролю і профілактики хвороб МОЗ України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати дослідження розподілу різних груп мікроорганізмів у водних середовищах свідчать про якісні та кількісні зміни у структурі мікробних спільнот під впливом антропогенного навантаження [6]. На ділянках водойм, які піддаються антропогенному тиску, відмічено зменшення автохтонних грампозитивних груп мікроорганізмів і зростання кількості алохтонних грамнегативних мікробів [2]. Під впливом хімічних сполук змінюється чисельність і співвідношення мікроорганізмів. Зокрема, проведені дослідження зразків води озера Яворівське, забрудненого сполуками сульфуру, свідчать про формування нового мікробіоценозу, в якому переважають сіркоокислювальні бактерії, і відмічається збіднення видової різноманітності бактерій [12]. Наднормові концентрації важких металів у водоймах пригнічують ріст міксоміцетів, тим самим порушуючи рівновагу в екосистемі. Зі свого боку така динаміка кількісного зниження мікроскопічних грибів може слугувати індикаторним показником забруднення водного об'єкта [13]. Отже, дослідження мікробних асоціацій гідроекосистем дозволяє повно оцінити зміни у структурі мікробіоценозу, тоді як санітарно-мікробіологічні показники якості природних вод надають доволі обмежену інформацію.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, та новизна досліджень. Відсутність комплексного оцінювання якості природних вод, пошук нових чутливих методів тестування і вдосконалення наявних із метою отримання повної оцінки стану водних екосистем зумовлюють доцільність проведення досліджень у цьому напрямку.

Новизна. Проведено комплексну оцінку розподілення мікробних спільнот річки Уж на територіях із різним ступенем антропогенного навантаження.

Методологічне значення. Нами пропонується підхід до оцінки ступеня антропогенного навантаження на річку Уж шляхом дослідження розподілу мікробних спільнот водойми на різних територіях її басейну.

Річка Уж бере свій початок на південних схилах Верховинського Вододільного хребта, протікає через місто Ужгород і прилеглі до нього села, впадаючи в річку Лаборець, що на території Словаччини. На всій протяжності водойма підпадає під потенційні джерела антропогенного впливу, такі як стічні води Перечинського лісохімічного комбінату, що потрапляють до водойми через струмок Доморадж; комунально-побутові стічні води міста Ужгород; розміщення присадибних ділянок і несанкціонованих сміттєзвалищ на берегах водойми.

Мікробний спектр визначали у зразках води річки Уж на територіях, які піддаються різним типам антропогенного впливу. Результати польових досліджень дозволили визначити потенційні джерела антропогенного забруднення водойми, розташовані на всій протяжності річки Уж (рис. 1). Найменш ураженою виявилася територія у витоку річки, яка знаходиться в гірській місцевості в межах села Волосянка (48°59'07.3" N, 22°50'01.7" E). Ділянка річки нижче за течією визначена як антропогенно навантажена через близьке розташування до Перечинського лісохімічного заводу. Найімовірнішим джерелом промислових стічних вод є струмок Доморадж, який протікає біля заводу і впадає в річку Уж [10-19-20-21]. Води струмка характеризуються неспецифічним різким запахом, кольором, розрідженим рослинним покривом на береговій лінії, низьким біорізноманіттям флори і фауни. Тому для визначення впливу антропогенного навантаження на водойму проби води відбирали до міста Перечин (48°44'59.9" N, 22°30'53.1" E), в 100 м від місця впадіння струмка Доморадж у річку Уж (48°44'59.9" N, 22°30'53.1" E), та за містом Перечин (48°43'37.1" N, 22°28'42.1" E). Територія в межах міста Ужгород була визначена нами як урбанізована, зразки відбирали до міста Ужгород (48°38'28.5" N, 22°20'48.5" E) та за його межами (48°37'10.2" N, 22°15'26.4" E) (рис. 2.2.5). На території у межах села Сторожниця зосереджена значна кількість сільськогосподарських угідь і фермерських господарств поблизу берегової лінії річки, що обумовило її класифікацію як ділянки з аграрним навантаженням. Відбір проб здійснювали до села Сторожниця (48°36'47.8" N, 22°15'16.8" E) та за цим селом (48°36'11.7" N, 22°12'18.3" E).

Відбір зразків води для мікробіологічних досліджень у чотирьох повтореннях здійснювали на глибині 15-20 см у стерильну скляну тару, закриту ватно-марлевою пробкою і вкриту зверху паперовим ковпачком. Під час транспортування проби охо-

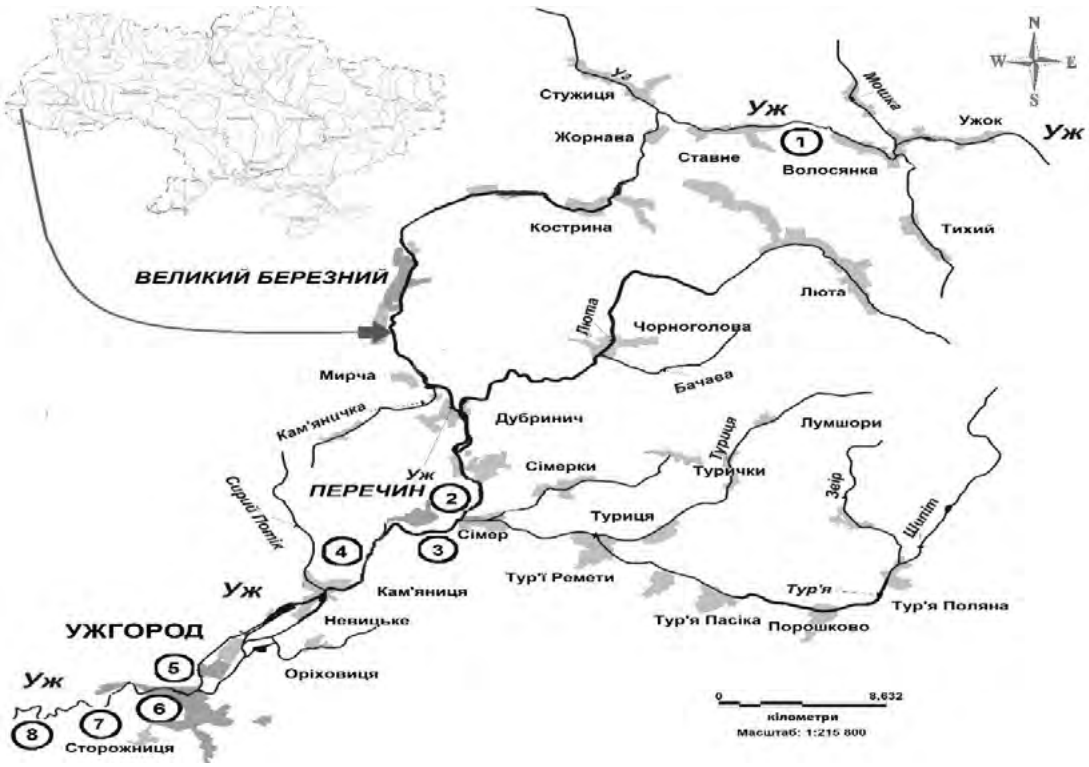


Рис. 1. Картосхема досліджуваних ділянок річки Уж

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – 100 м нижче впадіння струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с.Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

лоджували до 2°С, використовуючи акумулятори холоду. Бактеріологічні дослідження виконували через 2 години після забору.

Мікроорганізми, які використовують органічні форми нітрогену (сапрофіти), визначали методом посіву на м'ясопептонний агар (МПА) з подальшим культивуванням за температури 37°С упродовж 24 годин. Результат виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 см^3 проби.

Бактерії групи кишкової палички (БГКП) визначали методом мембранної фільтрації, згідно з яким фільтрували встановлений об'єм води через нітроцелюлозні мембранні фільтри з подальшим вирощуванням на диференційно-діагностичному середовищі Ендо виробництва «Фармактив». У разі дослідження води невідомої якості рекомендовано фільтрувати незначні її об'єми, тому під час експерименту нами визначено, що краще фільтрувати зразки води об'ємом 100 см^3. Чашки з фільтрами інкубували за температури 37°С протягом 24 годин. Виявлені на фільтрах колонії мікроорганізмів ідентифікували за культуральними та біохімічними властивостями, визначаючи таким чином їхню приналежність до бактерій групи кишкової палички та розраховуючи індекс в 1 дм^3 води.

Мікроскопічні гриби визначали методом посіву 1 мл води на диференційно-діагностичне середовище Чапека-Докса виробництва «Фармактив» та на сусло агару. Зразки культивували за температури 27°С протягом семи днів. Результат виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 см^3 проби.

Оліготрофів визначали на голодному агарі (ГА). Мікроорганізми, що використовують мінеральні форми нітрогену, культивували на крохмально-аміачному агарі (КАА), целюлозоруйнівні бактерії – на середовищі Гетченсона з фільтрувальним папером, нітрифікуючі мікроби – на середовищі Виноградського [8]. Досліди проводили у трьох повтореннях з двома паралельними постановками. Для оцінки достовірності відмінностей між статистичними даними постановок обчислювали коефіцієнт Стьюдента t (достовірною вважали різницю з рівнем значимості $p \leq 0,05$).

Мікробіологічні дослідження проводили на базі мікробіологічної лабораторії кафедри генетики, мікробіології та фізіології рослин біологічного факультету Ужгородського національного університету.

Викладення основного матеріалу. За результатами моніторингового дослідження, проведеного протягом трьох вегетаційних сезонів 2016, 2018 та 2020 років установлено, що найпоширенішою групою мікроорганізмів річки Уж були бактерії, що використовують органічні форми азоту. Потрапляння до водойми значної кількості транзиторних мікроорганізмів, імовірно, є результатом антропогенного забруднення [1] (рис. 2). За межами

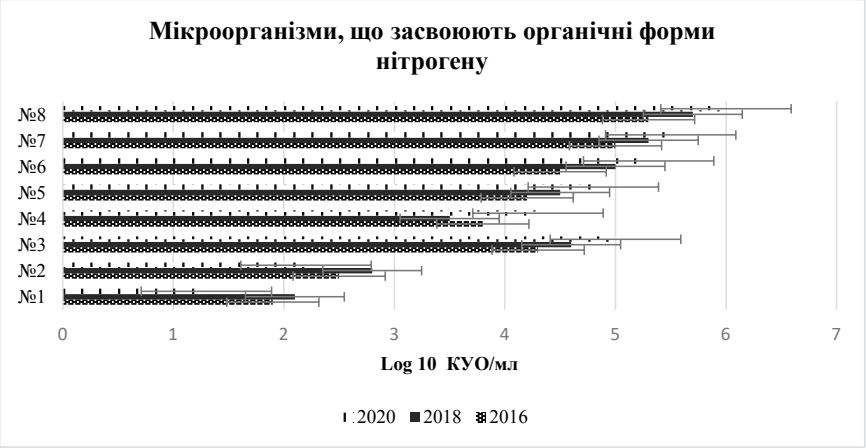


Рис. 2. Динаміка чисельності мікроорганізмів, які засвоюють органічні форми азоту на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадіння струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м.Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

контрольної точки чисельність сапрофітів зростає, особливо на території, яка знаходиться на відстані 100 м від місця впадання струмка Доморадж у річку Уж, і на аграрній місцевості, де протягом трьох років у літній період відмічено високі титри (10^5-10^6 КУО/мл). Встановлено зростання рівня сапрофітів у точці № 3 в 525 разів порівняно з контрольною точкою в 2016 році. До основних чинників збільшення кількості транзиторної мікробіоти належить зміна внутрішньорічного гідрологічного режиму річки внаслідок зростання кількості мікроорганізмів, що використовують органічні форми нітрогену під час весняного повноводдя і літньої межені, а також надходження значної кількості біогенних речовин з антропогенних джерел забруднення – стічних вод лісохімічного комбінату та сільськогосподарських стоків.

Вплив щільної міської забудови відображається на результатах бактеріологічного забруднення водойми в межах міста Ужгород. Найбільше це проявляється за змінами індексу бактерій групи кишкової палички, який зростає за межами міста і сягає максимальних значень, перевищуючи контрольні показники у 13,3 рази (літній період 2016 року) (рис. 3). Забруднення води бактеріями групи кишкової палички пояснюється нерегульованим скидом неочищених або не досить очищених стічних вод. До того ж можна припустити, що підвищення тем-

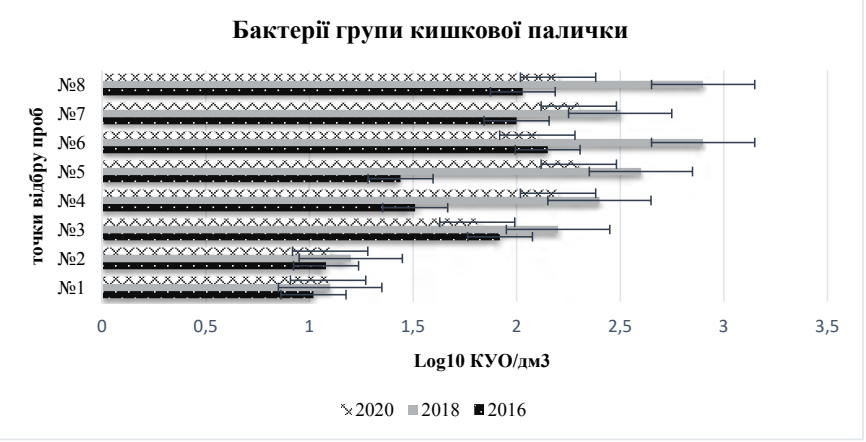


Рис. 3. Динаміка чисельності бактерій групи кишкової палички на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м.Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

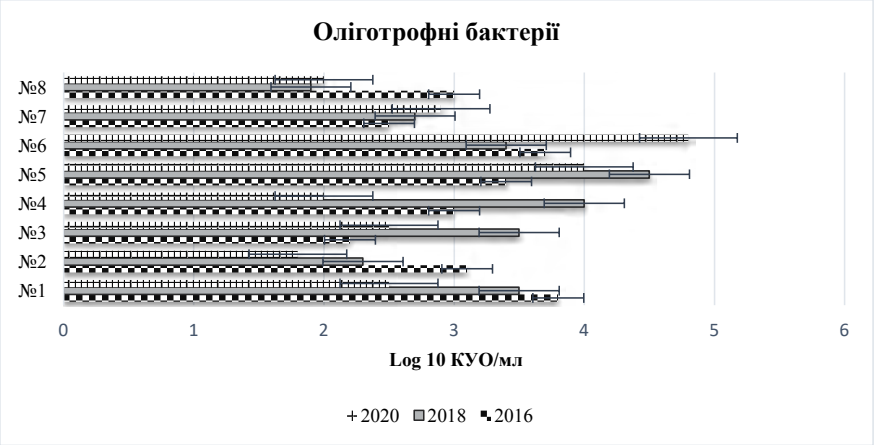


Рис. 4. Динаміка чисельності олігонітрофільних бактерій на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

ператури та характер водності водойми, а саме обміління річки в цей період, призводить до збільшення концентрації забруднюючих речовин.

У цій водоймі вміст оліготрофних бактерій коливався у значних межах (рис.4). Найменші значення зафіксовані на аграрній та техногенно трансформованій території (10^3-10^4 КУО/мл). Зокрема, рівень олігонітрофілів у точці № 3 зменшився порівняно з контрольною точкою у 8,3 рази в 2016 році та у 43,7 рази в 2018 році. Оскільки мікроорганізми здатні рости тільки за низьких концентрацій, регулярне надходження комунально-побутових і промислових стічних вод могли зіграти роль лімітуючого чинника [6].

Нітрифікуючі бактерії переважали в контрольній ділянці та на аграрній території; зменшення їх чисельності в зоні техногенної та урбанізованої території протягом 2016 та 2020 років імовірно спричинене підвищеним вмістом важких металів та органічних сполук (феноли, формальдегід), які, як відомо, можуть спричинювати інгібуючий ефект, навіть коливаючись у межах ГДК [7]. Знижена концентрація кисню також може пригнічувати розвиток цих мікроорганізмів. Проте у 2018 році відмічено зростання чисельності цих мікроорганізмів і в районі техногенного впливу у 2,1 рази порівняно з 2016 роком, що пояснюється збільшенням водності річки в цей період та підвищенням самоочисної здатності водойми (рис. 5).

Целюлозоруйнівні бактерії беруть участь у кругообігу карбону у водних екосистемах [16],

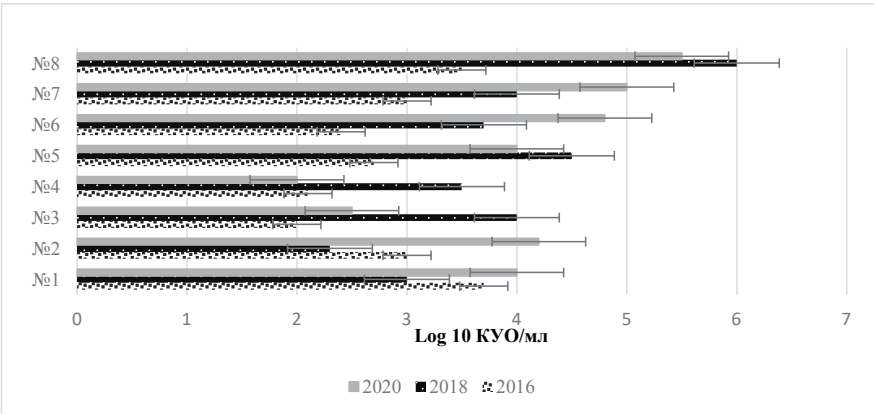


Рис. 5. Динаміка чисельності нітрифікуючих бактерій на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с.Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м.Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

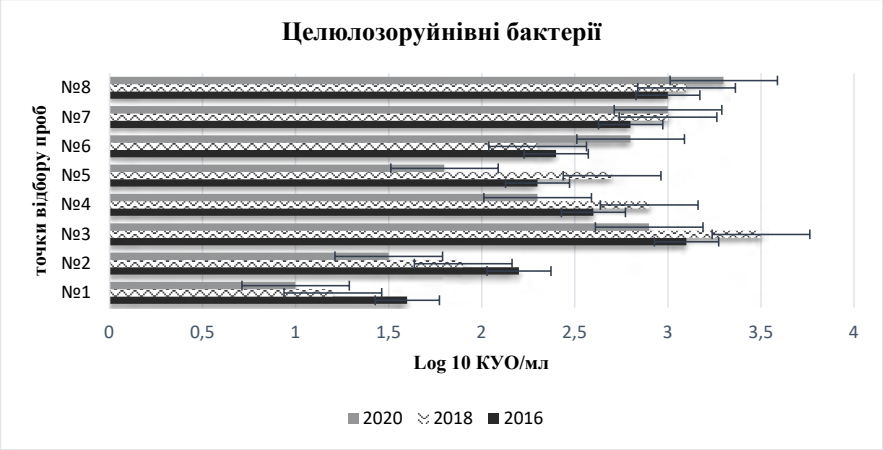


Рис. 6. Динаміка чисельності целюлозоруйнівних бактерій на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

який здебільшого здійснюють бактерії родів *Cellvibrio, Vibrio, Cellulomonas, Polyangium, Pseudomonas* та інші. За результатами проведеного дослідження ця група мікроорганізмів виявилася найпоширенішою в межах аграрної і техногенно трансформованої території. Зокрема на ділянці № 3 спостерігалося перевищення фонових значень у 29 разів, а на ділянці № 8 – у 20 разів у 2016 році (рис. 6). Відомо, що їх збільшення є свідченням забруднення водойми переважно сполуками карбону та нітратами [12].

Мікроорганізми, що трансформують мінеральні форми азоту, відіграють важливу роль у самоочисній здатності водойм. До основних груп бактерій, які засвоюють мінеральні форми нітрогену, належать роди *Bacillus, Pseudomonas, Sarcina, Brevibacterium, Micrococcus, Escherichia ma* актинобактерії *Salinibacterium, Solwaraspora, Actinomadura, Micromonospora,* та інші. Під час дослідження найбільшу кількість мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, з перевищенням фонових показників у 18,5 рази зафіксовано у 2020 році в районі аграрної ділянки (рис.7). Водночас найменша їхня чисельність зафіксована на техногенно трансформованій території, що ймовірно пов'язано з неналежними умовами, сформованими під впливом техногенного екотопу.

Мікроміцети є важливим компонентом гідроекосистем і характеризуються багатим видовим різноманіттям. Найчастіше у водних екосистемах

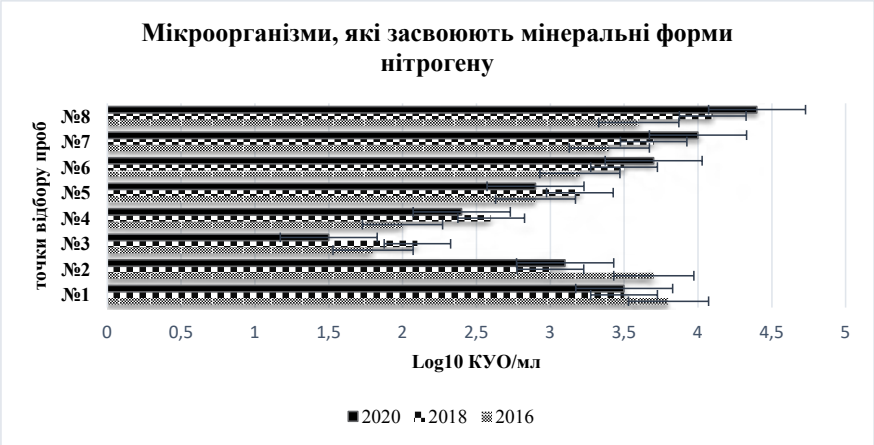


Рис. 7. Динаміка чисельності бактерій, які засвоюють мінеральні форми азоту на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с.Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м.Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

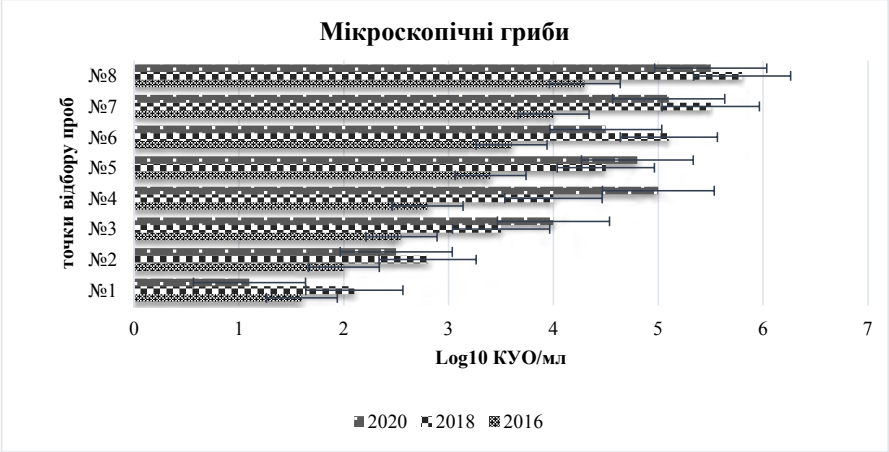


Рис. 8. Динаміка чисельності мікроскопічних грибів на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

зустрічаються представники родів *Aspergillus, Ogataea, Botrytis, Fusarium, Chaetomium, Rhizopus, Candida, Penicillum* та інші. За результатами проведеного дослідження встановлено, що поширення мікроскопічних грибів у водоймі залежить від температурного фактора та низки зовнішніх чинників. Найменшу кількість мікроміцетів виявлено на рекреаційній і техногенно трансформованій територіях 10^2-10^3 КУО/мл, що зумовлено посиленою сонячною інсоляцією у високогірних районах [17]. У поверхневих водах із низьким рівнем водотоку лімітуючим фактором могли слугувати і підвищені концентрації важких металів у місці скидання стічних вод лісохімічного комбінату. Найбільшу кількість мікроміцетів (10^6 КУО/мл) зафіксовано в межах аграрної місцевості, яка перевищувала контрольні значення в 250 разів у 2018 році. Ця місцевість характеризується підвищеним вмістом біогенних речовин, які створюють сприятливі умови для розвитку мікроскопічних грибів (рис. 8).

Головні висновки. Отримані результати вказують на нерівномірне розподілення мікроорганізмів різних фізіологічних груп залежно від територіального розміщення. Порівняльна характеристика співвідношення і чисельності представників мікробіоценозу вказує на те, що найбільш несприятлива екологічна ситуація характерна для техногенно трансформованої території, де під впливом тривалого забруднення спостерігається адаптивна відповідь мікроорганізмів на неналежні умови існування, що призводить до сукцесійних змін мікробного ценозу. Для території поблизу с. Сторожниця, що знаходиться в зоні впливу сільськогосподарської діяльності, також характерні перебудови у структурі мікробіоценозу, які вказують на безперервне надходження забруднюючих речовин до водойми.

Отже, встановлено, що мікробіоценоз річки Уж потерпає від впливу забруднюючих речовин, на локальних зонах із підвищеним умістом полютантів знаходиться на стадії трансформації, але гідролого-морфологічні умови, притаманні для лотичних екосистем, дозволяють компонентам гідроценозу перебувати в умовах флуктуаційних змін, підтримуючи рівновагу екосистеми.

Перспективи використання результатів досліджень. Отримані результати дослідження можуть бути використані для комплексного моніторингу стану гідроекосистеми та слугувати додатковим маркером забруднення природних вод.

Література

1. Абдюкова Э. А., Кулагин А. Ю., Рашитова Г. С., Абдюкова Г. М. Экологическая оценка воздействия агропромышленного комплекса на состояние малых рек Башкортостана. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2011. № 73. С. 370-381.
2. Анганова Е. В., Савилов Е. Д., Духанина А. В. Характеристика микробного сообщества реки Ангары (Иркутская область). *Проблемы здоровья и экологии*. 2011. № 2 (28). С. 201-205.
3. Білкей М. В., Ніколайчук В. І. Розподіл вмісту важких металів у системі «вода–донні відкладення» транскордонної річки Уж. *Biosystems Diversity*. 2017. № 25(2). С. 145-153. DOI: 10.15421/011722
4. Білкей М.В., Кривцова М.В. Просторово-часова характеристика мікробіологічних та гідрохімічних показників якості поверхневих вод річки Уж (України).*Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 5-6. С. 24-37. DOI:10.31548/bio2018.05.004.

5. Галла-Бобик С. В., Осійський Е. Й. Вплив комунально-побутових підприємств на забруднення р. Тиса органічними речовинами. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія.* 2014. № 1 (31). С. 93-95.
6. Калитина Е. Г., Михайлик Т. А., Семкин П. Ю., Барабанщиков Ю. А., Зорин С. А. Особенности микробиологического состава вод реки Раздольной (Южное Приморье). *Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра)*.2015. № 180. С. 187-197.
7. Кирсанов М. П., Горелкина А. К., Авраменко А. С. Исследование эффективности углеродных сорбентов различных марок при очистке сточных вод производства пестицидов. *Актуальные вопросы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности промышленных регионов.* 2017. С. 201-205.
8. Кузнецов С.И., Дубинина Г. А. Методы изучения водных микроорганизмов. Наука, 1989. С. 288.
9. Огуряєва О., Погребенник В. Динаміка забруднення поверхневих вод у Львівській області. *Вимірювальна техніка та метрологія.* 2010. № 71. С. 171-175.
10. Савенко М.В., Кривцова М.В., Костенко Є.Я, Анісімов Є.М., Скляр І.І. Циркуляція антибіотикорезистентних ізолятів бактерій родини *Enterobacteriaceae* у системі людина-водні екоситеми. *Український журнал медицини, біології та спорту.* 2021. № 3 (31). С. 232-237.
11. Станько О. М. Важкі метали у воді: забруднення річки Дністер за останні 10 років (територія Львівської області). *Сучасні проблеми токсикології.* 2012. № 3-4. С.58-63.
12. Тарабас О., Мороз О., Гнатуш С., Яворська Г., Звір Г., Ковальчук М. Еколого-трофічні групи мікроорганізмів води озера Яворівське. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2017. № 76. С. 166-178.
13. Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. Москва: Наука, 2007. С. 215.
14. Хоменко О.М., Гайдар І.О. Аналіз екологічного стану малих річок Черкаської області (на прикладі р. Золотоношка). *Екологічна безпека*.2010. № 10(2). С. 39-42.
15. Чонка І. І., Палько В. В. Стан малих річок Боржавського басейну на території Виноградівського району. *Вісник УжНУ. Серія Хімія.* 2009. № 21. С. 67-71.
16. Шоляк К.В., Гнатуш С.О., Перетятко Т.Б., Гудзь С.П. Мікробоценози стічних вод Львова на різних етапах очищення. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2013. № 4 (2). С. 76-80.
17. Babič M., Gunde-Cimerman N., Vargha M., Tischner Z., Magyar D., Veríssimo C., Brandão J. Fungal Contaminants in Drinking Water Regulation? A Tale of Ecology, Exposure, Purification and Clinical Relevance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017. No 14 (6). P. 636.
18. Blaustein R. A., Pachepsky Y., Hill R. L., Shelton D. R., Whelan G. Escherichia coli survival in waters: Temperature dependence. *Water Research.* 2013. No47 (2). P. 569-578.
19. Kryvtsova M., Bobrik N., Sabov M., Sabov M. Microbiological indication of soils in zone of influence of Perechin timber and chemical plant. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2017. No 1. P. 258-263.
20. Savenko M.V., Kryvtsova M.V. Urban aquatic ecosystems as a factor of the spread of antibiotic resistant microorganisms and resistance genes. *Transylv. Rev. Syst. Ecol. Res. "The Wetlands Diversity".* 2021. No 23(2). P. 1-12. DOI: 10.2478/trser-2021-0009.
21. Savenko M.V., Kryvtsova M.V. Anthropogenic impact on the development of resistance to antibiotics in microorganisms of the Uzh River (Ukraine). *Studia Biologica*. 2020. No 14 (3). P. 79-90. DOI: 10.30970/sbi.1403.633.

УДК 504.064.2
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.8

ВПЛИВ ЯКОСТІ РІЧКОВОЇ ВОДИ НА ДИНАМІКУ ПРОМИСЛУ У ДНІСТРОВСЬКОМУ ЛИМАНІ ТА В КУЧУРГАНСЬКОМУ ВОДОСХОВИЩІ

Шахман І.О., Бистрянцева А.М.
Херсонський державний університет
вул. Університетська, 27, 73000, м. Херсон
shakhman.i.a@gmail.com, anbys@ukr.net

Гідрологічний, гідрохімічний і біологічний режими Дністровського лиману та Кучурганського водосховища формуються під впливом природних та антропогенних факторів. На водне середовище негативно впливають скиди стічних вод населених пунктів, промислових, транспортних, енергетичних та сільськогосподарських об'єктів. Основна зона впливу забруднених вод, що надходять з річковим стоком до Чорного моря, спостерігається в його північно-західній частині. Навіть порівняно низькі концентрації забруднюючих речовин у біоценозах прибережних частин моря можуть мати критичні наслідки для процесів саморегуляції та самовідновлення.

У статті наведено результати дослідження щодо впливу якості річкової води на динаміку промислу у Дністровському лимані та в Кучурганському водосховищі; приведено абсолютні значення обсягів вилову риби та інших біоресурсів для пониззя р. Дністер з Дністровським лиманом та Кучурганським водосховищем (за офіційними статистичними даними).

Аналіз даних аналітичного контролю поверхневих вод пониззя Дністра за 2017–2020 роки дозволив виявити перевищення концентрацій спостережених хімічних інгредієнтів відносно гранично допустимих значень за рибогосподарськими нормативами від 1,03 (завислі речовини) до 17,0 разів (азот загальний). На основі аналізу масиву даних за період 2017–2020 рр. для пониззя р. Дністер з Дністровським лиманом та Кучурганським водосховищем установлено наявність оберненої залежності між концентраціями гідрохімічних показників (амоній-іонами, біохімічним споживанням кисню, нітритами, фосфатами), які надходять з річковими водами, і загальним обсягом вилову риби та інших водних біоресурсів у рибогосподарських об'єктах.

Нами виконано оцінювання якості води за модифікованим індексом її забруднення за нормативами поверхневих вод рибогосподарського призначення для р. Дністер – с. Маяки за 2017–2020 рр. Показники якості річкової води коливаються від 0,72 (ІІ клас, чиста) до 1,45 (ІІІ клас, помірно забруднена).

Установлено зв'язок степеневого характеру між якістю річкової води та динамікою промислу за період 2017–2020 рр. з коефіцієнтом кореляції 1,00, що свідчить про тісний зв'язок між величинами представленої вибірки. *Ключові слова:* річка Дністер, Дністровський лиман, Кучурганське водосховище, річковий стік, риби, водні біоресурси, якість води, обсяги вилову.

The influence of river water quality on the dynamics of fishing in the Dniester estuary and Kuchurgan reservoir. Shakhman I., Bystriantseva A.

Hydrological, hydrochemical and biological regimes of the Dniester estuary and Kuchurgan reservoir are formed under the influence of natural and anthropogenic factors. The aquatic environment is negatively affected by wastewater discharges from settlements, industrial, transport, energy and agricultural facilities. The main zone of influence of polluted waters flowing with river runoff into the Black Sea is observed in its north-western part. Even relatively low concentrations of pollutants in the biocenoses of coastal parts of the sea can have critical consequences for the processes of self-regulation and capability of restoration.

The article presents the results of research on the impact of river water quality on the dynamics of fishing in the Dniester estuary and Kuchurgan reservoir. Absolute values of fish and other bioresources for the Lower section of the Dniester River with the Dniester estuary and Kuchurhan reservoir are given according to official statistics.

The analysis of the data of analytical control of surface waters of the Lower Dniester for 2017–2020 revealed the excess of concentrations among the observed chemical ingredients relative to the maximum permissible concentrations according to fishery standards from 1.03 (suspended solids) to 17.0 times (total nitrogen). Based on the analysis of the data set for the period 2017–2020 for the Lower section of the Dniester River with the Dniester estuary and Kuchurgan reservoir, the presence of an inverse dependence between the concentrations of hydrochemical parameters (ammonium ions, biochemical oxygen consumption, nitrites, phosphates) coming from river waters was established, and the total catch of fish and other aquatic bioresources in fisheries.

The assessment of water quality according to the modified index of water pollution according to the standards of surface waters of fishery purpose for the Dniester River – village Mayaky for 2017–2020. River water quality indicators range from 0.72 (class II, clean) to 1.45 (class III, moderately contaminated).

Power-law dependence was established between the quality of river water and the dynamics of fishing for the period 2017–2020 with a correlation coefficient 1.00, which indicates a close relation between the values of the presented sample. *Key words:* Dniester River, Dniester estuary, Kuchurgan reservoir, river runoff, fish, aquatic bioresources, water quality, catch volumes.

Постановка проблеми. Річка Дністер несе свої води через Кучурганське водосховище у Дністровський лиман, що знаходиться в північно-західній частині Чорного моря. Басейн річки Дністер розташований на території Польщі, України та Молдови, але більша його частина (73,1%) знаходиться в Україні (Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька та Одеська області). Антропогенне навантаження на екосистему річки від витоку до гирла

дуже високе та зумовлене виробничою діяльністю нафтопереробних заводів, хімкомбінатів, цукроварень, м'ясокомбінатів, комунально-побутових підприємств тощо. Через надходження в річку стічних вод відбувається забруднення поверхневих водних ресурсів і погіршення якості води річки Дністер [1]. У свою чергу, якість води, змінена наслідками різноманітних видів господарської діяльності [2; 3], безумовно впливає на розвиток гідробіоти. Змінення ж кількісних та якісних показників стану водних біоресурсів призводить до регулювання можливого обсягу вилову риби та інших водних ресурсів.

Актуальність дослідження. Науковці відмічають скорочення вікового складу популяцій основних промислових видів риб за рахунок інтенсифікації промислу [4]. Фахівці з водних біоресурсів звертають увагу і на падіння чисельності червонокнижних видів риби. Серед них осетер російський [5] та севрюга звичайна [6], які зустрічаються у північно-західній частині Чорного моря. Зрідка поодинокі особини заходять у Дністровський лиман, фактично не заходячи в р. Дністер. Серед причин зниження чисельності червонокнижних видів риб іхтіологи також відмічають незворотні змінення гідрологічного, хімічного, біологічного режимів водойм, забруднення води та надмірний вилов.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Порядок державного моніторингу вод (Постанова Кабінету Міністрів України від 20.07.1996 № 815) визначає важливість контролю впливу антропогенного навантаження на водні ресурси на основі даних спостережень та наступного лабораторного аналізу визначення складу та кількості забруднюючих речовин у водному середовищі. Ефективність державного регулювання виробничої діяльності галузей економіки, пов'язаних із використанням водних ресурсів, прямо залежить від організації державного моніторингу водних об'єктів [7] та оперативного оцінювання якості води [8–10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковці НДУ «Український науковий центр екології моря» (УкрНЦЕМ) виконали комплексне оцінювання впливу природних та антропогенних факторів на якість прибережних вод Чорного моря в період з 2008 по 2018 рік [11]. Математична модель екосистеми Чорного моря, запропонована дослідниками, складається із двох блоків (самоочищення та евтрофікації). Блок самоочищення застосовується для врахування надходження до гідроекосистеми забруднюючих речовин, не властивих морському середовищу. Один зі складників блоку самоочищення, що входить до загального впливу зовнішніх факторів, ураховує надходження річкової води, яка несе забруднюючі речовини. Отже, змінення якості води Кучурганського водосховища і Дністровського лиману відбувається і внаслідок внесення забруднюючих речовин річковими водами Дністра, що, в свою чергу, через змінення стану риби та інших водних біоресурсів, безумовно, може вплинути на динаміку промислу (обсяги вилову).

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Нами виконано оцінювання якості води за модифікованим індексом її забруднення відповідно до нормативів поверхневих вод рибогосподарського призначення і встановлено зв'язок між якістю річкової води та динамікою промислу для Дністровського лиману та Кучурганського водосховища за період 2017–2020 рр.

Новизна. Нами оцінено вплив якості річкової води на динаміку промислу у Дністровському лимані та Кучурганському водосховищі за період спостереження 2017–2020 рр.

Методологічне або загальнонаукове значення. Акцентована увага на необхідності збереження біоресурсного потенціалу узбережжя Чорного моря через регулювання екологічного стану приморських ділянок річок.

Викладення основного матеріалу. Вихідною інформацією для оцінки якості поверхневих вод пониззя річки Дністер слугували дані аналітичного контролю поверхневих вод Державного агентства вод за період з 2017 по 2020 рр. [12]. Для аналізу динаміки обсягів промислу були використані абсолютні значення вилову риби та інших біоресурсів для пониззя р. Дністер з Дністровським лиманом та Кучурганським водосховищем Єдиного порталу відкритих даних [13] та Державного агентства рибного господарства [14].

За роки спостереження (2017–2020 рр.) у пониззі Дністра з Дністровським лиманом та Кучурганським водосховищем простежується загальна динаміка зниження промислових обсягів вилову риби та інших водних біоресурсів із піком вилову в 2019 році (2 581,760 тон) (табл. 1, рис. 1).

Таблиця 1

Обсяги вилову риби та інших водних біоресурсів у пониззі Дністра із Дністровським лиманом та Кучурганським водосховищем, тон

Вид водного біоресурсу	Роки			
	2017	2018	2019	2020
Риба	–	2049,838	2581,129	1509,677
Інші водні біоресурси	–	0,639	0,631	0,525
Усього	2403,100	2050,477	2581,760	1510,202

Нами виконано обробку даних спостережень та оцінювання якості води за гідрохімічними показниками відповідно до нормативів якості води водойм рибогосподарського призначення [15] за створами: р. Дністер – с. Маяки (16 км від гирла) та р. Кучурган – с. Граданиці (0 км від гирла). Протягом усього періоду дослідження (2017–2020 рр.) спосте-

Таблиця 2

Оцінка якості води за модифікованим індексом забруднення (*ІЗВ*) за нормативами поверхневих вод водойм рибогосподарського призначення для р. Дністер – с. Маяки, ГНС Нижньо-Дністровської ЗС (16 км від гирла)

№	Показник	$ГДК_i$	2017		2018		2019		2020	
			C_i	$C_i/ГДК_i$	C_i	$C_i/ГДК_i$	C_i	$C_i/ГДК_i$	C_i	$C_i/ГДК_i$
1	Розчинений кисень	>6,0	7,26	0,83	7,47	0,80	8,75	0,69	9,68	0,62
2	$БСК_5$	3,0	2,58	0,86	2,31	0,77	1,90	0,63	2,56	0,85
3	Амоній-іони	0,5	0,44	0,88	–	–	–	–	–	–
4	Нітрити	0,08	0,092	1,15	0,104	1,30	0,077	0,96	0,43	5,39
5	Хлориди	300	340,13	1,13	–	–	26,5	0,09	31,5	0,10
6	Сульфати	100	111,68	1,12	114,16	1,14	111,6	1,12	76,3	0,76
7	Амоній	0,5	–	–	0,42	0,83	0,41	0,81	0,48	0,96
8	Нітрат-іони	40,0	–	–	3,87	0,10	–	–	–	–
	∑			5,97		4,94		4,30		8,68
	Клас якості		*ІЗВ*=1,00 **ІІ клас (чиста)**		*ІЗВ*=0,82 **ІІ клас (чиста)**		*ІЗВ*=0,72 **ІІ клас (чиста)**		*ІЗВ*=1,45 **ІІІ клас (помірно забруднена)**	

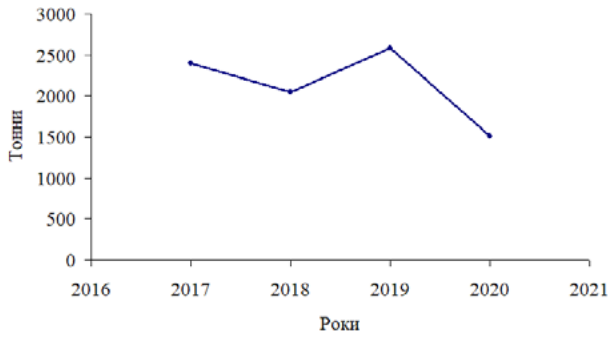


Рис. 1. Динаміка промислу риби та інших водних біоресурсів у пониззі Дністра із Дністровським лиманом та Кучурганським водосховищем

рігалося перевищення концентрацій забруднюючих речовин відносно нормативів для пониззя р. Дністер: р. Дністер – с. Маяки – за завислими речовинами, нітритами, сульфатами (сульфати та нітрити – за виключенням одного року), р. Кучурган – с. Граданиці – за $БСК_5$, завислими речовинами, сульфатами, хлоридами. У річкових водах р. Кучурган спостерігався надзвичайно високий вміст органічних речовин. Біологічне споживання кисню перевищувало ГДК більше, ніж у 2,5 рази. Ці спостереження 2020 р. вражають перевищенням умісту загального азоту в річці: від 5,16 ГДК (р. Кучурган – с. Граданиці) до 17 ГДК (р. Дністер – с. Маяки).

Надалі для постів спостереження (р. Дністер – с. Маяки, р. Кучурган – с. Граданиці) були побудовані сумісні графіки перевищення концентрацій гідрохімічних показників (нітрити, амоній, $БСК_5$, фосфати) відносно ГДК (рис. 2, 3).

Ломані криві на графіках представляють майже дзеркальне відображення графіку динаміки промислу (обсягів вилову) (рис. 1), що свідчить про наявність оберненої залежності між кількісними показниками перелічених вище гідрохімічних інгредієнтів та обсягами вилову водних біоресурсів.

Нами виконано оцінювання якості води за модифікованим індексом її забруднення [16] за нормативами поверхневих вод рибогосподарського призначення для р. Дністер – с. Маяки за 2017–2020 рр.

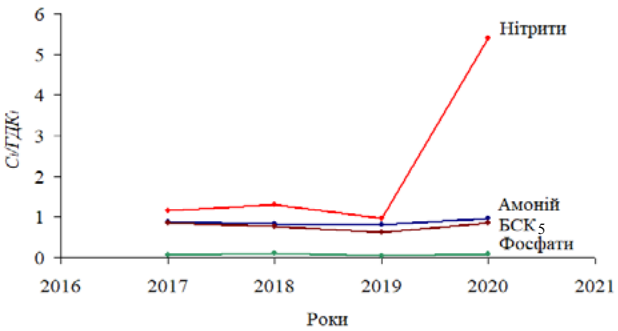


Рис. 2. Динаміка перевищення концентрацій гідрохімічних показників відносно ГДК для р. Дністер – с. Маяки (16 км від гирла)

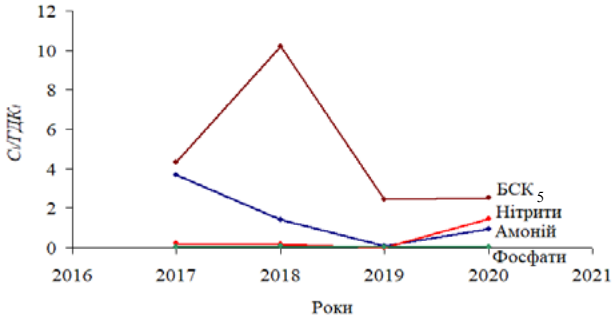


Рис. 3. Динаміка перевищення концентрацій гідрохімічних показників відносно ГДК для р. Кучурган – с. Граданиці (0 км від гирла)

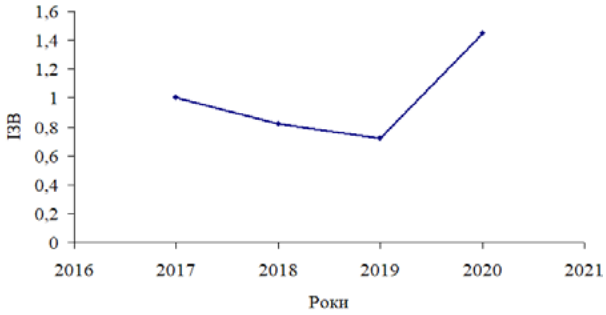


Рис. 4. Часова закономірність якості води р. Дністер – с. Маяки

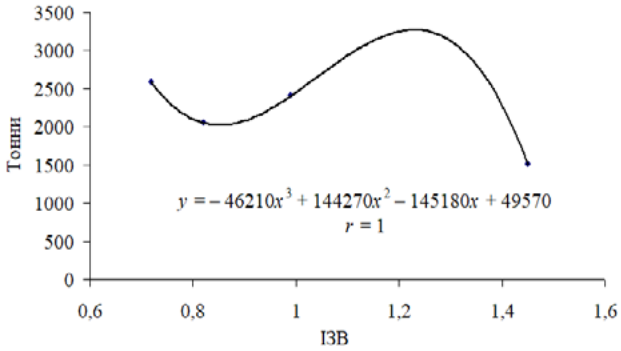


Рис. 5. Графік залежності обсягів вилову водних біоресурсів у Дністровському лимані від якості річкової води

(табл. 2). Показники якості річкової води коливаються від 0,72 (II клас, чиста) до 1,45 (III клас, помірно забруднена). Для посту спостереження р. Дністер – с. Маяки побудовано графік змінення якості води у часі (рис. 4). Ломана крива на графіку представляє майже дзеркальне відображення графіку змінення обсягів вилову (рис. 1), що свідчить про наявність оберненої залежності між якістю річкової води, яка надходить у Дністровський лиман, та динамікою промислу водних біоресурсів.

Унаслідок побудови апроксимуючої кривої за даними індексів забруднення води (*ІЗВ*) р. Дністер та обсягів вилову водних біоресурсів у Дністровському лимані отримано рівняння регресії, яке є степеневою залежністю (рис. 5).

Рівняння залежності характеризується коефіцієнтом кореляції 1,00, що свідчить про тісний зв'язок між величинами представленої вибірки.

Головні висновки. За всією різноманітністю факторів впливу на динаміку рибного промислу немає сумнівів у тому, що низька якість річкової води знижує біопродуктивність і промислову цінність водойм, в які впадають річки. Нами проаналізовано вплив антропогенного фактору, представленого річковим стоком річки Дністер, забрудненим шкідливими речовинами, на динаміку промислу (обсяги вилову) водних біоресурсів Дністровського лиману та Кучурганського водосховища. Встановлено, що якість річкової води опосередковано регулює обсяги рибного промислу.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження можуть слугувати практичним підґрунтям під час врахування впливу якості річкової води на стан водних біоресурсів морського узбережжя і регулювання обсягів рибного промислу.

Література

1. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України / За ред. Хільчевського В.К. та Сташука В.А. Київ: Ніка-Центр, 2013. 256 с.
2. Kobets V., Bystriantseva A., Shakhman I. GIS based model of quotas regulation and its impact on the extraction of ecosystems' natural resources and social welfare. In CEUR Workshop Proceedings. 2018. P. 151-166.
3. Бушуєв С.Г, Снігірьов С.М. Організація рибальства у нижньому Дністрі і Дністровському лимані (аналітичний огляд). *Морський екологічний журнал.* 2020. № 1. С. 53-63.
4. Снігірьов С.М., Леончик Е.Ю., Бушуєв С.Г. Сучасний стан водних біоресурсів і рибальства в нижньому Дністрі й у Дністровському лимані. *Морський екологічний журнал.* 2020. № 2. С. 60-71.
5. Червонокнижний осетер російський: що варто знати про цей вид риби. Управління державного агентства рибного господарства в Хмельницькій області. URL: http://khm.darg.gov.ua/_chervonoknizhnij_oseter_0_0_0_743_1.html (дата звернення: 08.04.2020).
6. Червонокнижна севрюга звичайна: що варто знати про цей вид риби. Управління державного агентства рибного господарства в Хмельницькій області. URL: http://khm.darg.gov.ua/_chervonoknizhna_sevrjuga_0_0_0_700_1.ht (дата звернення: 08.04.2020).
7. Лобода Н.С, Шахман І.О. Методика розрахунку річного стоку річок Нижнього Подніпров'я в умовах недостатності даних спостережень. *Вісник Одеського державного екологічного університету.* 2006. Вип. 2. С. 200-207.
8. 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.

9. Шахман І.О, Лобода Н.С. Обгрунтування стратегії водогосподарських заходів на території Нижнього Подніпров'я в умовах глобального потепління. *Український гідрометеорологічний журнал.* 2010. №6. С. 210-216.
10. Shakhman I., Bystriantseva A. 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.
11. Український В.В., Коморін В.М., Комарова Л.Г. Комплексна оцінка впливу природних та антропогенних факторів на стан морського середовища України: звіт про науково-дослідну роботу. Т. VI. Одеса, 2018. 102 с.
12. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. Державне агентство водних ресурсів України. URL: http://monitoring.davr.gov.ua/Reporting/ViewReports/ViewReport?id=393 (дата звернення: 01.04.2020).
13. Інформація про обсяги вилову – за видами риб у розрізі водойм, адміністративних одиниць, річкових басейнів. Єдиний державний портал відкритих даних. URL: https://data.gov.ua/dataset/2534ef2f-44b7-4a2c-80a0-398400db9244 (дата звернення: 01.04.2020).
14. Промислове рибальство. Державне агентство рибного господарства. URL: https://darg.gov.ua/_promislove_ribaljstvo_0_229_menu_0_1.html (дата звернення: 01.04.2020).
15. Клименко М.О., Вознюк Н.М., Вербецька К.Ю. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод. *Наукові доповіді НУБіП України.* 2012. №8(30). URL: http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf (дата звернення: 01.04.2020).
16. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ: Ніка-Центр, 2001. 262 с.

УДК 504.062
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.9

ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЇ І РЕАЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ – ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Валовой О.І, Валовой М.О., Афанасьєв В.В.
Криворізький національний університет
вул. В. Матусевича, 11, 50036, м. Кривий Ріг
valovojua@gmail.com

Висвітлено інформацію з питань екології та охорони навколишнього середовища у гірничодобувній промисловості і питання дослідження відходів гірничодобувної промисловості Кривбасу з подальшим їх використанням у промисловому, цивільному та транспортному будівництві.

Видобуток і переробка корисних копалин негативно впливають на навколишнє середовище. Щоб уникнути негативного впливу розробки корисних копалин на природне середовище, необхідно застосовувати цілий комплекс технологічних, технічних, організаційних, біологічних та інших заходів.

Так, на сьогодні в Україні промисловими відходами відчужується до 6 тис. га земельних ділянок. Щороку тільки відходи збагачення залізних руд становлять 70–90 млн тонн. На п'яти гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу із загального обсягу видобутої гірничої маси у вигляді товарної сировини використовується лише 30%, інша йде у відвали.

Це створює серйозну небезпеку для екологічного стану регіонів України й особливо Кривбасу. Проблеми використання промислових відходів вимагають невідкладного вирішення.

Властивості бетонів на заповнювачах із кварцово-залізистого піску – відходах ГЗК – досліджувалися на будівельному факультеті КНУ та у Дніпропетровській філії НДІБВ. Вивчення технологічних особливостей збагачених відходів показало вплив їх якості на властивості бетонної суміші й тужавілого бетону. Відходи збагачення можна застосовувати у будівництві як дрібний заповнювач для бетонів і розчинів.

За результатами аналізу досліджень основних фізико-механічних характеристик бетонів на дрібних відходах ГЗК можна зробити висновок, що за міцністю та деформативними властивостями зазначені бетони не поступалися, а за деякими параметрами навіть перевершили традиційні бетони на кварцовому піску.

Розглянуто роботу конструкцій на відходах порівняно з конструкціями із традиційних бетонів, а також досвід їхнього впровадження в будівництво. Доведена можливість широкого застосування відходів гірничорудної та металургійної промисловості для виготовлення повноцінних залізобетонних виробів.

Комплексне використання природної сировини і відходів виробництва сприяє підвищенню рівня забезпечення будівництва матеріалами та виробами, раціональному розміщенню продуктивних сил, зменшенню витрат на геологорозвідувальні і пошукові роботи й, отже, забезпечує загалом підвищення ефективності капітальних вкладень в будівництво та його матеріально-технічну базу.

Перехід залізорудних комбінатів на маловідходне виробництво забезпечить їм стабільність доходів насамперед завдяки згладжуванню коливань попиту на основну продукцію. Використання для виробництва будівельних матеріалів та конструкцій залізистих кварцитів, шлакових відходів збагачення, піску, щебеню, а також суглинків і червоно-бурих глин із розкривних пухких порід дозволить створити нові робочі місця, розвинути дорожню інфраструктуру, використовувати частину продуктів переробки для рекультивації зайнятих відвалами земель. *Ключові слова:* екологія та охорона навколишнього середовища, гірничодобувна промисловість, комплексне використання, відходи виробництва.

Environmental issues and usage of waste – prospects for the development of the mining industry. Valovoi A., Valovoi M., Afanasiev V.

The article contains information on ecology and environmental protection in the mining industry as well as on the issues related to the study of waste from the mining industry of Kryvbas with its subsequent use in industrial, civil and transport construction.

Mining and processing of minerals have a negative impact on the environment. To avoid the negative impact of mineral development on the natural environment, it is necessary to apply a whole range of technological, technical, organizational, biological and other measures.

So today in Ukraine, up to 6 thousand hectares of land plots are occupied by industrial waste. Every year, iron ore processing alone adds 70–90 million tons of waste. At five mining and processing plants of Kryvbas, only 30% of the total volume of extracted rock mass is used in the form of commercial raw materials, the rest goes to dumps.

This poses a serious danger to the ecological state of the regions of Ukraine and, especially, Kryvbas. The problems of usage of industrial waste require urgent solutions.

The properties of concretes based on aggregates made of quartzous and ferruginous sand – waste of mining and processing plant – were studied at the construction faculty of Kryvyi Rih National University and at the Dnepropetrovsk branch of the State Enterprise Research Institute of Construction Production. The study of technological features of enriched waste showed the influence of its quality

on the properties of concrete mix and hardened concrete. Enrichment waste can be used in construction as a fine aggregate for concrete and mortars.

Based on the results of the analysis of studies of the main physical and mechanical characteristics of concretes on small waste of mining and processing plant, it can be noted that in terms of strength and deformative properties, these concretes were not inferior, and in some parameters they were better than traditional concretes on quartz sand.

The article considers the work of waste-based structures in comparison with traditional concrete structures, as well as the experience of their implementation in construction. The possibility of widespread use of mining and metallurgical industry waste for the manufacture of full-fledged reinforced concrete products is proved.

The integrated use of natural raw materials and production waste contributes to an increase of the level of provision of construction with materials and products, rational allocation of productive forces, reduction of the cost of geological exploration, and, consequently, provides a general increase in the efficiency of capital investments in construction and its material and technical base.

The transition of iron ore plants to low-waste production will provide them with stability in income, primarily by smoothing out fluctuations in demand for basic products. The use of ferruginous quartzites, processing waste slag, sand, crushed stone, as well as loam and red-brown clays from uncovered soft ground for the production of building materials, products and structures will create new jobs, develop road infrastructure, and use the part of processed products for recultivation of land occupied by dumps. *Key words:* ecology and environmental protection, mining industry, integrated use, production waste.

Постановка проблеми. Видобуток і переробка корисних копалин здійснюють негативний вплив на навколишнє середовище. Підземна розробка родовищ призводить до порушення поверхні, виснаження запасів підземних вод, забруднення атмосфери викидами із шахти різних газів і шкідливого пилу, забруднення водойм шахтними водами тощо. Під час видобутку корисних копалин відкритим способом під гірничі відвали відчужуються значні площі земель сільськогосподарського і лісогосподарського призначення. Внаслідок проведення відкритих гірничих робіт не тільки порушується земна поверхня з утворенням земель, непридатних для повторного господарського застосування без виконання певного комплексу відновлювальних заходів, а й змінюються гідрогеологічні та мікрокліматичні умови місцевості. Великої шкоди природі завдають також відходи дробильних і збагачувальних фабрик. Щоб уникнути негативного впливу розробки корисних копалин на природне середовище, необхідно застосовувати цілий комплекс технологічних, технічних, організаційних, біологічних та інших заходів.

На сьогодні в Україні промисловими відходами відчужується до 6 тис. га земельних ділянок. Щороку тільки відходи збагачення залізних руд становлять 70–90 млн тонн. На п'яти гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу із загального обсягу видобутої гірничої маси у вигляді товарної сировини використовується лише 30%, інша йде у відвали. Загалом у відвалах і хвостосховищах цих комбінатів накопичилося понад 400 млн м^3 мінеральних відходів. У середньому гірничо-збагачувальні комбінати Кривого Рогу щороку складають у відвали 15–20 млн м^3 безрудних кварцитів.

Це створює серйозну небезпеку для екологічного стану регіонів України й особливо Кривбасу. Проблеми використання промислових відходів вимагають невідкладного вирішення.

Актуальність дослідження. У районах гірничодобувної промисловості зазвичай відбуваються інтенсивні перетворення природного середовища, що завдають йому певної шкоди. Це відчуження територій, потрібних для сільського господарства, під виконання гірничих робіт, гідрогеологічні та геохімічні зміни, забруднення шкідливими речовинами і хімічними елементами ґрунту та водойм, зміна мікроклімату тощо. Внаслідок проведення гірничих робіт виникає цілий комплекс небажаних перетворень навколишнього середовища, які визначаються переважно двома групами факторів. До першої групи належить порушення поверхні над відпрацьованими площами родовищ, до другої – формування в районі проведення гірничих робіт породних відвалів. Всі інші чинники є наслідком зазначених двох груп факторів. Їхній вплив на стан навколишнього середовища здебільшого визначається загальною системою заходів раціонального використання земних надр і повноти вилучення корисних копалин.

Останніми роками у сфері охорони навколишнього середовища проводилося комплексне оцінювання впливу гірничої промисловості на довкілля. Були складені якісні класифікації, що відображають причини і характер порушень елементів природного середовища внаслідок проведення гірничих робіт. Наприклад, причини, що викликають порушення навколишнього середовища, можуть поділятися на геомеханічні, гідрогеологічні, хімічні, фізико-механічні та термічні. Однак наразі економічна й екологічна ситуація в гірничодобувних регіонах перебуває у критичному стані. Це зумовлено великими втратами сировини під час видобутку, величезними обсягами відходів і низьким ступенем застосування маловідходних і ресурсозаощаджувальних технологій, що особливо актуально для Криворізького басейну, на території якого накопичено понад 2,5 млн м^3 розкривних порід і понад 1 млрд м^3 відходів збагачення. Гірничодобувні підприємства займають понад 450 км^2, а відвали – більше 200 км^2 землі, яка могла б використовуватися в сільському господарстві.

В регіоні Кривбасу накопичилися величезні запаси відходів гірничорудної промисловості – окислених залізистих кварцитів. Дотепер їх кількість становить близько 500 млн тонн, і цей обсяг постійно збільшується.

Використання окислених залізистих кварцитів доцільне замість дорогих будівельних матеріалів – щебеню і піску високої якості. Тому найбільш перспективним, що забезпечує безвідходне виробництво в Кривбасі, є виготовлення залізобетонних конструкцій із бетонів на відходах, а також використання їх у дорожньому і транспортному будівництві, тим паче, що в багатьох областях країни спостерігається гострий дефіцит як кварцового піску, так і гранітного щебеню.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Забруднення природного середовища, виснаження деяких видів мінеральної сировини, ресурсів прісної води, скорочення площі родючих земель призводять до порушення сприятливої рівноваги у природі. Все це викликає необхідність вжиття попереджувальних та активних заходів із виключення або зменшення негативних наслідків впливу людини на природу [1–4].

Висвітлено інформацію з питань екології й охорони навколишнього середовища у гірничодобувній промисловості та питання дослідження відходів гірничодобувної промисловості Кривбасу з подальшим їх використанням у промисловому, цивільному та транспортному будівництві. Розглянуто дефіцит якісних дрібних заповнювачів і нагальну економічну необхідність комплексного використання відходів гірничо-збагачувальних комбінатів, а також доцільність вирішення цієї проблеми на відповідній науковій основі [5–7].

Властивості бетонів на заповнювачах із кварцово-залізистого піску досліджувалися на будівельному факультеті КНУ та в Дніпропетровській філії НДІБВ. Вивчення технологічних особливостей збагачених відходів показало вплив їхньої якості на властивості бетонної суміші й тужавілого бетону. Так, у роботах Г.Н. Бондаренко досліджені технологічні особливості збагачених відходів та виявлено їхній вплив на властивості бетонної суміші і затверділого бетону. Розроблено технологію гідрокласифікації відходів ГЗК, що дозволяє отримувати кілька різновидів матеріалів у вигляді штучних пісків різної крупності [8; 9].

У результаті проведених в роботах Г.Т. Стороженко експериментальних досліджень із залізобетонними балками і стойками з бетону М200 на дрібному заповнювачі з відходів ГЗК виявлено особливості роботи цих конструкцій під навантаженням [10–13].

О.І. Валовой проводив експериментальні дослідження бетонних і залізобетонних конструкцій за повторних навантажень. Досвід застосування залізобетонних конструкцій із бетонів на відходах ГЗК за складних змінних експлуатаційних впливів показав їх високу ефективність і надійність. Виробничі випробування конструкцій підтвердили правильність запропонованих методів розрахунку [14–18].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Науково-технічний прогрес відкриває не тільки нові шляхи для задоволення потреб людини, а й створює нові можливості для збереження і відновлення природних умов. Однією з таких можливостей є екологізація робіт, під якою розуміють розробку і впровадження у виробництво, комунальне господарство, повсякденне життя таких технологій, котрі б за максимального отримання високої якості продукції забезпечували збереження екологічної рівноваги в навколишньому середовищі і природному кругообігу речовин та енергії, не допускали забруднення довкілля. До найважливішої сторони екологізації технологій у гірничій промисловості належить комплексне використання природних ресурсів на основі створення та впровадження способів розробки родовищ і збагачення видобутих корисних копалин, що забезпечують безвідходне або маловідходне виробництво.

У гірничій промисловості безвідходні технології повинні розвиватися за чотирма основними напрямами.

Перший із них передбачає розробку та впровадження технологічних процесів і схем, які виключають або скорочують до мінімуму відходи і викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище і забезпечують замкнене водокористування.

Другий напрям – це проєктування і впровадження систем переробки відходів виробництва і споживання.

Третій напрям полягає в розробці та впровадженні принципово нових процесів отримання традиційних видів продукції й усунення відходів.

Четвертий напрям, що забезпечує безвідходне виробництво, – створення регіональних промислових комплексів, в яких підприємства пов'язані переробкою відходів.

Новизна. Створення безвідходної технології можна реалізувати тільки в разі розробки і впровадження комплексу заходів, що включають, крім «закладки», скорочення кількості відходів під час видобутку руд і максимальне використання сировини під час переробки, а також використання відходів в інших галузях.

Лише за такого комплексного підходу можливе створення маловідходного, а в перспективі – і безвідходного, виробництва на гірничих підприємствах, що забезпечує мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище.

У зв'язку з цим важливе значення має екологічна експертиза проєктів, під якою розуміють систему комплексної оцінки всіх можливих екологічних і соціально-економічних наслідків здійснення проєктів будівництва та реконструкції великих об'єктів, зокрема і гірничорудних підприємств, спрямовану на запобігання їхньому негативному впливу на навколишнє середовище. До завдань екологічної експертизи входять розгляд на стадії проєктування документації на будівництво нових і реконструкцію чинних промислових об'єктів, комплексна експертиза можливого шкідливого впливу діяльності

таких об'єктів на стан навколишнього середовища, контроль за розробкою заходів для усунення їхнього негативного впливу на екологічні системи.

Методологічне або загальнонаукове значення. Під час проєктування і здійснення проєктів на гірничих підприємствах необхідно забезпечити комплексне вирішення питань охорони навколишнього середовища, впровадження високоефективних безвідходних технологічних схем виробництва, систем замкненого водокористування (без скидання забруднених вод), використання наукових досягнень і практики в галузі охорони природи. Необхідно екологічно обґрунтовувати вибір земельних ділянок під будівництво гірничих підприємств.

Основний напрям діяльності екологічної експертизи – вирішення проблеми охорони навколишнього середовища за умови забезпечення більш повної і комплексної переробки сировини, зменшення відходів виробництва, максимальної їх утилізації, економії земельних, водних та інших природних ресурсів. На стадії вибору будівельних майданчиків насамперед розглядається можливість використання для будівництва гірничих підприємств непридатних для сільськогосподарського використання земель або малопродуктивних угідь, можливість запобігання забрудненню земель, водойм, підземних водоносних горизонтів і повітряного басейну промисловими викидами і відходами виробництва.

Виклад основного матеріалу. На всіх гірничо-збагачувальних комбінатах способи збагачення залізних руд принципово однакові. За допомогою магнітної сепарації з послідовно подрібнюваної залізної руди видаляється порода, залишаючи максимальний відсоток заліза. Для збагачення залізистих кварцитів за допомогою методу мокрої магнітної сепарації виділяється велика кількість дрібнодисперсних відходів. Вони представляють собою суспензію твердих частинок у воді й діляться на відходи поточного виходу, які після збагачення руди не викинуто у відстійники, і хвости, що направляються гідротранспортом у сховища, де відбувається осадження твердих частинок.

На Криворіжжі видобуток і збагачення корисних руд здійснюється п'ятьма гірничо-збагачувальними комбінатами (Південним, Новокриворізьким, Північним, Центральним та Інгулецьким). Відходи поточного виходу на всіх ГЗК містять здебільшого однакову кількість зерен розміром 0,14–5 мм внаслідок однакового технологічного процесу. Гранулометричний склад хвостів мокрої магнітної сепарації змінюється в широких діапазонах.

Відходи із хвостосховищ більш грубозернисті через те, що в процесі накопичення дрібні та глинисті частинки води виносяться з відстійника, а великі – осідають у прибережній частині сховища. Середня щільність хвостів зі хвостосховищ коливається в межах 1400–1750 кг/м^3.

Петрографічне вивчення показало, що відходи гірничо-збагачувальних комбінатів представлені переважно кварцом та бідними зростками кварцу з гематитом, магнетитом і сидеритом із вкрапленням в окремих випадках вільних зерен магнетиту, гематиту та зростків рудних матеріалів. За хімічним складом ці відходи складні й неоднакові для різних гірничо-збагачувальних комбінатів.

Для більш ефективного використання хвостів збагачення залізної руди їх фракціонують. Необхідність фракціонування особливо відчувається в разі використання хвостів як дрібного заповнювача бетонів відповідних конструкцій, де потрібна висока марка бетону й виключається перевитрата цементу. Можна фракціонувати як піски після першої стадії збагачення, так і хвости із хвостосховищ. За першою методикою виділення великої фракції відходів досягають на спеціальній установці завдяки застосуванню сепараторів ПБМ-90/250, магнітних дешламаторів МД-5, гідроциклонів діаметром 360 мм і стрічкових вакуум-фільтрів Л-4. Також перспективним є обладнання з ударно-балістичною технологією, розробленою на будівельному факультеті КНУ.

Через примусове відділення грубозернистої фракції від пульпи та через зневоднення кварцово-залізистий пісок за хімічним, гранулометричним складом та фізичними властивостями характеризується відносною сталістю. Він відповідає нормативним документам і може бути застосований у будівельних розчинах і бетонах.

Технологічна схема збагачення відходів із хвостосховищ передбачає як перспективне обладнання, так і те, що серійно випускається промисловістю.

До теперішнього часу науково-дослідними інститутами, вузами та будівельними організаціями проводилось всебічне вивчення властивостей бетонів, виготовлених із відходів підприємств гірничорудної промисловості.

Властивості бетонів на заповнювачах із кварцово-залізистого піску – відходах ГЗК – досліджувалися на будівельному факультеті КНУ та в Дніпропетровській філії НДІБВ.

Результати цих досліджень дозволили зробити висновки про те, що за використання цих відходів можна створювати бетони із заданими характеристиками: середньою щільністю, міцністю, деформативністю, водонепроникністю, стиранністю, й іншими важливими в експлуатації будівельних конструкцій властивостями. Було встановлено, що міцність бетону на дрібному заповнювачі з відходів ГЗК на 13–22% вища за міцність бетону на кар'єрному або річковому кварцовому піску. Це пояснюється великою шорсткістю зерен відходів та їх підвищеною міцністю.

Середня щільність бетонів, виготовлених із відходів ГЗК, на 5%, а із залізистих кварцитів – на 30% більша, ніж звичайних бетонів. Такі матеріали з підвищеною середньою щільністю відносяться до осо-

бливо важких бетонів, які застосовуються в захисних спорудах атомних електростанцій.

Крім того, бетони на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів і залізистих кварцитів мають підвищену міцність (на 30%) і знижену деформативність (до 40%), порівняно з традиційними бетонами. Цей ефект є результатом специфічних властивостей дрібного (піску зі шламових відходів) і великого (щебеню з залізистих кварцитів) наповнювачів бетону, зокрема, великої питомої поверхні, її «рваної» структури, підвищеного вмісту заліза.

Набуття міцності бетонів на відходах відбувається швидше, ніж у традиційних цементних сумішах. Це дозволяє вводити в експлуатацію будівельні конструкції у більш ранні строки після бетонування.

До переваг бетонів на відходах ГЗК, порівняно зі звичайними бетонами, відносять також знижену усадку (на 40% менше) і повзучість (зниження до 50%). Ці характеристики дуже істотні, тому що в процесі тривалої експлуатації усадка знижує тріщиностійкість матеріалу, а повзучість збільшує деформації конструкцій: прогини, відхилення від вертикалі, зміни форми.

До недоліків бетонів на відходах можна віднести їхню підвищену жорсткість й, як наслідок, важчі умови укладання та формування. Але ці параметри можна легко скорегувати в потрібному напрямі за допомогою використання у будівництві недорогих синтетичних пластифікувальних добавок.

Попередньо напружені і звичайні (ненапружені) залізобетонні конструкції з використанням як наповнювачів відходів ГЗК можна отримувати в заводських умовах, не змінюючи технологічного процесу виготовлення. При цьому не потрібні додаткові затрати праці та капітальні вкладення.

Важливим аргументом на користь застосування відходів у серійному виробництві тримальних конструкцій (плит, ферм, балок) є те, що ці вироби не тільки задовольняють вимоги державних стандартів щодо міцності, жорсткості й тріщиностійкості, а й у багатьох випадках перевершують їх. Порівняння характеристик будівельних конструкцій показує, що у виробах на відходах вони помітно вищі, ніж у конструкціях, отриманих зі звичайних важких бетонів (за міцністю – на 20–25%, за тріщиностійкістю – на 15–20%, за деформативністю – на 30-35%).

При цьому собівартість залізобетонних плит, для виробництва яких були використані відходи гірничо-збагачувальних комбінатів, на 2,8–3,2% нижча, ніж собівартість таких же конструкцій, виготовлених із використанням кар'єрного піску і щебеню.

Головні висновки. Питання раціональної, комплексної переробки сировини, використання відходів і супутніх продуктів як джерел сировинних ресурсів для виготовлення корисної продукції мають велике значення і для нашої країни. Здебільшого це відноситься до будівництва як основного споживача різних видів матеріалів і конструкцій.

Важливе значення має вирішення соціальних питань – оздоровлення повітряного і водного басейнів, а також досягнення потрібного ефекту завдяки економії цінних сільськогосподарських земель у зв'язку з ліквідацією різних відвалів.

Комплексне використання природної сировини і відходів виробництва сприяє підвищенню рівня забезпечення будівництва матеріалами та виробами, раціональному розміщенню продуктивних сил, зменшенню витрат на геологорозвідувальні та пошукові роботи, а отже, забезпечує загалом підвищення ефективності капітальних вкладень у будівництво і його матеріально-технічну базу.

З утильної сировини можна виготовляти різні види матеріалів – стінові, оздоблювальні, теплоізоляційні, легкі наповнювачі для бетонів, в'яжучі тощо. За допомогою матеріалів, вироблених із використанням відходів промисловості і супутніх продуктів, можна покривати значну частину потреби будівництва (від 20 до 35–40%) в ресурсах.

Відходи збагачення можна застосовувати в будівництві як дрібний заповнювач для бетонів і розчинів; для приготування малоклінкерних або безклінкерних в'яжучих матеріалів; як заповнювач і мінеральний порошок в асфальтових сумішах під час укладання покриття проїжджої частини автомобільних доріг; як отощувач замість природного кварцового піску під час виробництва глиняної й автоклавної цегли. Відходи ГЗК використовують як баластний матеріал, під час виготовлення «худого» бетону і бетонного покриття за будівництва автомобільних доріг.

Водночас із правом власності на продукцію, що випускається, підприємства мають такі ж права на відходи свого виробництва.

Використання відходів має екологічний ефект прибирання забруднених територій, що дуже важливо, а також надає вигоду від застосування вторинної сировини, потрібно лише поглянути на звичні відвали по-новому, обрахувати необхідні витрати з підготовки до їхньої переробки, оцінити обсяги прибутків і зважитись на застосування їх у будівництві.

Перспективи використання результатів дослідження. Однією з умов подальшого вдосконалення природоохоронних заходів є складання єдиного кадастру ландшафтів. Складання кадастру насамперед залежить від своєчасної і науково обґрунтованої інформації. Розробка програми глобального моніторингу є складним завданням, тому що з багатьох тисяч речовин, які потрапляють в навколишнє середовище внаслідок людської діяльності, потрібно виділити такі, що мають шкідливі властивості й одночасно здатні поширюватися на великі відстані. Програма моніторингу повинна базуватися на використанні досягнень науково-технічного прогресу: автоматизованих систем контролю за станом навколишнього середовища на поверхні землі, аерокосмічних систем контролю, що надають інформацію про

зони й інтенсивність опадів, вологість ґрунту, стан сільськогосподарських культур та відходи виробництва тощо. До подібних інформаційних систем відносяться реалізовані наразі автоматизовані системи контролю забруднення повітря в містах і великих промислових об'єктах.

Комплексне використання ресурсів – це реальне подолання економічної безвиході для підприємств гірничорудної промисловості. Перехід залізорудних комбінатів на маловідходне виробництво забезпечить їм стабільність доходів насамперед завдяки згладжуванню коливань попиту на основну продукцію. Використання для виробництва будівельних матеріалів та конструкцій залізистих кварцитів, шлакових відходів збагачення, піску, щебеню, а також суглинків і червоно-бурих глин із розкривних пухких порід дозволить створити нові робочі місця, розвинути дорожню інфраструктуру, використовувати частину продуктів переробки для рекультивації зайнятих відвалами земель.

Першими кроками у цьому напрямі можуть бути виділення в структурах ГЗК хоча б порівняно самостійних виробничих підрозділів, орієнтованих на видобуток і переробку нерудної супутньої сировини, і регулювання своєї діяльності відповідно до кон'юнктури ринку.

Такі малі підприємства могли б з вигодою продавати сировину для будівельних матеріалів. А в подальшому – підвищити свою рентабельність за допомогою випуску ходових економічно доцільних будівельних конструкцій.

Паралельно необхідно прагнути до підвищення рівня проєктування розробки родовищ з урахуванням комплексного освоєння надр.

Література

1. Мосинец В.Н., Грязнов М.В. Горные работы и окружающая среда. Москва : Недра, 1978. 190 с.
2. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек. Москва : Высшая школа, 1980. 424 с.
3. Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации рудников / В.Н. Мосинец и др. Москва : Недра, 1981. 309 с.
4. Подобедов Н.С. Природные ресурсы земли и охрана окружающей среды. Москва : Недра, 1985. 237 с.
5. Виберг И.Ф. Заполнители для бетона из отходов горно-обогатительной промышленности. *Бетон и железобетон*. 1975. № 3. С. 6–7.
6. Попов Л.Н., Ипполитов Е.Н. Бетон с использованием отходов ГОКов. *Бетон и железобетон.* 1985. № 4. С. 7.
7. Зощук Н.И. Отходы ГОКов – мелкие заполнители бетона. *Бетон и железобетон*. 1985. № 4. С. 8–9.
8. Бондаренко Г.Н. Исследование кварцево-железистого сырья – отходов горно-обогатительных комбинатов, и его применение в тяжелых и ячеистых бетонах : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Днепропетровск, 1972. 28 с.
9. Бондаренко Г.Н. Обычные и высокопрочные бетоны на заполнителях из отходов ГОК. *Бетон и железобетон*. 1975. № 3. С. 10–12.
10. Стороженко Г.Т. Конструктивные элементы на местных материалах. *Будівельні матеріали і конструкції*. 1971. № 1. С. 12.
11. Железобетонные конструкции из бетона на отходах горнорудной и металлургической промышленности / Л.И. Стороженко и др. Киев : Будівельник, 1982. 72 с.
12. Василькова Г.А., Стороженко Г.Т. Бетоны на основе отходов горно-обогатительных комбинатов. *Будівельні матеріали і конструкції*. 1970. № 6. С. 8–9.
13. Шевченко Б.Н. Исследование прочности и деформативности предварительно напряженных железобетонных элементов, изготовленных из бетонов на мелких заполнителях – отходах горно-обогатительных комбинатов : автореф. дисс. … канд. техн. наук : 05.23.01. Киев, 1980. 20 с.
14. Валовой А.И. Влияние кратковременных переменных нагрузок на прочность, деформативность и трещиностойкость железобетонных элементов из бетонов на отходах обогащения железных руд : автореф. дисс. … канд. техн. наук. Киев : КИСИ, 1980. 20 с.
15. Valovoi A., Koval P., Eremenko A., Valovoi M., Volkov S. (2018) "Durability of beams with hybrid reinforcement from metal and basalt fiber reinforced polymer (BFRP) armature". MATEC Web of Conferences 230, 02035. DOI: 10.1051/matecconf/201823002035.
16. Valovoi A., Eremenko A., Valovoi M., Volkov S. (2019) "Research of the Deflections of Beams Reinforced with BFRP Armature and Hybrid Reinforcement Using Metal and BFRP Armature". *Actual Problems of Engineering Mechanics*: Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. Vol. 968. P. 301–308. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.968.301.
17. Valovoi A., Eremenko A., Valovoi M, Volkov S. (2020) "Crack resistance and width of crack opening of beams with hybrid reinforcement using BFRP and metal armature". *Actual Problems of Engineering Mechanics*: Key Engineering Materials. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. Vol. 864. P. 149–157. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.864.149.
18. Валовой О.І., Єрьоменко О.Ю., Валовой М.О. Корозійна стійкість бетонів на заповнювачах із відходів металургійної промисловості. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. 2016. Вип. 32. С. 15–22.

УДК 502:504
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.10

ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ЗРОШУВАЛЬНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Ільїна В.Г.[1], **Чугай А.В.**[1], **Солошич І.О.**[2]
[1]Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса
[2]Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Полтавська область
avchugai@ukr.net

Запаси поверхневих вод в Одеській області розподілені нерівномірно. Забезпеченість підземними водами становить близько 30%. Зрошування сільськогосподарських угідь протягом багатьох років водою з підвищеною концентрацією радіонуклідів призводить до накопичення їх в ґрунтах. Отримання високих і стійких урожаїв в Одеській області для більшості сільськогосподарських культур можливе тільки за умови використання режиму зрошення. Із зрошувальними водами у ґрунтово-рослинний покрив надходить значна кількість радіонуклідів, які затримують процеси росту та розвитку рослин і погіршують їхню екологічну чистоту.

У роботі визначено показники режиму зрошення для районів Одеської області з урахуванням видів сільськогосподарських культур, що вирощуються. Крім того, враховано вплив сольового складу зрошувальних вод на накопичення радіонуклідів у сільськогосподарській продукції. Урахування комплексу факторів щодо якісних показників зрошувальних вод, загального екологічного стану водних об'єктів, способів зрошування дозволяє розробити оптимальні режими зрошення для різних районів Одеської області. Найбільші зрошувальні масиви знаходяться на територіях, де вирощують овочеві культури, картоплю і рис, найменші – кукурудзу на зерно та зернові культури.

Найпоширенішим методом зрошення є дощування. Водночас ефективність його застосування не перевищує 40%. Найефективнішим є крапельне зрошення, але цей метод є найбільш вартісним.

Склад зрошувальних вод суттєво впливає на якість сільськогосподарської продукції, зокрема на накопичення в ній радіонуклідів. Гідрохімічний склад поливної води суттєво впливає на надходження радіонуклідів у рослини. Збільшення мінералізації поливної води знижує перехід ^{89}Sr у рослини. Отримані результати оцінки факторів формування продуктивності агроекосистем можуть враховуватися під час реалізації заходів, що містяться у Стратегії зрошення і дренажу в Україні, з урахуванням особливостей землеробства в окремих районах Одеської області. *Ключові слова:* зрошення, продуктивність агроекосистем, сільськогосподарська продукція.

Factors of formation of agroecosystems productivity of the Odessa region in the conditions of irrigative agriculture. Ilina V., Chugai A., Soloshych I.

Surface water reserves in the Odessa region are unevenly distributed. Groundwater supply is about 30%. Irrigation of agricultural lands for many years with water with high concentrations of radionuclides leads to their accumulation in soils. Obtaining high and stable yields in the Odessa region for most crops is possible only with the use of irrigation. With irrigation water, a significant amount of radionuclides enters the soil and vegetation cover, which delays the processes of plant growth and development and impairs their ecological purity. The paper defines the indicators of the irrigation regime for the districts of Odessa region, taking into account the types of crops grown. The influence of salt composition of irrigation waters on the accumulation of radionuclides in agricultural products is also taken into account. The basis for the development of optimal irrigation regimes for different areas of Odessa Region is the consideration of complex factors on quality indicators of irrigation water, the overall ecological status of water bodies, irrigation methods. The largest irrigated areas are confined to areas where vegetables, potatoes and rice are grown, the smallest are used for corn and grain crops. The most common method of irrigation is sprinkling. The efficiency of its application does not exceed 40%. Drip irrigation is the most effective, but this method is the most expensive. The composition of irrigation water significantly affects the quality of agricultural products, including on the accumulation of radionuclides. The hydrochemical composition of irrigation water significantly affects the supply of radionuclides to plants. Increasing mineralization of irrigation water reduces the transition of ^{89}Sr to plants. The results on the evaluation factors of productivity of agroecosystems can be considered in the implementation of the measures contained in the Strategy irrigation and drainage in Ukraine, taking into account the characteristics of farming in some areas of Odessa region. *Key words:* irrigation, productivity of agroecosystems, agricultural products.

Постановка проблеми. Водні ресурси Одеської області складаються із запасів підземних і поверхневих вод. Запаси поверхневих вод розподілені нерівномірно. Північна та центральна частини території області характеризуються обмеженими запасами води, а південна й західна частини, що знаходяться поруч із басейнами р. Дністер і Дунай, мають великі її запаси. На території Одеської області нині розташовано майже 6 тисяч артезіанських свердловин та 193 шахтних колодязі. Водночас забезпеченість підземними водами, зокрема питної якості, загалом в області становить близько 30% [1].

Актуальність дослідження. Зрошування сільськогосподарських угідь протягом багатьох років водою з підвищеною концентрацією радіонуклідів призводить до накопичення їх у ґрунтах. У таких умовах разом із некореневим надходженням радіонуклідів у сільськогосподарські рослини все більшого значення набуває кореневий шлях засвоєння. Водночас основні закономірності кореневого засвоєння радіонуклідів рослинами на зрошуваних угіддях практично не відрізняються від таких для богарного землеробства з тією лише різницею, що на процеси метаболізму речовин у рослинах впливає вода.

В умовах Одеської області можна отримувати високі і стабільні врожаї більшості сільськогосподарських культур тільки за умови використання режиму зрошення. Із зрошувальними водами у ґрунтово-рослинний покрив надходить значна кількість радіонуклідів, які затримують процеси росту та розвитку рослин і погіршують їх екологічну чистоту.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Ця робота відповідає основним напрямкам реалізації Одеської регіональної комплексної програми з охорони довкілля на 2020–2021 роки в частині відновлення і покращення екологічного стану водних об'єктів Одеської області [2], а також державній політиці України щодо розвитку зрошувальних систем на півдні України в рамках розширення програми «Велике будівництво», Розпорядженню Кабінету Міністрів України № 1567-р від 21.10.2020 р. «Про затвердження плану заходів із реалізації Стратегії зрошення і дренажу в Україні на період до 2030 року» [3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розвитку зрошуваного землеробства в Україні розглядається з різних аспектів. Зокрема, в роботі [5] представлено результати досліджень з організації та управління виробничим процесом на зрошуваних землях півдня України, у роботі [6] автором розглянуто шляхи відтворення зрошення задля забезпечення сталості виробництва сільськогосподарської продукції в умовах змін клімату. За останні роки також актуальними є роботи щодо оцінки іригаційних властивостей окремих водних об'єктів з урахуванням якісних показників [7–9].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У нашій роботі визначено показники режиму зрошення для районів Одеської області з урахуванням видів сільськогосподарських культур, які вирощуються. Крім того, враховано вплив сольового складу зрошувальних вод на накопичення радіонуклідів у сільськогосподарській продукції.

Методологічне або загальнонаукове значення. Врахування комплексу факторів щодо якісних показників зрошувальних вод, загального екологічного стану водних об'єктів, способів зрошування дозволяє розробити оптимальні режими зрошення для різних районів Одеської області. Важливим складником є також аналіз особливостей землеробства в окремих районах області.

Викладення основного матеріалу. Режим зрошення є важливим фактором, який впливає на якість сільськогосподарської продукції. У табл. 1 представлені основні показники режиму зрошення в районах Одеської області.

Таблиця 1

Показники режиму зрошення в районах Одеської області

Райони	Політо		Кратність поливу, разів	Поливна норма, м³/га	% поливу від прогнозованої площі
	площа, га	полив, га			
Болградський	81/15	518/20	6,4/1,3	352/340	75/75
Ізмаїльський	103/0	502/0	4,9/0	273/0	100/0
Кілійський	309/422	1268/422	4,1/1,0	504/1000	100/84
Татарбунарський	711/175	4853/245	6,8/1,4	393/538	102/100
Білгород-Дністровський	88/76	1399/93	15,9/1,2	331/241	100/76
Овідіопольський	2295/483	10213/483	4,5/1,0	377/400	63/100

Примітка: чисельник – овочі; знаменник – багаторічні трави.

За даними таблиці 1, найбільші зрошувальні території відведені під овочеві культури, картоплю і рис, найменші – зайняті кукурудзою на зерно та зерновими культурами. Крім того, в таблиці 1 наведені значення кратності поливів, що дозволяє розробити режим зрошення. Найбільша кількість поливів припадає на овочеві та бахчеві культури, а також на рисові чеки. Для озимих культур важливими є поливи в початкові періоди розвитку рослин, коли відбувається інтенсивний ріст біомаси. Найбільша площа зрошення розташована в Овідіопольському районі, де вирощують овочеві культури. В інших районах області вирощують зернові й технічні культури.

Основні показники режиму зрошення загалом в Одеській області представлені в табл. 2.

За даними табл. 2, найбільші зрошувальні території виділені для вирощування овочевих культур, картоплі та рису, найменші – зайняті кукурудзою на зерно та зерновими культурами. За значенням кратності поливів найбільша поливна норма застосовується за вирощування рису.

Таблиця 2

Показники режиму зрошення в Одеській області

Назва культур та угідь	Полито		Кратність поливу, разів	Поливна норма, м^3/га	% поливу від прогнозованої площі
	площа, га	полив, га			
Всього с/г угідь	22448	60702	2,7	1292	83
Зернові:					
всього, в т.ч.	10868	20291	1,9	3118	79
озимі культури	4983	4983	1,0	435	99
кукурудза на зерно	1465	3607	2,5	434	92
рис	3641	10881	3,0	5440	100
Овочі	7738	33835	4,4	369	85
Картопля	7619	26553	3,5	399	153
Кормові культури					
всього, в т.ч.	1334	1421	1,1	602	84
багаторічні трави	1176	1263	1,1	628	92
Технічні культури	1193	2620	2,2	380	88

Таблиця 3

Порівняльна характеристика способів зрошення

Показники способів поливу	Одиниці вимірювання	Кількість
Дощування	Га	21584
Поверхневий спосіб	Га	12551
Крапельне зрошення	Га	4408

Таблиця 4

Вплив гідрохімічного класу зрошувальної води на накопичення ^{89}Sr у зерні озимої пшениці у за зрошування дощуванням у фазу цвітіння нормою 500 м^3/га

Гідрохімічний клас зрошувальної води	Мінералізація, мг/дм^3	Концентрація ^{89}Sr, відносні одиниці	
		вегетативна маса після поливу	зерно
Гідрокарбонатно-натрієвий	490	330	3,0
Гідрокарбонатно-кальцієвий	300	180	4,5
Хлорідно-натрієвий	880	190	5,5
Сульфатно-натрієвий	780	70	1,0

Таблиця 5

Вплив мінералізації поливної води на накопичення ^{89}Sr у рослинах кукурудзи під час зрошення дощуванням, кБк/кг повітряно-сухої маси

Гідрохімічний клас води	Мінералізація, мг/ дм^3	Наземна маса відразу після поливу	У період збору врожаю	
			наземна маса	кукурудза
Сульфатно-натрієвий	150	326	13,0	11,5
	780	41	17,0	0,70
	2900	52	13,0	0,60
Хлорідно-натрієвий	880	141	78	4,1
	1260	122	51	2,6
	3000	100	74	2,6

Найпоширенішим методом зрошення є дощування (табл. 3). Цей метод найменш матеріало- і капіталоємний, коефіцієнт його ефективності становить 30-40%. Поверхневий спосіб можна застосувати для рослин, які мають незначну площу листової поверхні. Найефективнішим є крапельне зрошення, але цей метод є найбільш матеріалоємним.

Іонний склад, *pH* води і вміст суспензій впливають на рухливість радіонуклідів у системі «вода-рослина» внаслідок утворення різних за рухливістю хімічних сполук. Гідрохімічний клас природної поливної води та її мінералізація суттєво впливають на надходження радіонуклідів у рослини, зокрема ^{89}Sr. Водночас первинна сорбція ^{89}Sr (питома активність рослин відразу після висихання рослин) і його накопичення в сільськогосподарській продукції у 2-5 разів зменшуються в разі поливу водою сульфатно-натрієвого класу порівняно з поливом водою інших класів (табл. 4).

Цей ефект пов'язаний насамперед з утворенням сульфату стронцію – слаборозчинної та біологічно менш рухомої сполуки порівняно з його гідрокарбонатом. Подібні закономірності забруднення рослин відмічені й для ^{137}Cs.

Підвищення мінералізації поливної води також призводить до двократного зниження надходження ^{89}Sr в рослини озимої пшениці як відразу після поливу, так і в період збирання врожаю, що також пов'язано зі збільшенням кількості іонів, які конкурують у процесі сорбції. У разі поливу сільськогосподарських культур дощуванням (водою різного гідрохімічного складу та різного ступеня мінералізації) рівень забруднення врожаю ^{137}Cs може різнитися в 2-5 разів. Інтенсивність втрат ^{89}Sr рослинами внаслідок змиву атмосферними опадами коливається.

Накопичення ^{89}Sr в рослинах кукурудзи також залежить від хімічного складу води і ступеня її мінералізації, що підтверджено отриманими нами результатами, представленими в табл. 5.

Збільшення мінералізації поливної води знижує перехід ^{89}Sr в рослини. Відмінності в накопиченні цього радіонукліду є суттєво більшими у випадках, коли зрошення проводиться ультрапрісною і слабко солонуватою або солонуватою водою (150, 780 та 2900 мг/дм^3 відповідно).

Головні висновки. У роботі представлено аналіз факторів формування продуктивності агроекосистем із застосуванням режиму зрошування. На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

1. В Одеській області отримання високих і стійких урожаїв для більшості сільськогосподарських культур можливе тільки за умови використання режиму зрошення. Проте забезпеченість водними ресурсами області є нерівномірною.
2. Найбільші зрошувальні масиви відведені для вирощування овочевих культур, картоплі й рису, найменші – кукурудзи на зерно та зернових культур.
3. Найпоширенішим методом зрошення є дощування. Водночас ефективність його застосування не перевищує 40%. Найефективнішим є крапельне зрошення, але цей метод є найбільш вартісним.
4. Склад зрошувальних вод суттєво впливає на якість сільськогосподарської продукції, зокрема на накопичення в ній радіонуклідів.

Перспективи використання результатів досліджень. Отримані результати оцінки факторів формування продуктивності агроекосистем можуть використовуватися під час реалізації заходів, зазначених у Стратегії зрошення та дренажу в Україні, з урахуванням особливостей землеробства в окремих районах Одеської області.

Література

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2019 році. Одеса, 2020. 239 с.
2. Електронний ресурс. URL: https://ecology.odessa.gov.ua/files/ecology_ portal/doc/2021/Region-Programm/147-viii_odes_ka_reg_onal_na_kompleksna_programa_z_ohoroni_dovk_llya_na_2020_2021_rr_v_d_16_04_2021.pdf (дата звернення: 21.07.2021).
3. Електронний ресурс. URL: https://me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=dcfba1c7-e5c0-400d-89d1-591da625c360&title=UriadBudePosiliuvatiRozvitokZroshenniaNaPivdniUkraini-Petrashko (дата звернення: 21.07.2021).
4. Електронний ресурс. URL: https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-z-realizaciyi-strategiyi-zroshennya-ta-drenazhu-s211020 (дата звернення: 21.07.2021).
5. Коковіхін С.В., Танклевська Н.С., Кириченко Н.В. Інноваційні підходи до розвитку зрошуваних меліорацій на локальному та регіональному рівнях. *Ефективна економіка.* 2013. № 6. Електронний ресурс. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2103 (дата звернення: 21.07.2021).
6. Ромащенко М.І. Концептуальні засади відновлення зрошення у південному регіоні України. *Меліорація і водне господарство.* 2013. № 100 (1). С. 7-17.
7. Сафранов Т.А., Юрасов С.М., Вербова А.С. Мінералізація поверхневих вод як показник придатності для іригаційних цілей (на прикладі окремих водних об'єктів Одеської області). *Екологічна безпека*. 2019. № 2 (28). С. 69-74.
8. Студёнова Е.С., Юрасов С.Н. Ирригационные свойства вод Одесской области. *Екологічні науки*. № 5 (32). 2020. С. 159-163.
9. Yurasov S.M., Kuzmina V.A., Karaulov V.D. Irrigative Assessment of Sasyk Water Quality. *Environmental problems*. 2021. Vol. 6, No 2. P. 69-77.

УДК 574.5: 930: 737
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.11

СТОРІНКИ ІСТОРІЇ МОРСЬКОЇ БІОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ В МЕДАЛЬЄРНОМУ МИСТЕЦТВІ

Барштейн В.Ю., Блюм Я.Б.
Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки
Національної академії наук України»
вул. Осиповського, 2-А, 04123, м. Київ
ba19vik@gmail.com, cellbio@cellbio.freenet.viaduk.net

Дослідження історії науки спираються останнім часом не лише на писемні джерела, а й на речові (або матеріальні), зокрема, на об'єкти, які вивчаються спеціальними історичними дисциплінами: фалеристикою (нагородні медалі, нагрудні знаки відзнаки, значки та жетони), нумізматикою (монети, настільні медалі), філателією (знаки поштової оплати, зокрема, марки, етикетки, штемпелі, а також конверти і поштові картки), боністикою (паперові грошові знаки) тощо. У статті досліджено об'єкти нумізматики – настільні медалі Італії, Франції, Німеччини, Швеції, Монако, США та Португалії, присвячені морським біологам та екологам цих країн, а також Японії й України. Коротко проаналізована наукова діяльність дослідника середземноморських ракоподібних та молюсків Джузеппе Саверіо Полі; знавця риб і китів Бернара-Жермена-Етьєна де ла Віль-сюр-Ілона де Ласепеда; протистолога Крістіана Ґоттфріда Ернберга; знавця кишковопорожнинних, червів, молюсків, ракоподібних і голкошкірих Свена Людвіга Ловена; океанографа та еколога Альбера I; дослідника реброплавів Карла Фрідріха Хуна; знавця безхребетних Іва Делажа; дослідника морських огірків Едгара Еруара; морського біолога Жана Батиста Франсуа Рене Кьолера; зоолога Луї Руля; морського біолога-аматора Імператора Сьова; океанографа Моріса Альфреда Фонтена; біологині та еколога Рейчел Луїз Карсон; дослідника Світового океану Жак-Іва Кусто; гідробіолога та іхтіолога, спеціаліста з проблем охорони природи Ювеналія Петровича Зайцева; гідроеколога Бориса Георгійовича Александрова; морського еколога та біолога Луіса Віейра Калдаса Салданьї. Деякі наведені у статті імена та відомості відсутні у спеціалізованих біографічних виданнях і можуть доповнити наступні публікації. Більшість досліджених медалей введені у науковий обіг вперше. *Ключові слова:* морський біолог, морський еколог, настільна медаль.

Pages of the history of marine biology and ecology in medallic art. Barshteyn V., Blume Ya.
Investigations on the history of science is based, recently, not only on written sources, but also on material sources, which are the objects that are studied by the special historical disciplines: faleristics (award medals, badges and tokens) , numismatics (coins, art medals), philately (postage stamps, labels, as well as postal envelopes, postcards), bonistics (paper banknotes), etc. Objects of special historical discipline, numismatics – art medals of Italy, France, Germany, Sweden, Monaco, USA and Portugal, dedicated to marine biologists and ecologists of these countries, as well as Japan and Ukraine have been studied. Briefly analyzed scientific activity of: Mediterranean crustaceans and mollusks researcher Giuseppe Saverio Poli, fish and whales connoisseur Bernard Germain Étienne de Laville-sur-Illon, comte de Lacépède, protistologist Christian Gottfried Ehrenberg, connoisseur of Coelenterata, worms, mollusks, crustaceans and echinoderms Sven Ludwig Lovén, oceanographer and ecologist Albert I, Ctenophora researcher Carl Friedrich Chun, invertebrate expert Yves Delage, sea cucumber researcher Edgard Joseph Émile Hérouard, marine biologist Jean Baptiste François René Koehler, zoologist Louis Roule, marine biologist-amateur Emperor Shōwa, oceanographer Maurice Alfred Fontaine, biologist and ecologist Rachel Louise Carson, World ocean researcher Jacques-Yves Cousteau, hydrobiologist and ichthyologist, ecologist Juvenalij Petrovich Zaitsev, hydroecologist Boris Georgievich Alexandrov, marine ecologist and biologist Luiz Vieira Caldas Saldanha. Some of the names and information given in the article are not available in specialized biographical publications and may supplement subsequent publications. A number of studied medals were introduced into scientific circulation for the first time. *Key words:* marine biologist, marine ecologist, art medal.

Постановка проблеми. Останнім часом зростає інтерес до використання як об'єктів для дослідження історії науки речових (матеріальних) джерел, що вивчаються спеціальними історичними дисциплінами: фалеристикою, нумізматикою, філателією, боністикою тощо [1].

Актуальність дослідження. Настільні медалі здатні надати нову інформацію для вивчення історії морської біології та морської екології.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Раніше нами було простежено науковий шлях Томаса Ханта Моргана (англ. Thomas Hunt Morgan, 1866–1945 рр.) та Миколи Івановича Вавілова (1887–1943 рр.) за допомогою настільних медалей і філателістичної продукції [2; 3], настільні медалі добре ілюструють наукові досягнення відомих ентомологів та об'єкти їхніх досліджень [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Низка публікацій, в яких в науковий обіг було введено медалі і жетони, присвячена морським біологам та екологам: швейцарському й американському іхтіологу, гляціологу, палеонтологу та геологу Жану Луї Родольфу Агассізу (фр. Jean Louis Rodolphe

Рис. 1. Медаль Д.С. Полі (аверс)

Рис. 2. Медаль Д.С. Полі (реверс)

Agassiz, 1807–1893 рр.) [5], видатному англійському природознавцю, автору теорії еволюції та співавтору принципів природного добору Чарльзу Роберту Дарвіну (англ. Charles Robert Darwin, 1809–1882 рр.) [6], німецькому морському біологу та автору терміна «екологія» Ернсту Генріху Філіппу Августу Геккелю (нім. Ernst Heinrich Philipp August Haeckel, 1834–1919 рр.) [7].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Деякі імена відомих учених відсутні в спеціальних біографічних виданнях [8], якими автори користувались.

Новизна. Історія морської біології та екології в медальєрному мистецтві не досить висвітлена, тому мета цієї роботи – дослідження і введення в науковий обіг настільних медалей, присвячених морським біологам й екологам, є актуальною.

Методологічне або загальнонаукове значення. У роботі були використані як загальнонаукові (історичний, логічний), так і спеціальні (предметно-хронологічний, ретроспективний) методи досліджень. Загальнонаукове значення статті – поповнення історичних відомостей про життя і наукову діяльність морських біологів та екологів.

Виклад основного матеріалу. Природно, що перед тим, як вивчати, за словами Е. Геккеля, «…відносини організмів з навколишнім середовищем…» [7], зусилля вчених були зосереджені на дослідженні представників морської фауни і флори.

Основоположником дослідження молюсків вважають людину різнобічних наукових інтересів, відомого італійського натураліста Джузеппе Саверіо Полі (італ. Giuseppe Saverio Poli, 1746–1825 рр.). Він здобув медичну освіту в Падуї та відвідував лекції з природничих наук. Після закінчення університету Д. Полі працював лікарем та збирав зразки флори і фауни. Він був обізнаним нумізматом, колекціонером монет і медалей. Жага до знань та поповнення колекцій змусила його вирушити до інших університетів Італії. Д. Полі став відомим у науковому світі та отримав запрошення очолити кафедру фізики в Королівській військовій академії в Неаполі. Пізніше йому запропонували посаду завідувача кафедри фізики в лікарні для невиліковних. Цей заклад був не лише лікарнею, а й справжнім дослідницьким центром. Король Обох Сицилій Фердинанд II призначив Д. Полі вихователем свого сина. Підтримка королівського двору дозволила вченому допомагати науковцям, ботанічному саду, якому він подарував власні рослини, та зосередити свою увагу на морських дослідженнях середземноморських ракоподібних і молюсків. Результати його наукових доробків були опубліковані у трьох томах фоліо «Testacea utriusque Siciliane eorumque istoria et anatome tabulis aeneis» (1781–1826 рр.). Серед фундаментальних праць Д. Полі – шеститомна книга «Elementi di fisica sperimentale, 6 voll., Stella, Venezia, 1793–1794 рр.» («Елементи експериментальної фізики»).

Слід зауважити, що Д. Полі був професором експериментальної фізики Неаполітанського університету. Дослідник був обраний дійсним членом багатьох академій в Італії і за кордоном.

У 1999 р. була створена італійська настільна медаль (ø 60 мм, бронза, автор – Teruggi, компанія-виробник – Stefano Johnson), присвячена Д. Полі. Аверс (рис. 1) – профільний портрет ученого; реверс (рис. 2) засвідчує його наукові інтереси: вздовж краю медального поля вказана назва роботи про молюсків, у центрі – зображення ергометра Полі.

Сучасник Д. Полі Бернар-Жермен-Етьєн де ла Віль-сюр-Ілона де Ласепед (фр. Bernard Germain Étienne de Laville-sur-Illon, comte de Lacépède, 1756–1825 рр.) був французьким зоологом (іхтіологом, орнітологом, герпетологом), політиком, письменником, композитором і фізиком. Перші його праці з природної історії привернули до себе в 1781 р. увагу видатного натураліста Жорж-Луї Леклерка де Бюффона (фр. Georges-Louis Leclerc de Buffon, 1707–1788 рр.), автора «Природничої історії» в 36 томах. Б.-Ж.-Е. Ласепед прийняв пропозицію Бюффона працювати над класифікацією плазунів і риб для «Природничої історії». Посада куратора королівської колекції в Jardin des plantes (Саду рослин) сприяла роботі над цією класифікацією.

Згодом Б.-Ж.-Е. Ласепеда було призначено завідувачем відділу зоології Національного музею природознавства в Парижі. Після смерті Бюффона зав-

Рис. 3. Медаль де Ласепеда (аверс)

Рис. 4. Медаль де Ласепеда (реверс)

дяки зусиллям самого Б.-Ж.-Е. Ласепеда вийшло ще 8 томів «Природничої історії» (5 томів були присвячені рибам, 1798–1803 рр.). Розділ, що досліджував китів, був надрукований у 1804 р. Державна служба забирала все більше часу в науковця: у 1799 р. він став сенатором, у 1801 р. був обраний президентом сенату, в 1803 р. став першим Великим канцлером ордену Почесного легіону, а у 1804 р. був призначений міністром.

Б.-Ж.-Е. Ласепед приділяв достатньо уваги масонській діяльності. Саме цій діяльності вченого присвячена французька медаль (ø 41,8 мм, бронза, автор – Peuvrier, 1829 р.). На аверсі медалі (рис. 3) – профільний портрет ученого, на реверсі (рис. 4) – напис, котрий свідчить про те, що Б.-Ж.-Е. Ласепед був членом Великої ложі Франції.

Видатний німецький натураліст Крістіан Ґоттфрід Ернберг (нім. Christian Gottfried Ehrenberg, 1795–1876 рр.) був одним із найвідоміших, різнобічних та продуктивних науковців свого часу: зоологом (ентомологом, орнітологом), ботаніком (мікологом, фікологом), палеонтологом, анатомом, геологом, викладачем університету, мандрівником-дослідником.

К. Ернберг вивчав медицину в Лейпцигу та Берліні, у 1818 р. захистив дисертацію, присвячену грибам. Він був запрошений стати членом академії Леопольдини. За рекомендацією видатного вченого-енциклопедиста Александера фон Гумбольдта (нім. Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander von Humboldt, 1769–1859 рр.) К. Ернберг взяв участь в експедиції на Близький Схід (1820–1825 рр.), під час якої він зібрав тисячі зразків рослин і тварин. Також вчений досліджував корали на узбережжі Червоного моря. Основною сферою діяльності К. Ернберга була протистологія. Він дослідив явище фосфоресценції моря і довів, що вона виникає завдяки живим організмам.

Німецька медаль (ø 62,5 мм, бронза, автор – Weigand, 1868 р.) присвячена 50-річчю отримання Ернбергом докторського ступеня. На аверсі (рис. 5) – профільний портрет ученого, на реверсі (рис. 6) – напис латиною.

Саме Крістіан Ґоттфрід Ернберг переконав стати морським біологом Свена Людвіга Ловена (швед. Sven Ludwig Lovén, 1809–1895 рр.). С. Ловен – шведський морський зоолог та малаколог, отримав ступінь магістра в Лундському університеті (1829 р.) і залишився там працювати доцентом зоології.

Перше вагоме дослідження з біології моря, яке опублікував С. Ловен у 1835 р., було присвячене мікроскопічним ракоподібним. Він продовжував вивчати планктон до кінця своєї наукової кар'єри. С. Ловен здійснив кілька подорожей Норвегією, західним берегом Швеції і Фіннмарком, очолював першу наукову експедицію на о. Шпіцберген (1836–1837 рр.). У 1841 р. С. Ловен очолив відділ безхребетних у Музеї природничої історії Стокгольма, був обраний членом Стокгольмської академії. Він вивчав будову та історію розвитку кишковопорожнинних, червів, молюсків, ракоподібних і голкошкірих. У 1846 р. С. Ловен опублікував «Index Molluskcorum» – найбільш повний на той час опис

Рис. 5. Медаль К.Ґ. Ернберга (аверс)

Рис. 6. Медаль К.Ґ. Ернберга (реверс)

Рис. 7. Медаль С.Л. Ловена (аверс)

Рис. 8. Медаль С.Л. Ловена (реверс)

молюсків. Він описав 174 морських види молюсків, багато з яких стали синонімами. С. Ловен був обраний дійсним членом Лондонського королівського товариства, Петербурзької академії наук, Шведської королівської академії наук, Американської академії мистецтв і наук, Пруської академії наук, Леопольдини і Баварської академії наук.

Срібна настільна медаль (ø 31 мм, автор – Lindberg, Швеція) була створена в 1903 р. На аверсі (рис. 7) – профільний портрет ученого, на реверсі (рис. 8) – вітрильник у полярних водах.

40 років провів у морі князь Монако Альбер I (фр. Albert-Honore Grimaldi, 1848–1922 рр.). Будучи офіцером, він служив в іспанському та французькому флотах, брав участь у франко-пруській війні в 1870 р.

Із 70-х рр. XIX ст. почалося захоплення Альбера I новою на той час наукою – океанографією. Він вивчав океанічні течії в Атлантиці, насамперед Гольфстрім, створив 4 метеостанції на Азорських островах як елементи мережі раннього попередження та відстеження. У 1896 р. Альбер I брав участь у дослідженні банки принцеси Аліси біля Азорських островів. Князь керував відбором проб планктону на поверхню з глибини 5 тис. м. Альберу I також приписують підтримку досліджень, що вели до ізоляції і виявлення нейротоксину в жалючих клітинах *Physalia physalis* (португальського кораблика, або фізалії). Альбер I підтримував багато організацій. У 1910 р. його зусиллями в Монако було створено Музей океанографії, який він надалі спонсорував. У цьому музеї розташована приватна колекція князя і чудовий акваріум. Учений організував у Парижі Інститут палеонтології людини. Результати наукових подорожей були опубліковані в журналі, заснованому Альбером I. Тож, без перебільшення, князя можна назвати відомим екологом. Значну увагу він приділяв розумному використанню ресурсів океану. Альбер I ініціював введення обмежень на вилов китів та інших тварин, невтомно виступав за чисте використання морів і попереджав про небезпеку забруднення та його наслідки для океанічного біому. Дослідник був членом різних наукових товариств й академій [9].

Серед медалей, присвячених князю Монако Альберу I, слід відзначити срібну медаль (ø 50 мм, Монако), на аверсі якої зображено профільний портрет князя (рис. 9), а на реверсі – герб князівства (рис. 10).

Німецький морський біолог, зоолог Карл Фрідріх Хун (нім. Carl Friedrich Chun, 1852–1914 рр.) навчався в Геттінгенському та Лейпцизькому університетах (вивчав зоологію), працював у Лейпцигу, Неаполі, Кенігсбергу і Вроцлаві, отримав звання професора біології в 1892 р. Монографія про ребероплавів (Ctenophora), яка стала результатом роботи в Неаполі, принесла К. Хуну світове визнання. Сферою його наукових інтересів була глибоководна фауна, яку він досліджував за допомогою саморобних замикальних сіток на узбережжях Корсики, Далмації та Канарських островів. К. Хун був ініціатором та очолив німецьку глибоководну експедицію (1 липня 1898 р. – 1 травня 1899 р.) на дослідниць-

Рис. 9. Медаль Альбера I (аверс)

Рис. 10. Медаль Альбера I (реверс)

Рис. 11. Медаль К.Ф. Хуна (аверс)

Рис. 12. Медаль К.Ф. Хуна (реверс)

кому судні «Вальдівія». Біолог відвідав низку островів у морях Субантарктики, зокрема, о. Буве та о. Кергелен, вивчаючи головоногих і планктон. Понад 70 вчених працювали над обробкою колекційного матеріалу експедиції, а повна публікація наукової доповіді в 24 томах тривала до 1940 р.

У 1902–1903 рр. К. Хун обіймав посаду президента Німецького зоологічного товариства. З 1898 р. він був дійсним членом Саксонської академії наук, із 1905 р. – членом-кореспондентом Баварської академії наук. У 1906 р. дослідника обрали головою Товариства німецьких природознавців та лікарів. К. Хун відкрив та описав унікального глибоководного головоногого молюска – пекельного вампіра (*Vampyroteuthis infernalis*). Бестселером стала книга вченого «З глибин океану» (нім. Aus den Tiefen des Weltmeeres, 1900 р.).

Карлу Фрідріху Хуну та його експедиції присвячена бронзова медаль (ø 60 мм, автор – Paul Sturm, Німеччина, 1909 р.). Профільний портрет ученого розташований на аверсі медалі (рис. 11) та русалка з експедиційним обладнанням в оточенні риб – на реверсі (рис. 12).

Французький зоолог Ів Делаж (фр. Yves Delage, 1854–1920 рр.) здобув освіту в галузях медицини та природничих наук. У 1878 р. він був призначений директором лабораторії морської біології у Сорбонні в Роскофі, на узбережжі Ла-Маншу. В своїй першій науковій праці І. Делаж описав систему кровообігу ракоподібних. Працюючи в Роскофі, він закінчив докторантуру з медицини у 1880 р. та з природничих наук у 1881 р. Зберігаючи свою посаду директора лабораторії і професора зоології Сорбонни, І. Делаж до кінця життя залишався на узбережжі Ла-Маншу. Основні його праці присвячені морфології різних груп безхребетних. Коли вчений розпочав вивчення губок, більшість біологів не була впевнена, чи є вони справді тваринами. І. Делажу вдалося домогтися розвитку морського їжака від штучного запліднення ікри до дорослого стану.

У 1924 р. скульптор Франсуа-Леон Сікар створив бронзову плакету (76,5 мм х 58 мм, Франція) – мініатюрну версію пам'ятника, присвяченого І. Делажу, на біологічній станції Роскофа. На аверсі Ів Делаж досліджує морських їжаків (рис. 13). На реверсі розміщено напис «Інавгурація пам'ятника, встановленого на честь Іва Делажа, у Роскофі 10 серпня 1924 р.» (рис. 14).

І. Делаж був одним із вчителів французького морського біолога Едгара Еруара (фр. Edgard Joseph Émile Hérouard, 1858–1932 рр.). Е. Еруар розпочав свою роботу як препаратор в Університеті Сорбонни у 1889 р., захистивши докторську дисертацію в 1890 р., яка була присвячена дослідженню морських огірків (*Holothurioidea*) на узбережжі Франції. З 1895 р. обійняв посаду керівника практичної роботи із зоології (chef des travaux pratiques de zoologie) на факультеті наук. У 1902 р. Е. Еруар став заступником директора біологічної станції в Роскофі. Він брав участь в експедиції князя Монако Альбера I на борту яхти «Princesse Alice» («Принцеса Аліса») у 1896 р. Е. Еруар керував зоологічним товариством Франції

Рис. 13. Плакета І. Делажа (аверс)

Рис. 14. Плакета І. Делажа (реверс)

Рис. 15. Плакета Е. Еруара (аверс)

Рис. 16. Плакета Е. Еруара (реверс)

в 1904 р., у 1910 р. отримав звання ад'юнкт-професора, а в 1921 р. – професора «без кафедри».

Бронзова плакета (72 мм х 62 мм, автор – Palma d'Annunzio Daillon, Паризький монетний двір, Франція), присвячена Е. Еруару, була створена у 1932 р. На аверсі – профільний портрет ученого (рис. 15), на реверсі – Е. Еруар займається мікроскопічним дослідженням (рис. 16).

Французький морський біолог, зоолог Жан Батист Франсуа Рене Кьолер (фр. Jean Baptiste François René Koehler, 1860–1931 рр.) став досить відомим завдяки своїм дослідженням голкошкірих (*Echinodermata*). Р. Кьолер вивчав медицину і зоологію в Нансі. У 1889 р. він почав працювати на факультеті наук Ліона, у 1894 р. був обраний завідувачем кафедри зоології. Р. Кьолер взяв участь у низці морських експедицій, зокрема, в експедиції до Біскайської затоки на шхуні «Caudan», експедиції князя Альбера I на яхті «Принцеса Аліса» тощо. У 1911 р. Р. Кьолер був обраний президентом зоологічного товариства Франції.

Р. Кьолеру та його експедиції до Біскайської затоки на шхуні «Caudan» присвячена плакета, створена L. Bertola (80 мм х 68 мм, бронза, Франція) у 1931 р. (в рік смерті вченого). Профільний портрет професора – на аверсі плакети (рис. 17), русалка з сіткою, наповненою голкошкірими, та відповідний напис, присвячений експедиції, – на реверсі (рис. 18).

Ранні дослідження французького зоолога Луї Руля (фр. Louis Roule, 1861–1942 рр.) стосувались переважно безхребетних. Докторська дисертація, яку Л. Руль захистив у 1884 р. в Парижі, була присвячена асцидіям (*Ascidiacea*) узбережжя Провансу. В 1910 р. він став завідувачем кафедри зоології (рептилій та риб) у Національному музеї природознавства в Парижі й обіймав цю посаду до 1937 р. Л. Руль також керував лабораторією іхтіології у практичній школі вищих досліджень. Він мав можливість провести інвентаризацію великих колекцій морських зразків і зосередився на іхтіології. Л. Руль проаналізував колекції князя Монако Альбера I, зразки, отримані в антарктичних експедиціях Жана Батіста Шарко (фр. Jean-Baptiste Etienne Auguste Charcot, 1867–1936 рр.). Л. Руль був першим вченим, який описав *Holcomycteronus profundissimus*, вид риби, знайдений на глибині понад 6 км.

Міжнародна комісія з наукових досліджень Середземного моря (Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée) нагородила Л. Руля на своєму засіданні в Монако іменною медаллю (ø 80 мм, бронза). До речі, Україна наразі є членом цієї комісії. На аверсі медалі (рис. 19) – карта Середземномор'я, по краю – назва комісії, зверху і внизу карти – написи «MONACO» і «L. ROULE». На реверсі (рис. 20) – профільний портрет Одіссея та напис грецькою мовою, що перекладається, як «Божественний Одіссей».

Морським біологом-аматором був Імператор Сьова (прижиттєве ім'я – Хірохіто, 1901–1989 рр.), 124-й імператор Японії, який правив з 1926 р. по 1989 р. Він дуже цікавився морською біологією і був добре обізнаний у цій науці. Імператор проводив

Рис. 17. Плакета Р. Кьолера (аверс)

Рис. 18. Плакета Р. Кьолера (реверс)

Рис. 19. Медаль Л. Руля (аверс)

Рис. 20. Медаль Л. Руля (реверс)

дослідження у власній резиденції в Токіо, в якій з 1920-х рр. розташовувалась біологічна лабораторія. Кілька наукових праць були опубліковані під ім'ям Хірохіто. Імператор описав декілька десятків видів гідрозоїв, нових для науки.

Низка настільних медалей, на яких зображений Імператор Хірохіто, пов'язана з його офіційними міжнародними візитами. У 1971 р. на честь візиту імператора та імператриці Кодзюн до Парижа M. Bosc створив, а Паризький монетний двір виготовив медаль (ø 68, мідь, Франція). Портрети імператора та імператриці – на аверсі медалі (рис. 21), Тріумфальна арка в Парижі – в центрі реверсу (рис. 22), над нею – зображення імператорської печатки.

Видатний французький біолог Моріс Альфред Фонтен (фр. Maurice Alfred Fontaine, 1904–2009 рр.) навчався на факультеті природничих наук і фармації у Парижі. Ступінь доктора біологічних наук він отримав у 1930 р. До початку війни з Німеччиною та після поразки Франції М.А. Фонтен працював у Сорбонні. Він спеціалізувався на вивченні гормонів і нервових імпульсів у риб. М.А. Фонтен був одним із перших, хто виступив за уникнення скорочення рибних ресурсів океану. В 1943 р. він став професором Національного музею природознавства, а з 1966 р. по 1970 р. був його директором. Із 1955 р. М.А. Фонтен – профессор Паризького океанографічного інституту, посаду директора якого він обіймав з 1957 р. по 1968 р. та з 1975 р. по 1984 р. М.А. Фонтен обирався дійсним членом низки французьких академій, очолював і брав участь у міжнародних організаціях та проєктах.

Сфера наукових інтересів вченого – порівняльна фізіологія, екофізіологія, біологічна океанографія. Він займався дослідженням біології деяких водних видів, зокрема, *Petromyzon marinus* (морської міноги), *Conger conger* (морського вугра звичайного, або європейського), *Salmo* (лосося) тощо. М.А. Фонтен увів термін «морська молізмологія», щоб позначити нову науку, покликану вивчати забруднення морів, пов'язані з діяльністю людини.

У 1978 р. французький скульптор Roger Baron створив настільну медаль (ø 68 мм, бронза, Паризький монетний двір, Франція), на аверсі якої розміщено профільний портрет ученого, а по краю медального поля – його титули: дійсний член Академії наук Франції та Академії медицини (рис. 23). На реверсі медалі (рис. 24) – цікава композиція з морського пейзажу, риб та основних наукових інтересів вченого (порівняльної фізіології, екофізіології, морської молізмології), по краю реверсу розташовані назви установ, з якими було пов'язане життя М.А. Фонтена (Національний музей природознавства та Паризький океанографічний інститут).

Американська біологиня та еколог Рейчел Луіз Карсон (англ. Rachel Louise Carson, 1907–1964 рр.) була дуже успішною письменницею, яка поєднувала наукову точність із поетичним описом живої природи. Це стосується насамперед її книги «Море навколо нас» (1951 р.). Всесвітню популярність Р. Карсон принесла книга «Мовчазна весна»

Рис. 21. Медаль Імператора Сьова (аверс)

Рис. 22. Медаль Імператора Сьова (реверс)

Рис. 23. Медаль М.А. Фонтена (аверс)

Рис. 24. Медаль М.А. Фонтена (реверс)

(1962 р.), присвячена шкідливій дії пестицидів на живі організми. У 1935 р. Р. Карсон почала працювати в американському Бюро рибного господарства сценаристом наукових радіопрограм, а пізніше – молодшим гідробіологом. Вона стала писати статті для журналів та газет, книги. Її роботи сприяли розвитку екологічних рухів у США та інших країнах.

Серед медалей американської серії «100 найвидатніших жінок в історії США» є і срібна медаль, присвячена Р. Карсон. Але є і медаль 2020 р. (70 мм, бронза, автор – Don Everhart, Американська нумізматична асоціація). Портрет в анфас Р. Карсон на тлі пейзажу (гори, поле та водойма з метеликом, орлом, оленем, рибами) – на аверсі (рис. 25). На реверсі (рис. 26) – орлан білоголовий (*Haliaeetus leucocephalus*), який вихопив із водойми лосося.

Наступний дослідник Світового океану, француз Жак-Ів Кусто (фр. Jacques-Yves Cousteau, 1910–1997 рр.), також був письменником, автором відомих книг «У світі безмовності» (1953 р.), «Живе море» (1963 р.), «Життя та смерть коралів» (1971 р.), «Могутній володар морів» (1972 р.), «Дельфіни» (1975 р.), «Світ океану» (1985 р.) тощо. Він був також фотографом, режисером низки фільмів, винахідником (співрозробником акваланга, розробником турбовітрил).

Ж.-І. Кусто закінчив Французьку військово-морську академію, служив у флоті. З 1950 р. він проводив дослідження у відкритому океані та підводні зйомки, використовуючи орендований корабель «Каліпсо» (фр. Calypso), обладнаний мобільною лабораторією. З 1957 р. по 1988 р. Ж.-І. Кусто очолював океанографічний музей Монако. Ним заснована некомерційна організація з охорони морського середовища «Фонд Кусто».

Внеском Ж.-І. Кусто в біологічну науку можна, зокрема, вважати припущення про здатність дельфінів *Phocoena phocoena* (фоцена звичайна, морська свиня, пихтун) до ехолокації. Це припущення базувалося на спостереженнях дослідника за поведінкою фоцен. Ж.-І. Кусто був обраний дійсним членом Французької академії.

Профільний портрет капітана Кусто прикрашає аверс французької медалі (ø 90 мм, бронза, автор – R. Duboc), на реверсі зображене дослідницьке судно «Каліпсо» (рис. 27).

Питанням гідробіології та іхтіології присвятив свою наукову діяльність відомий український вчений, академік НАН України (1997 р.), доктор біологічних наук, заслужений діяч науки і техніки України (2003 р.), лауреат державної премії України в галузі науки і техніки (2013 р.) та премії ім. І.І. Шмальгаузена НАН України Ювеналій Петрович Зайцев (1924–2020 рр.). Ю. П. Зайцев закінчив біологічний факультет Одеського університету (1949 р.). З 1972 р. і до 1989 р. був керівником Одеського відділення Інституту біології південних морів НАН України (тепер – Інститут морської біології НАН України).

Ю.П. Зайцев вивчав морські екосистеми, Чорне море, проблеми охорони природи, біологію контурних ділянок моря (на його межах з атмосферою,

Рис. 25. Медаль Р. Карсон (аверс)

Рис. 26. Медаль Р. Карсон (реверс)

Рис. 27. Медаль Ж.-І. Кусто (аверс і реверс)

суходолом і річками) з позицій охорони і відтворення живих ресурсів, антропогенні зміни у морських екосистемах. Він довів існування нейстонного комплексу організмів і показав його важливе значення в житті водойми та в кругообігу речовин у природі [10].

Серед відзнак Ю.П. Зайцева – «Кришталева медаль» (рис. 28), почесна нагорода Секретаріату Міжнародної чорноморської комісії із захисту Чорного моря від забруднення (Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution) за видатний внесок в охорону Чорного моря.

Такою ж відзнакою (рис. 29) був нагороджений учень Ю.П. Зайцева – доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, директор Інституту морської біології НАН України (м. Одеса) Борис Георгійович Александров (1958–2019 рр.). Б.Г. Александров закінчив Одеський університет ім. І.І. Мечникова за спеціальністю «Біологія» у 1980 р. У 1988 р. захистив кандидатську дисертацію «Екологічні аспекти розподілу та розвитку личинкових стадій організмів перифітону північно-західної частини Чорного моря», а у 2002 р. – докторську «Гідробіологічні основи управління станом прибережних екосистем Чорного моря». Б.Г. Александров був керівником Одеського філіалу Інституту біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України (1994–2014 рр.), а після реорганізації філії – дирек останнього свого подиху.

Творча дружба з Ю.П. Зайцевим тривала понад 40 років. Подальший розвиток у науковій роботі Б.Г. Александрова отримала запропонована Ю.П. Зайцевим концепція контурних (контактних) ділянок моря. Серед найважливіших робіт Б.Г. Александрова – гідроекологічний моніторинг української частини дельти Дунаю, дослідження біологічного забруднення водних систем, вивчення видів вселенців Чорного моря і прісноводних водойм, дослідження відносин одноклітинних і багатоклітинних організмів екотонів біоциклів Азово-Чорноморського регіону. Б.Г. Александров був учасником і керівником багатьох міжнародних програм, організацій, експедицій [11].

Піонером португальської морської біології був Луіс Віейра Калдас Салданья (порт. Luiz Vieira Caldas Saldanha, 1937–1997 рр.). Він навчався на факультеті наук Лісабонського університету. Докторська дисертація Л. Салданьї була присвячена екології тварин узбережжя Аррабіди. З 1970 р. і до смерті він був професором факультету наук Лісабонського універ-

Рис. 28. Медаль Ю.П. Зайцеву

Рис. 29. Медаль Б.Г. Александрову

Рис. 30. Медаль Л. Салданьї (аверс)

Рис. 31. Медаль Л. Салданьї (реверс)

ситету, викладав біологічну океанографію та іхтіологію. Л. Салданья був президентом Національного інституту рибогосподарських досліджень та Інституту моря. Він брав участь у низці міжнародних дослідницьких проєктів. Його наукові інтереси були зосереджені на галузі морської екології та біології. Л. Салданья був дуже талановитою людиною, чудово фотографував, малював акварелі, колекціонував олов'яних солдатиків, модифікував їх, створюючи невеликі діорами, брав участь та отримував призи на виставках [12].

Португальська медаль (ø 80 мм, бронза, 1999 р.) присвячена Луісу Салданьї. На аверсі (рис. 30) – портрет в анфас ученого на тлі морських глибин, на реверсі (рис. 31) розташований напис CNUDM (Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, Конвенція ООН з морського права, в 1994 р. була прийнята додаткова Угода про здійснення частини XI Конвенції), День моря 16 листопада 1999 р.

Головні висновки. Досліджені і введені в науковий обіг матеріальні історичні джерела – настільні медалі Італії, Франції, Монако, Німеччини, США, Португалії, що стосуються історії морської біології та екології.

Перспективи використання результатів дослідження. Деякі наведені у статті відомості відсутні в спеціалізованих біографічних виданнях і можуть бути введені в наступні публікації.

Література

1. Барштейн В.Ю. Новая функция специальных исторических дисциплин. *Исторические исследования* : матер. междунар. науч. конф. Уфа, 2012. С. 76–79.
2. Блюм Я.Б., Барштейн В.Ю. Томас Хант Морган в экзонумии и филателии. К 150-летию со дня рождения. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2016. Том 19. С. 8–13.
3. Блюм Я.Б., Барштейн В.Ю. Николай Иванович Вавилов в медальерном искусстве и филателии. К 130-летию со дня рождения. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Том 20. С. 356–362.
4. Barshteyn V. Entomologists and insects in the world medallic art. *Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences* : monograph / U. Kempińska et al. Riga, 2020. P. 1. P. 1–17.
5. Барштейн В.Ю. Памятники материальной культуры в преподавании зоологии. *Современные зоологические исследования в России и сопредельных странах* : матер. II междунар. науч.-практ. конф. памяти М.А. Козлова. Чебоксары, 2012. С. 22–25.
6. Блюм Я.Б., Барштейн В.Ю. Ювілей Чарльза Дарвіна у медальєрному мистецтві. *Вісник Національної академії наук України*. 2009. № 2. С. 51–55.
7. Барштейн В.Ю., Круподьорова Т.А. Історія екології та екологічна освіта. *Актуальні проблеми дослідження довкілля* : збірник наук. праць VIII міжнар. наук. конф. Суми, 2019. С. 304–308.
8. Биологи: биографический справочник / отв. ред. Ф.Н. Серков. Киев, 1984. 814 с.
9. Charton B. A to Z of Marine Scientists (Notable Scientists). New York, 2003. 230 p.
10. До 95-річчя Ювеналія Зайцева / Одеська національна наукова бібліотека : вебсайт. URL: http://odnb.odessa.ua/view_post.php?id=2414 (дата звернення: 09.04.2021).
11. Борис Георгиевич Александров / ДУ «ІМБ НАН України». Буклет. URL: http://www.imb.odessa.ua (дата звернення: 09.04.2021).
12. Re P., Almeida A.J., Biscoito M. Luiz Vieira Caldas Saldanha. Passion for the Sea. *Boletim do Museu Municipal do Funchal*. 2001. Sup. N 6. P. 5–13.

УДК 577.151.6:582.573.16
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.12

ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ В ТКАНИНАХ *ELODEA CANADENSIS* ПІД ВПЛИВОМ ПОЛЮТАНТІВ ГІДРОСФЕРИ

Боброва М.С.[1], Голодаєва О.А.[2], Коваль С.Ю.[3], Мовчан С.В.[1]
[1]Центральноукраїнський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка
вул. Шевченка, 1, 25006, м. Кропивницький
kazna4eeva@gmail.com, serg.movchan015@gmail.com;
[2]Київський міжнародний університет
вул. Львівська, 49, 03179, м. Київ
elena.gologaeva@gmail.com;
[3]Міжнародний європейський університет
пр. Академіка Глушкова, 42, 03187, м. Київ
kovalsyu@gmail.com

У статті здійснено порівняльний аналіз впливу полютантів гідросфери на рівень вільнорадикального перекисного окиснення макромолекул та вміст ферментних і низькомолекулярних антиоксидантів у тканинах *Elodea canadensis Rich*. Розкрито біохімічне підґрунтя впливу щоразу більшої концентрації NO_3^- та Pb^{2+}-іонів на рослинний гомеостаз. Наголошено на значенні прооксидантно-антиоксидантної системи як індикатора впливу стресових факторів на організм. Підкреслена необхідність визначення змін прооксидантно-антиоксидантного потенціалу тканин рослин під впливом щоразу більшої концентрації полютантів як для забезпечення рослинного гомеостазу, так і для моніторингу безпеки екологічного стану гідросфери. За допомогою експерименту досліджено вплив зміни показників прооксидантно-антиоксидантної системи у тканинах *Elodea canadensis* залежно від зростання концентрації NO_3^--іонів та Pb^{2+}-іонів. Рівень вільнорадикального перекисного окиснення ліпідів визначали за концентрацією малонового діальдегіду. Оцінку рівня антиоксидантного захисту здійснювали за активністю ферментних антиоксидантів (супероксиддисмутази та каталази) і за концентрацією низькомолекулярних (аскорбінової кислоти та глютатіону) антиоксидантів. За результатами експерименту визначено, що іони Pb^{2+} мають значно потужнішу прооксидантну активність, порівняно з NO_3^-; каталаза є більш стійкою, порівняно із супероксиддисмутазою, до дій щоразу більшої концентрації NO_3^- та Pb^{2+}; будь-яке підвищення концентрації Pb^{2+} призводить до стрімкого зниження активності супероксиддисмутази; глютатіон має потужніший антиоксидантний ефект і більш стійкий до зростання концентрації Pb^{2+}, порівняно з аскорбіновою кислотою; аскорбінова кислота проявляє більшу антиоксидантну дію і є стійкішою до зростання концентрації NO_3^-, порівняно з глютатіоном; низькомолекулярні антиоксиданти є більш стійкими до впливу щоразу більшої концентрації NO_3^- та Pb^{2+}, порівняно з ферментними. *Ключові слова:* полютанти, прооксиданти, антиоксиданти, супероксиддисмутаза, каталаза, аскорбінова кислота, глютатіон, малоновий діальдегід.

Features of change of value of indicators of prooxidant-antioxidant system in *Elodea canadensis* tissues under the influence of hydrosphere polyutants. Bobrova M., Holodaieva O., Koval S., Movchan S.

The article compares the effect of hydrosphere pollutants on the level of free radical peroxidation of macromolecules and the content of enzymatic and low molecular weight antioxidants in the tissues of *Elodea canadensis Rich.* The biochemical basis of the influence of increasing concentration of NO_3^- and Pb^{2+}-ions on plant homeostasis is revealed. The importance of the prooxidant-antioxidant system (PAS) as an indicator of the impact of stress factors on the body is emphasized. The need to determine changes in the prooxidant-antioxidant potential of plant tissues under the influence of increasing concentrations of pollutants, both to ensure plant homeostasis and to monitor the safety of the ecological state of the hydrosphere. The effect of changes in PAS in *Elodea canadensis* tissues depending on the increase in the concentration of NO_3^- and Pb^{2+}-ions was investigated experimentally. The level of free radical lipid peroxidation was determined by the concentration of malonic dialdehyde (MDA). The level of antioxidant protection was assessed by the activity of enzymatic antioxidants (superoxide dismutase (SOD) and catalase) and the concentration of low molecular weight (ascorbic acid (AK) and glutathione (GSH)) antioxidants. It has been experimentally determined that Pb^{2+} ions have much stronger prooxidant activity compared to NO_3^-; catalase is more resistant than SOD to the effects of increasing concentrations of NO_3^- and Pb^{2+}; any increase in the concentration of Pb^{2+} leads to a sharp decrease in the activity of SOD; GSH has a stronger antioxidant effect and is more resistant to increasing concentrations of Pb^{2+}, compared with AK; AK has a greater antioxidant effect and is more resistant to increasing concentrations of NO_3^-, compared with GSH; low molecular weight antioxidants are more resistant to increasing concentrations of NO_3^- and Pb^{2+}, compared to enzymatic antioxidants. *Key words:* pollutants, prooxidants, antioxidants, superoxide dismutase, catalase, ascorbic acid, glutathione, malonic dialdehyd.

Постановка проблеми. Проблема забруднення навколишнього середовища іонами важких металів входить до переліку глобальних екологічних проблем людства. Наразі гостро постає питання неконтрольованого використання нітратів як у сфері сільського господарства, так і в промисловості [1]. Відсутність інформації про те, що надлишок нітратів не лише компенсує транзитну форму азоту на збіднених ґрунтах, а й є причиною зниження врожайності рослин, призводить до загострення проблеми нераціонального господарювання [2].

Метою дослідження є встановлення змін прооксидантно-антиоксидантного статусу в тканинах *Elodea canadensis* залежно від зростання концентрації NO_3^--іонів та Pb^{2+}-іонів.

Актуальність дослідження. Потрапляння важких металів та нітрат-іонів з ґрунту в гідросферу збільшує рівень вже наявних у ній полютантів та призводить до незворотного впливу на водні екосистеми [3]. Відсутність компромісного вирішення питань з нормування вмісту цих речовин веде до фатальних наслідків щодо впливу на здоров'я людини. За умов реальної неможливості повного припинення викидів сполук свинцю в біосферу, а також через неможливість кардинального припинення передозування нітратними добривами метою нашої роботи стало виявлення змін показників прооксидантно-антиоксидантної системи (далі – ПАС) гідрофітів під впливом щоразу більшої концентрації зазначених іонів.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання:

1) дослідити вплив концентрації іонів Pb^{2+}, що зростає, на стан прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у тканинах *Elodea canadensis*;

2) дослідити вплив концентрації іонів NO_3^-, що зростає, на стан прооксидантно-антиоксидантного балансу в тканинах *Elodea canadensis;*

3) порівняти, який із полютантів має найбільший вплив на зміну показників ПАС *Elodea canadensis.*

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними ферментними антиоксидантами є супероксиддисмутаза (далі – СОД) та каталаза. СОД є першою лінією захисту від активних форм оксигену (далі – АФО), що обриває ланцюг вільнорадикального перекисного окиснення (далі – ВРПО) ще на етапі ініціювання та прискорює дисмутацію O_2^- (індуктора інших АФО) в 10^4 рази [4]. Існує зв'язок між активністю СОД і каталази, оскільки СОД постачає субстрат для каталази, яка генерує кисень для клітини [5]. Відомі вільні та мембранозв'язані (резервні) форми ферменту, зниження активності останніх є ознакою розвитку патологічного процесу [6]. Представником низькомолекулярних антиоксидантів для постановки експерименту обрано аскорбінову кислоту (далі – АК), що зумовлено її широким колом практичного застосування та належністю аскорбінової кислоти до групи обов'язкових метаболітів рослин, що відіграє важливу роль в процесах росту і розвитку клітин. АК є одним із основних низькомолекулярних антиоксидантів, імуностимулювальних агентів [6; 7]. Згідно з останніми даними АК відіграє важливу роль у ліквідації наслідків нітратних отруєнь. Глютатіон (далі – GSH) в рослинних клітинах має досить високий вміст (0,2–10 мМ) [8]. GSH є джерелом, резервуаром та транспортною формою відновленого сульфуру, а також ключовим учасником процесів, пов'язаних із детоксикацією важких металів, ксенобіотиків та екскретних продуктів метаболізму [9; 10].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Недослідженим залишається вплив щоразу більшої концентрації полютантів гідросфери на зміну прооксидантно-антиоксидантної активності в тканинах рослин.

Новизна. У роботі вперше здійснено порівняльний аналіз впливу щоразу більшої концентрації NO_3^- та Pb^{2+}-іонів на рівень вільнорадикального перекисного окиснення макромолекул та вміст ферментних і низькомолекулярних антиоксидантів у тканинах *Elodea canadensis Rich.*

Методологічне або загальнонаукове значення. На основі проведених досліджень експериментально виявлено зміни біохімічного складу тканин рослин під впливом NO_3^- та Pb^{2+}-іонів, які слід враховувати у роботі з методиками виявлення прооксидантно-антиоксидантної активності в рослинних об'єктах. Результати, отримані під час виконання роботи, використовуються в наукових дослідженнях та в навчальному процесі ЦДПУ ім. В. Винниченка на курсах «Фізіологія рослин», «Біохімія», «Екологія».

Виклад основного матеріалу. Об'єктом дослідження обрано *Elodea canadensis Rich,* що є типовим представником водних екосистем. Контрольна група перебувала в лабораторних умовах, максимально наближених до природних. Для дослідних груп створили модельні середовища з підвищеним вмістом полютантів. Контрольна група містила концентрацію досліджуваних іонів у межах гранично допустимої концентрації. Для експерименту використовували 4 дослідні групи для NO_3^- та 4 дослідні групи для Pb^{2+} зі щоразу збільшуваною концентрацією досліджуваних іонів в 2, 3, 5 та 10 разів, порівняно з ГДК. Тривалість експозиції становила 1 місяць.

Методи дослідження. Рівень ВРПО ліпідів визначали за концентрацією малонового діальдегіду (далі – МДА) [11]. *Аналіз рівня МДА* здійснювали в наступній послідовності: 0,5 г тканини гомогенізували в 4,5 $см^3$ трис-буферного розчину (pH = 7,4). Для визначення фонового рівня МДА ($МДА_0$) до 2 $см^3$ відібраного гомогенату одразу додали розчин трихлороцтової кислоти (w = 30%) та центри-

фугували 30 хв. за 3000 об./хв. До 2 $см^3$ центрифугату додали 3 $см^3$ розчину тіобарбітурової кислоти (w = 0,338%) з подальшим фотометруванням за 540 нм проти контролю, що не містив гомогенату. Для ініціації приросту рівня МДА ($МДА_{1,5}$) пробу попередньо інкубували 90 хв. (1,5 години, тому $МДА_{1,5}$) в прооксидантному ферум-аскорбінатному буфері, струшуючи кожні 20 хв. Подальший аналіз проводили аналогічно до визначення $МДА_0$. Розрахунки здійснювали за формулою: C = E · 240,4, де C – концентрація МДА в мкмоль/кг; E – екстинкція; 240,4 – коефіцієнт, що враховує молярну екстинкцію і розведення. Величину приросту рівня МДА, що обернено пропорційна антиоксидантному запасу тканини, розраховували згідно з формулою: $\Delta МДА = | МДА_{1,5} - МДА_0 | / МДА_0 \cdot 100\%$, де ΔМДА – приріст рівня МДА, виражений у відсотках; $МДА_0$, $МДА_{1,5}$ – фоновий та стимульований МДА.

Оцінку рівня антиоксидантного захисту здійснювали за активністю ферментних та концентрацією неферментних антиоксидантів. Для визначення активності СОД 0,5 г тканини гомогенізували в 0,5 $см^3$ води, через 10 хв. додали 2 $см^3$ осаджувача пігментів (етанол – хлороформ 5:3), перемішали, витримали за -4^0 C впродовж доби, потім центрифугували за 3000 об./хв. упродовж 15 хв. Контроль: у кювету (1 см) набрали 4,4 $см^3$ карбонатного буферного розчину (C = 0,2 $моль/дм^3$; pH = 10,2), 0,1 $см^3$ дистильованої води та 0,5 $см^3$ розчину адреналіну (C = 0,01 $моль/дм^3$) в лимонній кислоті (C = 0,01 $моль/дм^3$). Перемішали і відзначали екстинкцію кожну хвилину до припинення її збільшення. У дослідну пробу замість води ввели 0,1 $см^3$ центрифугату. Розрахунок активності СОД здійснювали за формулою: $T = (E_1 - E_2) \cdot 100 / E_1$, де T – відсоток гальмування окислення $\bullet O_2^-$ адреналіну в адренохром (%); E_1 – середня екстинкція контролю за 1 хв. (E/t); E_2 – середня екстинкція досліду за 1 хв.; 100 – максимальний відсоток (%) гальмування. Активність СОД виражали в умовних одиницях (ОД): ОД = T / (100 - t), де 1 ОД відповідає гальмуванню швидкості реакції на 50%.

Для визначення активності каталази 0,1 г тканини гомогенізували в 20 $см^3$ дистильованої води. У колби набрали по 7 $см^3$ дистильованої води, потім у дослідну пробу додали 1 $см^3$ гомогенату, а в контрольну – 1 $см^3$ прокип'яченого гомогенату. В обидві проби додали по 2 $см^3$ H_2O_2 (w = 1%), перемішали та залишили за кімнатної температури на 30 хв., струшуючи кожні 10 хв. Потім додали в обидві проби по 3 $см^3$ H_2SO_4 (w = 10%) і титрували $KMnO_4$ ($C(1/5KMnO_4)$ = 0,1 $моль/дм^3$) до появи блідо-рожевого забарвлення, що не зникло впродовж 30 с. Розрахунок активності каталази здійснювали за формулою: $A = (V_К - V_Д) \cdot 1,7$, де A – каталазне число; $V_К$ – об'єм розчину $KMnO_4$ ($C(1/5\ KMnO_4)$ = 0,1 $моль/дм^3$), витраченого на титрування контрольної проби, $см^3$; $V_Д$ – об'єм розчину $KMnO_4$ ($C(1/5\ KMnO_4)$ = 0,1 $моль/дм^3$), витраченого на титрування дослідної проби, $см^3$; 1,7 – кількість H_2O_2 (мг), яка відповідає 1 $см^3$ розчину $KMnO_4$ ($C(KMnO_4)$ = 0,002 $моль/дм^3$). Міжнародну одиницю активності ензиму розраховували за формулою: $A = (V_К - V_Д) \cdot 1,7 / t \cdot M(H_2O_2)$, де t – час інкубації (30 с); $M(H_2O_2)$ = 34 г/моль.

Визначення концентрації GSH проводили в такому порядку: 0,1 г тканини гомогенізували з 2,4 $см^3$ розчину трихлороцтової кислоти. Через 10 хв. проби центрифугували впродовж 15 хв. за 3000 об./хв., відібрали 0,2 $см^3$ центрифугату, додали 0,05 $см^3$ розчину NaOH (w = 20%) і 5 $см^3$ трис-буфера (pH = 8,05; для приготування 1 $дм^3$ використали 6,06 г трис-оксиметиламінометану, 14,85 г ЕДТА для зв'язування двовалентних катіонів і 275 мл HCl, C(HCl) = 0,1 $моль/дм^3$). Потім додали 0,1 $см^3$ реактиву Елмана (99 мг ДТНБК в 25 $см^3$ етанолу). Перемішали і витримали 20 хв. у темряві. Фотометрували за 412 нм у кюветі на 1 см проти контролю на реактиви, що не містили гомогенату. Розрахунок результатів проводили за калібрувальним графіком.

Визначення концентрації АК здійснювали титриметрично. Для цього до 1 г гомогенізованого дослідного матеріалу додали 9 $см^3$ розчину HCl (w = 2%), відстоювали 10 хв. і фільтрували. Відбирали 3 $см^3$ фільтрату (дослідна проба), вносили у колби і титрували розчином 2,6-дихлорфеноліндофенолу (C(1/2 2,6–ДФІФ) = 0,001 $моль/дм^3$) до появи рожевого забарвлення, яке зберігається впродовж 30 с. Для контролю на реактиви 3 $см^3$ фільтрату кип'ятили з 3 краплинами 3%-го H_2O_2 з подальшим титруванням. Розрахунок вмісту АК здійснювали за формулою: $C = Q \cdot (A_д - A_к) \cdot V_0 / (V_1 \cdot a)$, де C – вміст АК, ммоль/кг; Q – кількість аскорбінової кислоти, яка відповідає 1 $см^3$ розчину 2,6-дихлорфеноліндофенолу (C(1/2 2,6–ДФІФ) = 0,001 $моль/дм^3$) (0,088 мг); V_0 – загальна кількість екстракту, $см^3$; V_1 – об'єм екстракту, взятий для титрування, $см^3$; a – кількість досліджуваної речовини, г; $A_к$, $A_д$ – об'єм розчину 2,6-ДФІФ, витраченого на титрування контрольної і дослідної проби, $см^3$ (C(1/2 2,6 ДФІФ) = 0,001 $моль/дм^3$) [11]. Одержані нами результати пройшли математичне та статистичне опрацювання згідно з визначеними методиками.

Результати впливу досліджуваних полютантів на стан ПАС у тканинах *Elodea canadensis* наведені в табл. 1 та 2.

Збільшення вдвічі концентрації іонів Pb^{2+} призводить до зростання рівня перекисного окиснення на 94,7%, за ГДК х 3 рівень МДА зростає на 201,9%, за ГДК х 5 – на 592,1%, за ГДК х 10 – на 975%. Зростання рівня ВРПО за аналогічної зміни концентрації NO_3^-, порівняно з вихідним рівнем, становить 17,1%; 65,8%; 159,2% та 325,6% відповідно. Зміни величини зростання ΔМДА за однакових концентрацій різних полютантів свідчать, що іони Pb^{2+} мають значно потужнішу прооксидантну активність, порівняно з NO_3^-.

За ГДК х 2 активність СОД зростає на 16,9%, наступне зростання концентрації NO_3^-призводить до недостовірного зниження активності СОД (3,7%), однак за ГДК х 5 спостерігаємо стрімке падіння активності ферменту. Достовірної різниці між значеннями активності СОД за ГДК х 5 та ГДК х 10 немає. Під впливом щоразу більшої концентрації Pb^{2+} активність СОД зменшується в усіх дослідних групах, причому активність ферменту стрімко падає вже у першій дослідній групі, де різниця складає 58,5%, а в останній – 92,5% (в 13,4 рази). Отже, СОД є більш стійким антиоксидантом за дії NO_3^-, порівняно з дією Pb^{2+}.

Каталаза посилює свою активність за збільшення концентрації NO_3^- у групах з ГДК х 2 та ГДК х 3 на 7,6% та 16,1% відповідно, однак за ГДК х 5 активність ферменту знижується на 18,8%, а за ГДК х 10 – на 55,8%. У разі зростання концентрації Pb^{2+} активність каталази падає в усіх дослідних групах, однак на значно більші величини. Так, за ГДК х 2 активність ферменту зменшується на 8,8%, за ГДК х 3 – на 45,7%, за ГДК х 5 – на 71,4%, за ГДК х 10 – на 85,4%. Отже, каталаза, подібно до СОД, є більш стійким антиоксидантом за дії NO_3^-, порівняно з дією Pb^{2+}. Однак каталаза є більш стійкою, порівняно із СОД, до дій щоразу більшої концентрації NO_3^- та Pb^{2+}.

АК посилює свої антиоксидантні властивості навіть за перевищення ГДК NO_3^- у 5 разів. Це ,можливо, пояснюється здатністю рослини засвоювати азот у незначному надлишку як основний елемент мінерального живлення та захисного значення АК, яка, згідно з літературними даними, бере участь в метаболічній утилізації надлишку NO_3^-. Перевищення дози ГДК NO_3^- у 10 разів призводить до стрімкого зниження вмісту АК на 32,5% від вихідного рівня за одночасного максимального зростання рівня МДА. Можливим поясненням такого процесу є пригнічення синтезу аскорбінової кислоти надлишком NO_3^- та значне гальмування мітозу і фотосинтезу. В разі зростання концентрації Pb^{2+} спостерігаємо збільшення вмісту АК за ГДК х 2 на 37,3%, в усіх подальших експериментальних групах вміст АК знижувався, причому різниця контрольної групи і групи з ГДК х 10 становила 7,8 рази.

Таблиця 1

Результати впливу щоразу більшої концентрації іонів Pb^{2+} на стан ПАС у тканинах *Elodea canadensis*

Показники стану ПАС		Концентрація Pb^{2+}				
		ГДК	ГДК х 2	ГДК х 3	ГДК х 5	ГДК х 10
Прооксидантна активність	ΔМДА, %	15,2 ± 1,53	29,6 ± 1,71	45,9 ± 3,22	105,2 ± 2,88	163,4 ± 3,77
Ферментні антиоксиданти	Активність каталази, мкмоль (кг ∗ хв)	64,3 ± 2,89	58,6 ± 1,06	34,9 ± 2,11	18,1 ± 0,94	9,4 ± 0,75
	Активність СОД, ОД	5,08 ± 0,11	2,11 ± 0,07	1,08 ± 0,09	0,46 ± 0,12	0,38 ± 0,08
Низько-молекулярні антиоксиданти	Концентрація АК, мкмоль кг	0,83 ± 0,01	1,14 ± 0,06	0,68 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,11 ± 0,01
	Концентрація GSH, мкмоль кг	42,11 ± 1,76	49,23 ± 2,05	54,01 ± 1,18	58,26 ± 1,99	34,14 ± 1,82

мкмоль/(кг*хв)

Таблиця 2

Результати впливу щоразу більшої концентрації іонів NO_3^- на стан ПАС у тканинах *Elodea canadensis*

Показники стану ПАС		Концентрація NO_3^-				
		ГДК	ГДК х 2	ГДК х 3	ГДК х 5	ГДК х 10
Прооксидантна активність	ΔМДА, %	15,2 ± 1,53	17,8 ± 1,87	25,2 ± 1,34	39,4 ± 2,11	68,8 ± 3,61
Ферментні антиоксиданти	Активність каталази, мкмоль (кг ∗ хв)	64,3 ± 2,89	69,2 ± 1,17	74,6 ± 1,22	52,2 ± 2,44	28,4 ± 1,89
	Активність СОД, ОД	5,08 ± 0,11	5,94 ± 0,43	4,89 ± 0,09	2,16 ± 0,18	1,95 ± 0,09
Низько-молекулярні антиоксиданти	Концентрація АК, мкмоль кг	0,83 ± 0,01	1,22 ± 0,07	1,63 ± 0,09	1,01 ± 0,01	0,56 ± 0,03
	Концентрація GSH, мкмоль кг	42,11 ± 1,76	51,31 ± 1,15	38,26 ± 1,49	30,08 ± 1,55	27,14 ± 1,77

Єдиним антиоксидантом, який збільшує свою захисну дію зі зростанням вмісту Pb^{2+}, є GSH. Так, за ГДК х 2 його концентрація зросла на 16,9%, за ГДК х 3 – на 28,3%, за ГДК х 5 – на 38,4%. Спадання спостерігаємо лише за ГДК х 10 (18,9%). Це, ймовірно, пояснюється тим, що сульфування є основним метаболічним шляхом детоксикації Pb^{2+}. Концентрація GSH зростає на 21,8% у групі з ГДК х 2 нітрат-іонів та зменшується в усіх інших дослідних варіантах. Як зазначено в літературних джерелах, інтенсивність синтезу визначається рівнем ВРПО, що повністю підтверджується експериментально. Отже, GSH має потужніший антиоксидантний ефект і є більш стійким до зростання концентрації Pb^{2+}, порівняно з АК та ферментними антиоксидантами.

Надтоксичний вплив щоразу більшої концентрації Pb^{2+} на ПАС можна пояснити тим, що він виявляється в усіх субклітинних фракціях, однак більшість акумулюється в ядрі та цитозолі. Високі концентрації Pb^{2+} у мітохондріях спричинюють їхні функціональні та морфологічні зміни, пригнічують дихання та фосфорилювання, процеси активного транспорту. В ЕПР Pb^{2+} входить до складу мембран та рибосом. Свинець блокує діяльність ферментних систем клітини, експресію ядерних генів та синтез РНК. Токсичний вплив Pb^{2+} зумовлений його спорідненістю з клітинними і мітохондріальними мембранами: він порушує окисне фосфорилювання, діяльність Na+K+-АТФази та Ca^{2+}-АТФази у клітинах.

Головні висновки. Зміни величини зростання ΔМДА свідчать, що іони Pb^{2+} мають значно потужнішу прооксидантну активність, порівняно з NO_3^-. Каталаза є більш стійкою, порівняно із СОД, до дій щоразу більшої концентрації NO_3^- та Pb^{2+}. Будь-яке підвищення концентрації Pb^{2+} призводить до стрімкого зниження активності СОД. GSH має потужніший антиоксидантний ефект і є більш стійким до зростання концентрації Pb^{2+}, порівняно з АК. Аскорбінова кислота проявляє більшу антиоксидантну дію і є стійкішою до зростання концентрації NO_3^-, порівняно з GSH. Низькомолекулярні антиоксиданти більш стійкі до впливу NO_3^- та Pb^{2+}, на відміну від ферментних.

Перспективи використання результатів дослідження. Вивчення зміни потенціалу ПАС тканин рослин під впливом концентрації полютантів, що зростає, відкриває перспективу можливості використання стану компонентів ПАС як для індикації змін рослинного гомеостазу в стресових умовах, так і для моніторингу безпеки екологічного стану гідросфери.

Література

1. M. Vergolyas. Cytogenetic evaluation of the drinking water toxicity. *EUREKA: Life Sciences*. 2016. No 1. P. 47–54.
2. Water in Changing World. *The United Nations World Water Development Report 3 (WWDR3*). Paris : UNESCO, 2009. 432 p.
3. Klumpp A. Tradescantia micronucleus test indicates genotoxic potential of traffic emissions in European cities. *Environmental Pollution*. 2006. № 3 (139). P. 515–522.
4. Колупаев Ю.Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Біологія»*. 2007. № 3 (12). С. 6–26.
5. Trchounian A., Petrosyan M., Sahakyan N. Plant cell redox homeostasis and reactive oxygen species. Redox State as a Central Regulator of Plant-Cell Stress Responses / eds. D.K. Gupta et al. Springer International Publishing Switzerland, 2016. P. 25–50.
6. Apel K. Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Plant Biol*. 2004. No 55. P. 373–399.
7. Smirnoff N. Antioxidants and reactive oxygen species in plants. NY : Blackwell Publishing, 2005. 302 p.
8. Scandalios J.G. The rise of ROS. *Trends Biochem. Sci*. 2002. No 27. P. 483–486.
9. Scandalios J.G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Braz. J. Med. Biol. Res*. 2005. No 38. P. 995–1014.
10. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. Москва : КДУ, 2007. 140 с.
11. Bobrova, M., Holodaieva, O., Arkushyna, H., Larycheva, O., Tsviakh, O. (2020) The value of the prooxidant-antioxidant system in ensuring the immunity of plants. *Revista de la Universidad del Zulia.* No 11 (30). P. 237–266. DOI: https://doi.org/10.46925//rdluz.30.17.

УДК 581.1:58.056:58.084:633.11
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.13

РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБІВ ДОБОРУ *IN VITRO* ГЕНОТИПІВ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР НА СТІЙКІСТЬ ДО НЕСПРИЯТЛИВИХ ЧИННИКІВ ДОВКІЛЛЯ

Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Прокопік Н.І., Харченко М.В., Рибка К.М.
Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України
08853, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська область
pykserg@ukr.net

Зерновиробництво є одним із найвагоміших напрямів аграрного сектору України. Активний розвиток рослинництва в Україні висвітлив низку проблем, які з плином часу тільки ускладнюються. Дестабілізація погодних умов, забруднення атмосфери, загальне погіршення екологічної обстановки призвели до того, що рослини все більше піддаються пресингу широкого спектру абіотичних стресорів. Актуальним є створення нових і вдосконалення наявних методів скринінгу генотипів злакових за стійкістю до несприятливих чинників довкілля. Поряд із морфолого-анатомічними та фізіолого-біохімічними методами оцінки стресостійкості рослин біотехнологічні підходи набули значного поширення. У представленій роботі розроблено ефективні способи добору *in vitro* селекційного матеріалу зернових колосових культур, стійкого до посухи та засолення. Новим є те, що добір посухо- та солестійких генотипів за рівнем їх виживання і приростом сирої маси проведено на калюсних культурах, культивованих на штучному поживному середовищі з додаванням різних концентрацій селективного чинника (маніт, хлорид натрію). Запропоновані способи добору охороняються патентами на корисні моделі. Наведено порівняльну характеристику різних методів, їх переваги та недоліки в масовому скринінгу зразків за стійкістю до абіотичних факторів середовища. Обґрунтовано доцільність застосування створених біотехнологічних способів добору генотипів зернових культур за адаптивною стійкістю. Перевагою запропонованих методів порівняно з традиційними є можливість об'єктивно аналізувати селекційний матеріал, працювати з великими вибірками генотипів, контролювати умови зовнішнього середовища, проводити оцінку протягом року. Запропоновані розробки доповнять методологію і сприятимуть створенню нових сортів із цінними практичними властивостями. Результати дослідження є певним внеском у вивчення як теоретичних, так і практичних аспектів стійкості зернових колосових культур до абіотичних стресових чинників довкілля та можуть застосовуватися як елементи селекційних або біотехнологічних програм. *Ключові слова:* зернові культури, добір *in vitro,* спосіб, посуха, засолення, стійкість.

Development of methods for *in vitro* selection of grain crops genotypes for tolerance to unfavorable environmental factors. Pykalo S., Demydov O., Yurchenko T., Prokopik N., Kharchenko M., Rybka K.
Grain production is one of the important areas of the agricultural sector in Ukraine. The active development of crop production in Ukraine has highlighted a many problems that are only getting more complicated over time. The destabilization of weather conditions, air pollution, and the general deterioration of the ecological situation have led to the fact that plants are increasingly exposed to the pressure of a wide range of abiotic stressors. It is urgent to create new and improve existing methods for screening cereal genotypes for resistance to adverse environmental factors. Along with morphological-anatomical and physiological-biochemical methods for assessing plant stress resistance, biotechnological approaches have become widespread. In the presented work, effective methods have been developed for *in vitro* selection of breeding material of cereal crops for tolerance to drought and salinity. The novelty is that the evaluation of genotypes for drought and salt tolerance is carried out on callus cultures cultivated on an artificial nutrient medium with the addition of various concentrations of a selective factor (mannitol, sodium chloride), according to the level of their survival and the increase in wet weight. The created methods are protected by patents for utility models. Comparative characteristics of various methods, their advantages and disadvantages in mass screening of samples for tolerance to abiotic environmental factors are presented. The expediency of using the created biotechnological methods for selection the genotypes of grain crops for adaptive tolerance has been substantiated. The advantages of the proposed methods over the traditional ones are the ability to objectively analyze breeding material, work with large samples of genotypes, control environmental conditions and conduct an assessment throughout the year. The proposed developments will complement the methodology and will contribute to the creation of new varieties with valuable practical properties. The research results are a definite contribution to the study of both theoretical and practical aspects of the tolerance of cereal crops to abiotic stress factors and can be used as elements of breeding or biotechnological programs. *Key words:* cereals, *in vitro* selection, method, drought, salinity, tolerance.

Постановка проблеми. Нині Україна стала одним із ключових гравців на світовій арені в секторі виробництва сільськогосподарської продукції, що зумовлює розвиток внутрішнього і глобального ринків у паралельних напрямах. Зернові – стратегічні сільськогосподарські культури, що становлять основу продовольчої безпеки країни. Зерновий підкомплекс є найважливішим складником агропромислового комплексу, котрий визначає рівень розвитку всього аграрного сектору економіки України [1].

Пшениця – основна зернова культура, найважливіший продукт харчування людини. Головне її призначення – забезпечення людей хлібом і хлібобулочними виробами [2]. Цінність пшеничного хліба визначається сприятливим хімічним складом зерна. Серед зернових культур пшеничне зерно найбагатше на білки, вміст яких у зерні м'якої пшениці залежить від сорту й умов вирощування і становить у середньому 13–15%. Засвоєння білка високе, близько 95%. У зерні пшениці міститься велика кількість вуглево-

дів, зокрема до 70% крохмалю, вітаміни B1, B2, PP, E, провітаміни A, D та до 2% мінеральних речовин [3].

Ячмінь – одна з найстародавніших культур. Зерно ячменю – цінний концентрований корм для багатьох видів худоби, оскільки в 100 кг зерна ячменю міститься 120 кормових одиниць, а в 100 кг ячмінної соломи – 35 кормових одиниць [4]. Із зерна ячменю виготовляють крупи (перлову, ячну). За вмістом жиру (1,2–1,5%) ячмінна крупа поступається вівсяній та гречаній, але містить багато білка (9–11%) і крохалю (82–86%). Крім того, ячмінь є основною сировиною для пивоварної промисловості [5].

Тритикале – нова озима або яра злакова культура, штучно створена селекціонерами внаслідок схрещування жита із пшеницею, тому більшість морфологічних ознак і біологічних властивостей тритикале є проміжними між пшеницею і житом [6]. Тритикале менш вибаглива до умов вирощування культура порівняно з пшеницею, що є особливо цінним для господарств із невисоким ресурсним забезпеченням. Нині, як і раніше, тритикале залишається культурою переважно фуражного використання і характеризується активним накопиченням листково-стеблової маси, тому може використовуватися на корм як у вигляді зеленої маси, силосу чи сінажу, так і у формі зерна [7].

Збільшення урожайності є найважливішим критерієм вирощування будь-яких сільськогосподарських культур. Міжнародні компанії та корпорації поставили за мету збільшити генетичний потенціал урожайності пшениці та інших культур у найближчі 20 років на 50–100 % [8]. Нині створено сорти пшениці озимої та ячменю інтенсивного типу, потенційна врожайність зерна яких сягає 11,0–14,0 т/га [9]. Однак упровадження їх у виробництво забезпечує незначний ріст реальної середньої врожайності, а коливання її за роками зростає. Генетичний потенціал сучасних сортів зернових культур у середньому використовується лише на 45%. Лише в окремих господарствах сорти пшениці озимої реалізують свою потенційну врожайність до 85% [9; 10].

Актуальність дослідження. Зміни клімату – надзвичайно актуальна проблема як для аграрної науки, так і для сільськогосподарського виробництва України загалом [11]. За оцінкою міжнародних експертів, 65–70% втрат, пов'язаних із несприятливими погодними і кліматичними умовами, припадає власне на сільське господарство [12]. Тому українські науковці приділяють значну увагу дослідженню зміни агрокліматичних ресурсів і впливу цих змін на сільськогосподарське виробництво.

Серед природних чинників, які згубно впливають на процеси росту й розвитку рослин зернових і призводять до зниження урожаю, є водний дефіцит, спричинений посухою [13; 14]. Відомо, що нестача води у ґрунті завдає значно більшої шкоди рослинництву, ніж усі інші стресові фактори, разом узяті [15]. Шкідлива дія посухи полягає насамперед у зневодненні та порушенні метаболічних процесів у рослинах, що призводить до розпаду білків, зміни колоїдно-хімічного стану цитоплазми клітини і, як наслідок, до зниження кількості накопиченої рослинами органічної речовини [14; 16]. Крім того, посуха може спровокувати засолення ґрунтів [15]. Стрес, спричинений водним дефіцитом, може бути первинним у разі посухи і вторинним унаслідок сольового стресу [13; 14]. Негативна дія засолення має комплексний характер і зумовлена як порушенням осмотичного балансу клітини, так і прямим токсичним впливом на фізіологічні та біохімічні процеси в ній [15]. Часто рослини піддаються дії одночасно кількох стресорів, унаслідок чого їхній негативний вплив значно посилюється [17].

Глобальне потепління і пов’язана з ним часта повторюваність посух зумовлюють необхідність об’єднання зусиль біотехнологів, генетиків і селекціонерів задля створення адаптивних генотипів зернових. Несприятливі фактори вирощування зернових культур в Україні висувають надзвичайно важливе завдання – створення нових сортів із потужним генетичним потенціалом високої продуктивності й адаптивності задля отримання стабільних валових зборів зерна [18]. Стійкість до абіотичних стресових чинників довкілля для селекційного вдосконалення зернових культур є вкрай важливим та набуває особливої актуальності, оскільки дозволить розширити їхні посіви в районах із несприятливими кліматичними умовами.

Створення і впровадження нових сортів рослин, адаптованих до умов довкілля, ніколи не втратить своєї актуальності за постійних нових викликів із появою нових рас патогенних організмів, тиску флуктуацій погодних умов, мінливих потреб ринку тощо [19]. Проведення досліджень стосовно добору та оцінки генотипів на стійкість до того чи іншого стресу є однією з умов підвищення ефективності селекційного процесу зернових культур [20]. Зважаючи на це, методологічне забезпечення всебічного дослідження стресостійкості сільськогосподарських рослин є пріоритетним завданням багатьох селекційних установ України. Задля прискорення селекційного процесу пшениці й отримання достовірних результатів необхідно застосовувати різні методики дослідження зразків за конкретними ознаками стійкості.

Зв’язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Представлені матеріали є частиною таких науково-дослідних робіт: «Вивчити генетичні та фізіологічні складники формування адаптивного потенціалу зернових і виділити на цій основі донори морозостійкості та посухостійкості для використання в селекції озимої м’якої пшениці» (номер державної реєстрації № 0116U004005); «Генетичні засади якісних та кількісних господарсько-цінних ознак, розробка сучасних біотехнологій створення та оцінки вихідного матеріалу і підвищення ефективності методів поліпшення генотипів рослин» («Біотехнологія і генетика

в рослинництві»), № 0116U004006; «Особливості формування ознак і властивостей зернових культур, які визначають стійкість до абіотичних стресових чинників, в умовах Лісостепу України з використанням біотехнологічних та фізіолого-генетичних методів» (№ 0121U100435).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У селекційній практиці зернових колосових культур нині широко використовують спосіб оцінки стійкості генотипів до абіотичних стресорів, заснований на проведенні польових дослідів [21], зокрема враховують і оцінюють особливості росту й розвитку досліджуваних рослин, а також їхню продуктивність в умовах водного дефіциту [22; 23]. Однак складність цього методу полягає у просторовій гетерогенності фізичних і хімічних властивостей ґрунту, а також сезонних коливаннях кількості атмосферних опадів. Тому на практиці з цією метою використовуються вегетаційні приміщення з контрольованими умовами вирощування, де в якості основного критерію стійкості рослин використовують накопичення більшої біомаси порівняно з контролем [24]. Проте для виявлення реальної стійкості сортів зернових культур необхідно проводити тривалі експерименти – від двох тижнів до кількох місяців, що є непрактичним для скринінгу великої кількості генотипів.

Одним із методів оцінки стійкості сільськогосподарських культур до посухи та засолення є визначення відсотку пророслого насіння на розчинах речовин, що спричинюють зниження водного потенціалу у клітинах [25]. Однак недоліком цього методу є те, що кореляція між схожістю насіння і ростовими параметрами рослин за подальшого тривалого їх вирощування в умовах стресу є досить слабкою. Причиною цього є суттєва відмінність процесів, які регулюють розтягнення клітин під час проростання і подальшого зростання. Поглинання води насінням і подальше його набухання є суто фізико-хімічними процесами на відміну від біохімічних, які контролюють поділ клітин і їхнє розтягнення у період росту. До того ж швидкість проростання і схожість насіння за селективних умов залежать не лише від стійкості, але і значною мірою від стану зародка й насіннєвих оболонок. Тому добір генотипів за схожістю насіння в умовах водного дефіциту чи засолення не завжди дає об'єктивний результат і, як наслідок, може бути неефективним.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Для тестування перспективних зразків злакових культур існує багато методів, заснованих на різних принципах дії, і кожен з них має свої переваги й недоліки [20]. Вибір способу значною мірою залежить від ступеню його достовірності, трудомісткості, тривалості оцінки і пропускної здатності. Часто той чи інший спосіб чітко розділяє за стійкістю контрастні види рослин, проте не в змозі диференціювати за групами стійкості різні сорти однієї культури, що знижує його придатність для селекційної практики [26]. Значна частина методів діагностики сортозразків передбачає нанесення певної шкоди рослині, що ускладнює або робить неможливим проведення оцінки за іншою, не менш важливою ознакою, а також вирощування рослин до отримання нащадків. Переважна їхня більшість не є нині оптимальними, внаслідок чого актуальним залишається завдання створення нових і вдосконалення вже наявних методів оцінки та добору селекційного матеріалу зернових колосових культур на стійкість до несприятливих чинників довкілля.

Принципово новим нинішнім підходом є застосування методів біотехнології, що значно полегшує і прискорює традиційний селекційний процес створення нових ліній і сортів пшениці. Варто зазначити, що за останні десятиліття поряд із морфолого-анатомічними та фізіолого-біохімічними методами оцінки стресостійкості рослин біотехнологічні підходи набули широкого поширення [17; 27]. Сучасні біотехнології дозволяють суттєво скоротити терміни добору й оцінки сортів та успішно застосовуються селекціонерами в усіх країнах світу.

Особливої актуальності набуває застосування культури тканин і органів *in vitro* – біологічної системи, в якій відсутні механізми регуляції, що діють на рівні цілого організму [28]. Метод культури тканин і органів *in vitro* нині широко використовують задля вирішення прикладних завдань селекції різних сільськогосподарських рослин [29; 30]. Цей підхід застосовують для скринінгу та ідентифікації стійких форм, а також для дослідження реакції клітин на токсичність селективних агентів.

У злаків зазвичай добір *in vitro* проводять на калюсах, оскільки інші технології, зокрема протопластів, ембріокультури, культури пиляків, ще не досить розроблені [27]. Перевагами калюсних культур порівняно із клітинними є менший період необхідного культивування і, як наслідок, менша генетична нестабільність. Калюсна тканина є одним із основних типів рослинного біологічного матеріалу, котрий застосовують у дослідженнях *in vitro*. Калюс – це неорганізована проліферуюча тканина, що складається з дедиференційованих клітин, які надалі набувають спеціалізації і стають диференційованими [31]. Калюс є аморфною тканиною білуватого або жовтуватого, дуже рідко - зеленого кольору, що складається з паренхімних клітин із великими ядрами та відносно товстими клітинними стінками різних розмірів, розміщених хаотично [32; 33].

У багатьох працях науковці показують можливість використання методу *in vitro* для тестування селекційного матеріалу на стійкість до несприятливих факторів середовища [34–37]. Зокрема, на прикладі м'якої пшениці виявлено кореляційний зв'язок між реакціями клітинних систем *in vitro* та посухостійкістю рослини [35]. У роботі В.М. Россєєва зі співавторами [34] під час порівняльного дослідження сортів

пшениці м'якої ярої виявлено, що індекси стійкості сортозразків, визначені шляхом тестування *in vitro*, відображають їхню посухостійкість у польових умовах. У відділі біотехнології, генетики та фізіології МІП методом прямого добору проведено скринінг *in vitro* гібридів F_2 пшениці м'якої і твердої ярої на стійкість до водного дефіциту за рівнем виживання калюсів на селективних середовищах із манітом у концентраціях 0,2; 0,4; 0,6 та 0,8 М [38]. Показано, що зі збільшенням концентрації маніту в усіх генотипів відбувалося пригнічення росту калюсної культури, що свідчить про токсичний вплив стресового чинника. Під час досліджень виділено генотипи, калюси яких характеризувалися здатністю до росту на селективному середовищі з осмотично активною речовиною і зберігали ознаку стійкості протягом усього циклу культивування. Підвищену посухостійкість виділених ліній згодом було виявлено в польових випробуваннях. Отже, використання біотехнологічних методів у селекційному процесі дозволяє суттєво інтенсифікувати процес утворення нових сортів сільськогосподарських культур і підняти його на новий технологічний рівень.

Метою роботи є розроблення ефективних способів добору *in vitro* селекційного матеріалу зернових за стійкістю до посухи й засолення.

Новизна. Розроблено нові способи добору *in vitro* селекційного матеріалу зернових за стійкістю до посухи й засолення, що охороняються патентами на корисні моделі. Новим є те, що добір проводять на калюсних культурах, які культивуються на штучному поживному середовищі з додаванням різних концентрацій селективного чинника (маніту чи хлориду натрію) за рівнем їх виживання та приростом сирої маси в селективних умовах.

Методологічне або загальнонаукове значення. Розроблені ефективні способи добору *in vitro* селекційного матеріалу злакових за стійкістю до посухи й засолення доповнять методологію і сприятимуть утворенню нових сортів із цінними практичними властивостями. Представлені дослідження спрямовані на розв'язання проблеми стійкості злакових культур до несприятливих кліматичних факторів, а також орієнтовані на розвиток розуміння реакцій рослин на стрес і впровадження нових методів задля вирішення прикладних завдань селекції пшениці, ячменю і тритикале.

Виклад основного матеріалу. Успішність селекції злакових на стійкість до того чи іншого стресу значною мірою залежить від правильної оцінки за цією ознакою створюваних сортів. Зважаючи на це, у відділі біотехнології, генетики і фізіології Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН (МІП) ми розробили способи добору *in vitro* селекційного матеріалу зернових культур (пшениці, ячменю і тритикале) за стійкістю до таких абіотичних стресових чинників, як посуха та засолення.

1. Розроблення способу відбору *in vitro* посухостійких генотипів тритикале озимого. На клітинному рівні стійкість до водного дефіциту виявляється в толерантності клітин до наявності в поживному середовищі осмотично активних речовин. Для імітації *in vitro* стресового ефекту водного дефіциту застосовують такі осмотики, як поліетиленгліколь (ПЕГ) або маніт [29; 36]. Варто зазначити, що в більшості робіт задля отримання посухостійких рослин в якості селективного фактору використано ПЕГ. Через високу молекулярну масу ПЕГ не може проникнути крізь мембрану клітини, щоб змінити її осмотичний потенціал [39]. Механізм моделювання ним умов дефіциту вологи в культивованих клітинах подібний до того, який спостерігають у клітинах інтактних рослин за умов посухи [37].

Значно рідше під час добору і скринінгу *in vitro* стійких до водного стресу зразків застосовують маніт. Слід відмітити, що порівняно з непроникаючим ПЕГ маніт проникає в рослинну клітину і знижує нормальний водний потенціал, чим спричинює зневоднення й гальмування багатьох фізіологічних та метаболічних процесів [40]. Єгипетські дослідники [41] встановили чітку позитивну кореляцію між виживаністю калюсів пшениці на селективних середовищах із різними концентраціями маніту та життєздатністю цих генотипів у польових умовах. О.В. Дубровна зі співавторами [29] під час проведення клітинної селекції м'якої пшениці за посухостійкістю порівнювали ефективність використання селективних систем із ПЕГ та манітом. Автори показали, що селективна система з манітом є ефективнішою, оскільки забезпечує більш повну елімінацію чутливих клітин і високу життєздатність рослин-регенерантів. Підвищену стійкість до посухи було підтверджено в нащадків більшості отриманих після клітинної селекції форм, що вказує на мутаційну природу стійкості. Аналогічні результати для м'якої пшениці продемонстрували й інші автори [36].

У відділі біотехнології, генетики і фізіології МІП ми розробили та запатентували спосіб добору *in vitro* посухостійких генотипів тритикале озимого, обумовлений токсичною дією стресового чинника, спрямованого проти виживання нестійких форм [42]. Цей спосіб відрізняється від інших тим, що добір окремих генотипів проводять на рівні культивованих калюсів у штучному поживному середовищі з додаванням різних концентрацій маніту.

Запропонований спосіб містить зазначені нижче процеси. Індукцію і культивування калюсів проводили за методикою О. М. Гончарука зі співавторами [43] в такій послідовності. З кожного селекційного зразка відбирали 160 насінин, які надалі стерилізували і пророщували на світлі за температури 24°С на безгормональному середовищі Мурасіге-Скуга (МС) [44] протягом трьох діб. Із отриманих проростків виділяли апікальну меристему пагона, яку потім висаджували на середовище МС для калю-

соутворення з додаванням 2 мг/л 2,4-Д. Отримані калюси пересаджували у чашки Петрі на модифіковане селективне середовище та культивували протягом 3 тижнів (одного пасажу), визначаючи їх виживаність і приріст сирої маси. Як селективний агент застосовували низькомолекулярний маніт, який додавали до модифікованого середовища МС у концентраціях 0,2, 0,4, 0,6 та 0,8 М. Контролем слугувало середовище без маніту.

Посухостійкість кожного окремого генотипу визначали за рівнем виживання калюсів за селективних умов і приростом їх сирої маси. Водночас різну реакцію генотипів на водний стрес виявляли за різною часткою живих калюсів і неоднаковим приростом їх сирої маси під час дії стресора.

2. Розроблення способу добору *in vitro* солестійких генотипів тритикале озимого. Як свідчать літературні дані, найчастіше під час добору солестійких варіантів використовують хлористий натрій різних концентрацій [45–48]. Як відомо, в культивованих клітин найбільш чутливим до селективного чинника є не ріст, а диференціація, тому засолення в культурі *in vitro* суттєво пригнічує здатність клітин до морфогенезу [45]. У роботі I. Zair зі співавторами [46] у 8 протестованих сортів пшениці в умовах контролю формувалося від 40 до 80 ембріоїдів на експлант, а в умовах засолення їхня кількість зменшилася до 10–40 (залежно від сорту). Аналогічний вплив солі на частоту регенерації було показано і для рису [45]. У відділі біотехнології, генетики і фізіології МІП ми розробили та запатентували спосіб добору *in vitro* солестійких генотипів тритикале озимого, обумовлений токсичною дією стресового чинника, спрямованого проти виживання нестійких форм [49]. Метод відрізняється від інших тим, що добір окремих генотипів проводять на рівні культивованих калюсів у штучному поживному середовищі з додаванням різних концентрацій хлориду натрію.

Запропонований спосіб містить зазначені нижче процеси. Індукцію і культивування калюсів проводили за методикою О. М. Гончарука зі співавторами [43], як описано вище. Отримані калюси пересаджували в чашки Петрі на модифіковане селективне середовище та культивували протягом 3 тижнів (одного пасажу), визначаючи їх виживаність і приріст сирої маси. Як селективний агент застосовували хлорид натрію (NaCl), який додавали до модифікованого середовища МС у концентраціях 0,6, 0,9, 1,2 та 1,5%. Контролем слугувало середовище без NaCl.

Солестійкість кожного окремого генотипу визначали за рівнем виживання калюсів і приростом їх сирої маси за селективних умов. Різна реакція генотипів на сольовий стрес виявлялася за різною часткою живих калюсів та неоднаковим приростом їх сирої маси.

3. Розроблення способу добору *in vitro* сортів зернових колосових культур (пшениці, ячменю, тритикале) з комплексною стійкістю до абіотичних факторів середовища (посухи, засолення). Дослідження природи адаптивних реакцій рослин на дію різних стресів свідчать про наявність як специфічних, так і загальних механізмів стійкості, завдяки яким резистентність до одного несприятливого чинника може підвищити толерантність до іншого [50]. Показано [51], що підвищення осмостійкості на клітинному рівні може забезпечити толерантність рослин одночасно до кількох абіотичних стресів, які спричинюють зневоднення клітин. Із наведених результатів випливає, що адаптація клітин до осмотичного стресу може бути застосована під час добору солестійких варіантів і навпаки; подібні дослідження становлять інтерес для вивчення їх як у взаємодії, так і незалежно одне від одного.

Внаслідок того, що соле- і посухостійкість генотипів доводиться визначати роздільними методами, подовжується час селекційного процесу і збільшуються трудові витрати. Тому нами було поставлене завдання вдосконалити спосіб добору *in vitro* сортів зернових культур шляхом послідовного моделювання умов засолення і посухи, що дозволить за короткий час із необхідною вірогідністю комплексно визначити соле- і посухостійкість генотипів і, як наслідок, прискорити селекційний процес, зменшивши трудовитрати. У відділі біотехнології, генетики і фізіології МІП ми розробили та запатентували спосіб добору *in vitro* сортів зернових культур із комплексною стійкістю до посухи й засолення, обумовлений токсичною дією стресових чинників, спрямованих проти виживання нестійких форм [52]. Метод відрізняється тим, що добір окремих сортів проводять на рівні культивованих калюсів у штучному поживному середовищі з послідовним додаванням певних концентрацій хлориду натрію та маніту.

Запропонований спосіб містить зазначені нижче процеси. Індукцію і культивування калюсів проводили за методикою О. М. Гончарука зі співавторами [43], як описано вище. Отримані калюси пересаджували в чашки Петрі на модифіковане селективне середовище та культивували протягом двох пасажів, визначаючи водночас їх виживаність і приріст сирої маси.

Аналіз стійкості калюсів до сольового та водного стресів проводили, використовуючи розроблену систему пересадок на поживні середовища МС із стресовим чинником. Селективні середовища містили сублетальні концентрації хлориду натрію (1,2%) і маніту (0,6М). Калюсні культури пасажували за схемою: селективне середовище з 1,2% хлориду натрію (1 пасаж) → селективне середовище з 0,6 М маніту (1 пасаж). Контролем слугувало середовище без стресового чинника. Після кожного пасажу (тривалістю 3 тижні) визначали частку живих калюсів як відсоткове відношення кількості життєздатних калюсів до їх початкової кількості. Зокрема до мертвих відносили калюси, що побуріли на 2/3 своєї поверхні й більше, решту вважали живими.

Соле- та посухостійкість кожного окремого сорту визначали за рівнем виживання калюсів і приростом їх сирої маси за селективних умов. Різна реакція генотипів на сольовий і водний стрес виявлялася за різною часткою живих калюсів і неоднаковим приростом їх сирої маси за дії стресових чинників. Використання запропонованого способу дозволяє за порівняно короткі терміни ідентифікувати значну кількість стійких до посухи та засолення генотипів, отже, забезпечує скорочення селекційного процесу і зменшує матеріальні витрати на його виконання.

Отже, аналіз наукових публікацій і власні дослідження дозволили виявити світову тенденцію до застосування технологій добору *in vitro* в селекційному процесі зернових культур. Проте варто підкреслити, що для практичного використання клітинних біотехнологій із метою добору стійких форм злакових необхідно, щоб ступінь стійкості на рівні культури клітин і цілої рослини тісно корелював, чого не завжди можна досягти. Зокрема, в роботі E. Farshadfar і співавторів [53] скринінг генотипів пшениці м'якої на посухостійкість не виявив достовірного кореляційного зв'язку між результатами оцінки *in vivo* та *in vitro*. Автори зазначили, що результати скринінгу *in vitro* не можна узагальнити на рівні *in vivo* та навпаки, тому показники стійкості, отримані наведеними вище методами, не завжди корелюють між собою і повинні розглядатись окремо або доповнювати один одного. Необхідно також зауважити, що скринінг селекційного матеріалу злакових на клітинному рівні не завжди ефективний, оскільки дія селективного чинника може залежати від фази розвитку клітинної популяції. Але, незважаючи на певні труднощі, використання тканинних і клітинних культур дає можливість прискорити селекційний процес і в багатьох країнах світу вважається важливим доповненням до класичних методів селекції сільськогосподарських рослин.

Головні висновки. Отже, результатом проведеного дослідження є комплекс розроблених та запатентованих способів добору *in vitro* генотипів зернових колосових культур за стійкістю до посухи та засолення. Аналіз літературних джерел засвідчив, що для тестування перспективних зразків зернових є багато методів, заснованих на різних принципах дії, і кожен із них має свої переваги та недоліки. Переважна їхня більшість не є нині оптимальними, внаслідок чого актуальним залишається завдання створення нових і вдосконалення вже наявних методів оцінки й добору селекційного матеріалу зернових культур. Обґрунтовано доцільність застосування розроблених біотехнологічних способів добору генотипів злакових за адаптивною стійкістю. Перевагою запропонованих методів порівняно з традиційними є можливість об'єктивно аналізувати селекційний матеріал, працювати з великими вибірками генотипів, швидше здійснювати скринінг зразків, контролювати умови зовнішнього середовища і проводити оцінку протягом року. Для більш широкого впровадження біотехнологічних методів у селекційний процес зернових культур важливе значення має питання генетичної стабільності клітин рослин в умовах *in vitro*.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати є певним внеском у вивчення як теоретичних, так і практичних аспектів стійкості зернових культур до абіотичних стресових чинників довкілля, котрі можуть застосовуватися як елементи селекційних або біотехнологічних програм. Використання розроблених методів у селекції пшениці, ячменю і тритикале сприятиме створенню нових сортів, які мають цінні практичні властивості. Подальший прогрес у розробці біотехнологічних методів добору зернових культур, стійких до того чи іншого стресу, залежатиме не лише від розвитку клітинних технологій, але й від більш глибокого пізнання молекулярних механізмів регуляції та експресії генів, що детермінують цю ознаку.

Література

1. Ткачук В.І. Інновації як фактор підвищення ефективності виробництва зерна. *Ефективна економіка*. 2014. № 2. С. 1-3.
2. Черенков А.В., Гасанова І.І., Солодушко М.М. Пшениця озима – розвиток та селекція культури в історичному аспекті. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2014. № 6. С. 3-6.
3. Жемела Г.П., Кузнецова О.А. Вплив сортових властивостей на продуктивність та якість зерна пшениці м'якої озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 23-25.
4. Черчель В. Ю., Алдошин А. В., Лященко О. І. Ячмінь – стан виробництва, нові сорти і можливості. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. Вип. 6. С. 42-47.
5. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Основні напрями та завдання селекції ячменю озимого у Центральному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2016. Т. 1, № 4. С. 3-4.
6. Oettler G. The fortune of a botanical curiosity – Triticale: past, present and future. *Journal of Agricultural Science*. 2005. Vol. 143, № 5. P. 329-346.
7. Рибалка О. І., Моргун В. В., Моргун Б. В., Починок В. М. Агрономічний потенціал і перспективи тритикале. *Физиология растений и генетика*. 2015. Т. 47. № 2. С. 95-111.
8. Коць С. Я. Хлібний достаток країни - мета наукового пошуку (до 80-річчя академіка НАН України ВВ Моргуна). Вісник НАН України. 2018. № 3. С. 96-108.
9. Васильківський С.П., Гудзенко В.М., Кочмарський В.С., Кириленко В.В. Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирішення продовольчої проблеми. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 21. С. 47-51.
10. Васильківский С.П., Паустовський В.М., Худолій О.Л. Проблема реалізації потенціалу продуктивності сучасних сортів озимої пшениці. *Аграрні вісті*. 2002. № 2. С. 6-8.

11. Дем'янюк О. С. Зміни клімату – глобальна екологічна і продовольча проблема людства. *Збалансоване природокористування*. 2016. Вип. 4. С. 6-13.
12. Самець Н. П., Грицевич Ю. С., Ворончак М. В. Оцінка зміни клімату на тривалість періодів вегетації та спокою пшениці озимої. *Стратегія інтеграції аграрної освіти, науки, виробництва: глобальні виклики продовольчої безпеки та змін клімату*: Матер. міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв, 2021. С. 85-88.
13. Blum A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*. 2005. Vol. 56, № 11. P. 1159-1168.
14. Raveena, Bharti R., Chaudhary N. Drought resistance in wheat (Triticum aestivum L.): a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. Vol. 8, № 9. P. 1780-1792.
15. Bartels D., Sunkar R. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 2005. Vol. 24, № 1. P. 23-58.
16. Mwadzingeni L., Shimelis H., Dube E. et al. Breeding wheat for drought tolerance: Progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture.* 2016. Vol. 15. Iss. 5. P. 935-943.
17. Моргун, В. В., Дубровна О. В., Моргун Б. В. Сучасні біотехнології отримання стійких до стресів рослин пшениці. *Физиология растений и генетика*. 2016. Т. 48, № 3. С. 196-214.
18. Кириленко В.В. Методи створення вихідного матеріалу пшениці озимої, стійкого до несприятливих чинників довкілля Лісостепу України: автореф. дис…доктора с.-г. наук: спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво». Дніпро, 2016. 40 с.
19. Zhuk O. Formation of winter wheat plant productivity in crops. *Знание*. 2017. № 11-1 (51). С. 5-13.
20. Пикало С., Демидов О., Юрченко Т., Хоменко С., Гуменюк О., Харченко М., Прокопік Н. Методи оцінки посухостійкості селекційного матеріалу пшениці. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна.* 2020. Вип. 82. С. 63-79.
21. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / за ред. В. В. Волкодава. 2000. Київ: Алефа, С. 10-50.
22. Haley S. D. Quick J. S., Morgan J. A. Excised-leaf water status evaluation and associations in field-grown winter wheat. *Canadian Journal of Plant Science*. 1993. Vol. 73, № 1. P. 55-63.
23. Plaut Z. Plant exposure to water stress during specific growth stages. *Encyclopedia of Water Science*. 2003. P. 673-675.
24. Семушина Л.А., Синельникова В.Н. Методические указания по использованию вегетационных методов при изучении солеустойчивости однолетних сельскохозяйственных растений. Ленинград: Всесоюзный НИИ растениеводства, 1977. 20 с.
25. Олейникова Т.В., Осипов Ю.Ф. Определение засухоустойчивости сортов пшеницы и ячменя, линий и гибридов кукурузы по прорастанию семян на растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Ленинград: Колос, 1976. С. 23-32.
26. Федулов Ю.П. Методы определения устойчивости растений. Краснодар : КубГАУ, 2015. 39 с.
27. Дубровна О. В., Моргун Б. В. Бавол А. В. Біотехнології пшениці: клітинна селекція та генетична інженерія. Київ: Логос, 2014. 375 с.
28. Решетников В. Н., Спиридович Е. В., Носов А. М. Биотехнология растений и перспективы ее развития. *Физиология растений и генетика*. 2014. Т. 46, № 1. С. 3-18.
29. Дубровна О. В., Бавол А. В., Зінченко М. О. та ін. Вплив осмотичних речовин на калюсні лінії м'якої пшениці, стійкі до культурального фільтрату Gaeumannomyces graminis var. tritici. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2011. Т. 9, № 1. С. 10-16.
30. Dubrovna O. V., Bavol A. V. Variability of the wheat genome during in vitro culture. *Cytology and Genetics*. 2011. Vol. 45, N 5. P. 333-340.
31. Цыренов В. Ж. Основы биотехнологии: культивирование изолированных клеток и тканей растений: учебно-методическое пособие. Улан-Удэ: Издательство ВСГТУ, 2003. 58 с.
32. Кунах В. А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи. Київ: Логос, 2005. 730 с.
33. Бабикова А. В., Горпенченко Т. Ю., Журавлев Ю. Н. Растение как объект биотехнологии. Комаровские чтения. 2007. Вип. LV. С. 184-211.
34. Россеев В. М., Белан И. А., Россеева Л. П. Тестирование in vitro яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2011. Т. 76, № 2. С. 32-34.
35. Тагиманова Д. С., Ергалиева А. Ж., Райзер О. Б., Хапилина О. Н. Оценка генотипов яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость в условиях in vitro. *Биотехнология. Теория и практика*. 2013. № 2. С. 42-46.
36. Butt A., Ahmed N., Mubin M., Khaliq I., Lighfoot D. A. Effect of PEG and mannitol induced water stress on regeneration in wheat (Triticum aestivum L.). *Pakistan Journal of Agriculture Science*. 2015. Vol. 52, № 4. P. 1025-1033.
37. Gawande N. D., Mahurkar D. G., Rathod T. H., Jahagirdar S. W., Shinde S. M. In vitro screening of wheat genotypes for drought tolerance. *Annual Review of Plant Physiology.* 2005. Vol. 19, № 2. P. 162-168.
38. Pykalo S. V., Demydov O. A., Prokopik N. I. Voloshchuk S. I., Yurchenko T. V., Khomenko S. O. In vitro screening of the spring wheat F_2 hybrids for water deficit resistance. *ScienceRise: Biological Science*. 2018. № 3(12). С. 12-18.
39. Dragiiska R., Djilianov D., Denchev P., Atanassov A. In vitro selection for osmotic tolerance in alfalfa (Medicago sativa L.). *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 1996. Vol. 22, № 3–4. P. 30-39.
40. Генерозова И. П., Маевская С. Н., Шугаев А. Г. Ингибирование метаболической активности митохондрий этиолированных проростков гороха, подвергнутых водному стрессу. *Физиология растений*. 2009. Т. 56, № 1. С. 45-52.
41. Ahmed A. Response of immature embryos in vitro regeneration of some wheat (Triticum aestivum L.) genotypes under different osmotic stress of mannitol. *Journal of Agricultural Science*. 1999. Vol. 30, № 3. P. 25-34.
42. Спосіб відбору *in vitro* посухостійких генотипів тритикале озимого: пат. 132656 Україна: МПК A01H 4/00. No 201807903; заявл. 16.07.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. № 5. 4 с.
43. Гончарук О.М., Бавол А.В., Дубровна О.В. Морфогенез в культурі апікальних меристем пагонів високопродуктивних сортів озимої пшениці. *Физиология растений и генетика*. 2014. Т. 46, № 3. С. 245-251.

44. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962. Vol. 15, № 3. P. 473-497.
45. Dang M. T., Nguyen T. L. In vitro selection for salt tolerance in rice. *Omonrice*. 2003. Vol. 11. P. 68-73.
46. Zair I., Chlyah A., Sabounji K., Tittahsen M., Chlyah H. Salt tolerance improvement in some wheat cultivars after application of in vitro selection pressure. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 2003. Vol. 73, № 3. P. 237-244.
47. Munns R., James R. A. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil*. 2003. Vol. 253, Iss. 1. P. 201-218.
48. Sudyova V., Slikova S., Galova Z. Testing wheat and triticale callus to salt tolerance. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2002. Vol. 3. P. 67-71.
49. Спосіб добору *in vitro* солестійких генотипів тритикале озимого: пат. 125692 Україна: МПК A01H 1/04. No 201711024; заявл. 13.11.2017; опубл. 25.05.2018, Бюл. № 10. 4 с.
50. Пикало С. В., Дубровна О. В. Перехресна стійкість клітинних ліній та рослин-регенерантів тритикале озимого до абіотичних стресових чинників. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 4. С. 387-395.
51. Белянская С. Л., Шамина З. Б. Получение и характеристика клонов риса, резистентных к стрессовым факторам. *Физиология растений*. 1993. Т. 40, № 4. С. 681-685.
52. Спосіб *in vitro* добору сортів зернових колосових культур із комплексною стійкістю до абіотичних факторів середовища: пат. 147289 Україна: МПК A01H 1/04. No 202006966; заявл. 30.10.2020; опубл. 28.04.2021, Бюл. № 17. 4 с.
53. Farshadfar E., Jamshidi B., Cheghamirza K., da Silva J. A. T. Evaluation of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using *in vivo* and *in vitro* techniques. *Annals of Biological Research.* 2012. Vol. 3. Iss. 1. P. 465-476.

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.064
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.14

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ЛІСАХ УКРАЇНИ

Босак П.В.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
вул. Клепарівська, 35, 79007, м. Львів
pasha.bosak@ukr.net

Ліси України за своїм призначенням і розташуванням виконують переважно водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі та інші функції і забезпечують потреби суспільства в лісових ресурсах. До особливостей лісів України належать: порівняно низький середній рівень лісистості території країни; зростання лісів у різних природних зонах (Поліссі, лісостепу, степу, Українських Карпатах та гірському Криму), що зумовлює істотні відмінності щодо рослинних умов, методів ведення лісового господарства, використання лісових ресурсів; екологічне значення лісів та висока їх частка (понад 50%) з режимом обмеженого лісокористування; високий відсоток заповідних лісів (понад 15%), який має тенденцію до зростання; сформоване закріплення лісів за постійними лісокористувачами; більшість лісів України є штучно створеними і потребують посиленого догляду. Ліси на території України розташовані дуже нерівномірно. Вони сконцентровані переважно у Поліссі та Українських Карпатах. Лісистість у різних природних зонах має значні відмінності й не досягає оптимального рівня, за якого ліси впливають на клімат, ґрунти, водні ресурси, пом'якшують наслідки ерозійних процесів, а також забезпечують одержання більшої кількості деревини. Ліси України сформовані понад 35 видами деревних порід, серед яких: дуб звичайний (*Quercus robur*), сосна звичайна (*Pinus silvestris* L.), бук звичайний (*Fagus sylvatica*), ялина європейська (*Picea abies* L.), береза (*Betula pendula*), вільха (*Alnus glutinosa*), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.), ялиця (*Abies alba*) тощо.

Один зі способів заподіяння шкоди лісам – це знищення або пошкодження лісових насаджень. У статті розглянуто і систематизовано наукові підходи до екологічної безпеки. Викладено короткий аналіз сучасного стану лісів України, наведено дані про результати досліджень з проблеми оптимальної лісистості території країни, визначено проблеми розвитку лісів та лісового господарства в сучасних умовах. Надано рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки, що доцільно застосовувати в лісах України за умов раціонального використання природних ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля.
Ключові слова: екологічна безпека, пожежна безпека, лісовий масив, довкілля.

Improving environmental safety in the forests of Ukraine. Bosak P.

The forests of Ukraine by their purpose and location perform mainly water protection, protection, sanitation, health and other functions and meet the needs of society in forest resources. The peculiarities of Ukraine's forests include: relatively low average level of forest cover in the country; forest growth in different natural areas (Polissya, Forest-Steppe, Steppe, Ukrainian Carpathians and mountainous Crimea), which contains significant differences in plant conditions, methods of forest management, use of forest resources; ecological value of forests and their high share (over 50%) with a regime of limited forest use; a high percentage of protected forests (over 15%), which tends to increase; formed consolidation of forests for permanent forest users; most of Ukraine's forests are artificially created and need intensive care. Forests in Ukraine are very unevenly distributed. They are concentrated mainly in Polissya and the Ukrainian Carpathians. The forest cover in different natural areas has significant differences and does not reach the optimal level at which forests affect the climate, soils, water resources, mitigate the effects of erosion processes, and provide more wood. Forests of Ukraine are formed by more than 35 species of tree species, namely: oak (*Quercus robur*), pine (*Pinus silvestris* L.), beech (*Fagus sylvatica*), European spruce (*Picea abies* L.), birch (*Betula pendula*), alder (*Alnus glutinosa*), ash (*Fraxinus excelsior* L.), hornbeam (*Carpinus betulus* L.), fir (Abies alba).

One of the ways to cause damage to forests is the destruction or damage of forest stands. The article considers and systematizes scientific approaches to environmental safety. A brief analysis of the current state of forests in Ukraine is presented, data on the results of research on the problem of optimal forest cover of the country's territory is presented, and problems of forest development and forestry in modern conditions are identified. Recommendations on improving environmental safety are given, which should be used in order to improve environmental safety in the forests of Ukraine in the conditions of rational use of natural resources and reduce the harmful impact on the environment. *Key words:* ecological safety, fire safety, forest, environment.

Постановка проблеми. Сьогодні в усьому світі питання екологічної безпеки виходить на перше місце, а саме: забруднення довкілля; зміна екології, клімату; вирубка лісових масивів; осушення озер, знищення біоти тощо. Україна переживає не найкращі часи з точки зору екологічної безпеки в лісових масивах. Стан українських лісів залишає бажати кращого, тому екологічна безпека є дуже важливою. Всі зусилля надалі виявляться марними, якщо екологічна безпека не гарантується вчасно.

Актуальність дослідження полягає в тому, що сучасний стан українських лісів не відповідає екологічним критеріям і показникам. Площа лісів скорочується, екосистеми деградують, зокрема через

невиправдані вирубки, внаслідок чого змінюється клімат та ландшафти. Надмірна експлуатація лісових ресурсів потребує розробки ефективного механізму управління процесами їх використання та охорони, враховуючи територіальні особливості, раціональний розподіл цих процесів, та сприяння збалансованому розвитку екологічної безпеки у лісових масивах України. Це зумовлює актуальність наукових досліджень з підвищення екологічної безпеки в лісах України.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Велика кількість наукових робіт дослідників А. Голуба, Т. Данька. С. Єфимовича, Т. Каткова, А. Кузика, Г. Кожевникова, Є. Лук'янова, І. Лицур, М. Панова, Є. Стрельцова, Я. Савчука та інших присвячена особливостям екологічної безпеки в лісах України. Науковці наголошують на сучасному стані екології українських лісів, що сприяє обов'язковому підвищенню екологічної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій із питань підвищення екологічної безпеки в лісах України дозволив виявити цікаві наукові праці таких вчених, як М. Хилько [12], С. Матус, Г. Левін, Т. Карпюк, О. Денищик [8], І. Дребот [3], А. Кузик [5; 6], котрі пропонують чимало рішень щодо підвищення екологічної безпеки та пожежної безпеки в лісових масивах.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на значну увагу багатьох вчених до проблеми підвищення екологічної безпеки в лісах України, шляхи її вирішення розкриті не повністю.

Новизна обумовлена тим, що у статті проведено комплексне дослідження підвищення екологічної безпеки в лісах України. Зміст роботи та висновки дозволяють виявити більш детальні проблеми і підвищити екологічну безпеку в лісах України.

Методологічне або загальнонаукове значення полягає в обґрунтуванні та підвищенні екологічної безпеки в лісових масивах України.

Виклад основного матеріалу. Наразі характер надзвичайних ситуацій почав кардинально змінюватися, небезпеки та загрози стають ближчими, їхні дослідження все більше переходять у міждисциплінарну площину. Ризик стихійних лих зростає через антропогенну діяльність, яка є основною причиною багатьох природних катаклізмів, що стались останнім часом. Наприклад, катастрофічні повені на Закарпатті, лісові пожежі на Житомирщині, Луганщині та в Чорнобильській зоні, неконтрольована вирубка лісів, зсуви у місцях видобутку корисних копалин і місцях високої урбанізації тощо [12].

За призначенням і місцем розташування ліси виконують переважно екологічні (водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі) функції та мають обмежену експлуатаційну цінність. Вони зосереджені переважно у Поліссі та Українських Карпатах. Лісовий покрив у різних природних зонах має суттєві відмінності та не досягає оптимального рівня, за якого земельні ресурси використовуються найефективніше, формується екологічне середовище і найбільш повно розкривається весь спектр корисних властивостей лісу (рис. 1).

Ліси України є національним надбанням держави і відповідно до їх призначення та розташування виконують переважно водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі, рекреаційні, естетичні, освітні й інші функці; є джерелом задоволення потреб суспільства в лісових ресурсах. Загальна площа лісових ділянок в Україні становить понад

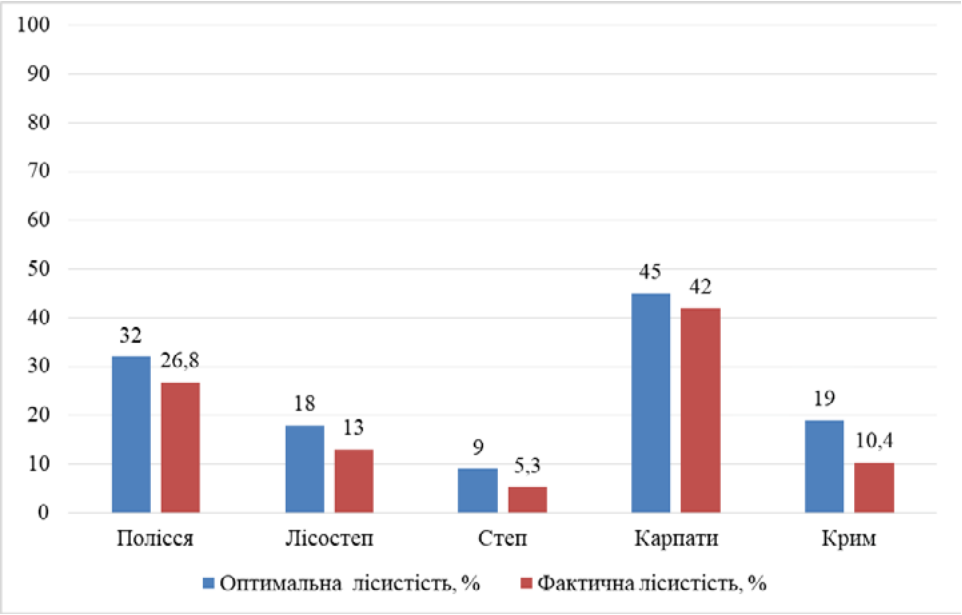


Рис. 1. Лісистість території України за природними зонами, % [11]

10 млн га. Ліс – це тип природних комплексів (екосистем), в яких переважає деревно-чагарникова рослинність, що поєднується з відповідними ґрунтами, трав'яниста рослинність, дика природа, мікроорганізми та інші природні компоненти, які взаємопов'язані у своєму розвитку і впливають один на одного та на довкілля [7].

За останні роки лісовий покрив України збільшився майже в 1,5 рази, а кількість деревини збільшилась у 2,5 рази. Запаси деревини в лісах оцінюються у 2,1 млрд м^3. Загальна середня зміна запасів досягає 35 млн м^3. Середньорічна зміна запасу на 1 га в лісах, за даними Державного агентства лісового господарства, становить 3,9 м^3 і коливається від 5 м^3 – у Карпатах до 2,5 м^3 – у степовій зоні. Спостерігається поступове збільшення запасу, що підтверджує значний економічний та екологічний потенціал лісів України.

Найбільша частка припадає на деревостій середнього віку і становить понад 45%, стиглі та перестиглі насадження складають понад 17%. Середній вік деревостанів налічує понад 60 років, також спостерігається поступове старіння лісів, що позначається на їхньому санітарному стані [10].

Отже, лісовий покрив території України становить понад 16%. Згідно з європейськими рекомендаціями оптимальний показник лісового покриву має бути 20%, тож для його досягнення необхідно створити понад 2 млн га нових лісових масивів. Водночас створення нових лісів не повинно здійснюватися за допомогою залісення унікальних степових територій.

Важливість лісів для людини можна розглядати з трьох аспектів: економічного, екологічного та соціального. Перший із них дозволяє забезпечити населення будівельними матеріалами, меблями, лікарськими засобами та іншими товарами першої необхідності. З екологічної точки зору, ліс є джерелом кисню і гарантом збереження природи, забезпечуючи біоту необхідними умовами для життя. З соціальної точки зору, ліс – це спадщина людства. З давніх часів він вважався джерелом ресурсів, які допомагали нашим предкам виживати, а саме знаходити їжу, воду і безпечний притулок [8].

Екологічна проблема лісових масивів пов'язана з нераціональною діяльністю людини в лісі, яка може спричинити катастрофічні наслідки. Деякі обставини, зокрема зміна кліматичних умов, ненормовані опади, незаконна вирубка лісу, створення сміттєзвалищ у лісовому масиві, лісові пожежі тощо, вже призвели до початку знищення лісів [1].

На жаль, одна з головних проблем сьогодні – лісові пожежі. Вони мають згубний вплив на деревні породи лісових масивів і можуть повністю знищити все навколо або серйозно пошкодити рослинний покрив. Це пов'язано з тим, що відпочинок на природі став досить популярним і внаслідок недбалості людей не тільки засмічується довкілля, але і зростає ймовірність виникнення лісових пожеж. Ця проблема залишається однією з головних для всіх країн світу, згадаймо, наприклад, лісові пожежі у п'яти провінціях Турецької Республіки. Держави розробляють спеціальні заходи, спрямовані на запобігання пожежам, їхнє мінімальне поширення, своєчасне виявлення і гасіння лісових пожеж [5; 6].

Наступною проблемою лісів є побутові відходи і відходи, що утворюються внаслідок заготівлі деревини. Побутове сміття не тільки погіршує естетичний вигляд, але в більшості випадків тривалий час розкладається або взагалі не розкладається. Ця проблема є нагальною з точки зору екологічної безпеки для біоти, адже ліс є важливим не тільки тому, що в ньому ростуть деревні породи, він також є «домівкою» для багатьох видів тварин, комах. Крім того, коріння рослин захищає землю від водної та вітрової ерозії, деградації, опустелювання [9].

Екологічна система вимагає належного догляду і турботи, але люди не тільки не цінують дари природи, а й сприяють погіршенню стану довкілля. Держава повинна стежити за дотриманням правил і станом лісових масивів та притягувати до суворої відповідальності за заподіяну шкоду лісу [3]. Наразі захист лісів – одна з найактуальніших глобальних проблем. Як би не обговорювалося це питання, зупинити масову незаконну вирубку лісів все одно неможливо. Щоб зберегти лісові масиви, необхідно дотримуватися таких рекомендацій:

– посилити контроль за використанням ресурсів на державному рівні;

– відновлювати ліси після вирубок-посадок і висаджувати нові деревні породи;

– вдосконалювати законодавство, що захищає ліси від вирубування;

– притягувати до адміністративної або кримінальної відповідальності за незаконну вирубку лісу;

– відбирати для посадки тільки найстійкіші деревні породи, щоб збільшити кількість лісів;

– розробити способи використання деревних відходів;

– заборонити підприємствам, які займаються видобутком корисних копалин, використовувати великі площі лісу під вирубку для їх розвитку;

– розвивати екологічні форми туризму [10].

Таким чином, якість повітря і цілісність природи, зокрема лісових масивів, залежать від нас самих. Звісно, масова вирубка лісів – справа величезних корпорацій, але кожен на місцевому рівні може намагатися не нашкодити довкіллю, а це вже важливо для збереження лісових масивів держави [4].

Головні висновки. Основні завдання держави полягають у підвищенні екологічної безпеки в лісах України. Щоб зменшити збитки від незаконних або масових вирубок, необхідно збільшувати площу ділянок для посадки нових деревних порід, створювати і розширювати нові лісові зони, запобігати лісовим пожежам, застосовувати сучасні та ефективні методи вирубки лісів. Суспільство повинно усвідо-

мити серйозність екологічної безпеки лісових масивів і докласти всіх зусиль, щоб допомогти державі зберегти ліс.

Перспективи використання результатів дослідження полягають в тому, що розроблені теоретичні та методологічні положення, які доводяться до рівня конкретних пропозицій, придатні для впровадження в практику лісового господарства. Деякі теоретичні і методологічні положення можуть бути використані для розробки організаційно-економічних основ озеленення виробництва в лісовому комплексі на регіональному та державному рівнях.

Література

1. Виноградов В., Сайфуллин А., Виноградова А. Экологические вопросы повышения безопасности лесного хозяйства. *Молодой ученый.* 2016. № 15 (119). С. 224–225.
2. Державне агентство лісових ресурсів України. *Загальна характеристика лісів України* : вебсайт. URL: https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini (дата звернення: 09.08.2021).
3. Дребот О., Шершун М., Шкуратов О. Збалансований розвиток лісового сектора економіки в контексті європейської інтеграції України : монографія. Київ : Аграрна наука, 2014. 317 с.
4. Екологічна безпека : підручник. / В. Шмандій та ін. Херсон, 2013. 366 с.
5. Кузик А. Пожежонебезпечні властивості лісових горючих матеріалів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. № 24 (4). С. 214–218.
6. Кузик А., Попович В. Діяльність державних і міжнародних організацій у сфері захисту лісів, ландшафтного біорізноманіття та довкілля. *Пожежна безпека*. 2009. № 14. С. 91–96.
7. Лісовий кодекс України : Закон України від 21 січня 1994 р. № 3852-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text (дата звернення: 11.08.2021).
8. Базове дослідження стану та напрямів розвитку екологічної політики України та перспектив посилення участі організацій громадянського суспільства у розробці та впровадженні політик, дружніх до довкілля. Аналітичний звіт / С. Матус та ін. URL: https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2019/12/baseline-research_report_publishing-dec-2019.pdf (дата звернення: 08.08.2021).
9. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 р. / Міністерство захисту довкілля та природніх ресурсів України. URL: https://mepr.gov.ua/news/35937.html (дата звернення 14.08.2021).
10. Попович В. Ієрархічний метод класифікації пожежної та аварійно-рятувальної техніки для гасіння лісових пожеж в Україні. *Пожежна безпека*. 2012. № 20. С. 32–37.
11. Товариство лісівників України. *Загальна характеристика лісів України* : вебсайт. URL: https://tlu.kiev.ua/nasha-dijalnist/profesiino-pro-lis/objektivna-informacija-shchodo-lisiv.html (дата звернення: 05.08.2021).
12. Хилько М. Екологічна безпека України : навчальний посібник. Київ, 2017. 217 с. URL: philosophy.univ.kiev.ua/uploads/editor/Files/Vykladachi/Hylko/Хилько (дата звернення: 10.08.2021).

УДК 504.3.054:502.578+911.37
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.15

ОЦІНКА УРБОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЮ І НАСЕЛЕННЯ МІСТ УКРАЇНИ ОБЛАСНОГО ЗНАЧЕННЯ ВІД ВИКИДІВ СТАЦІОНАРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ

Васютинська К.А.
Державний університет «Одеська політехніка»
пр. Шевченка, 1, 65044, м. Одеса
e.a.vasutinskaya@op.edu.ua

У статті проведено оцінку урбогенного навантаження на територію міст і міське населення адміністративних областей від викидів стаціонарних джерел забруднення атмосфери. Проаналізовано головні чинники небезпек повітряного простору урбанізованих територій. Обговорено проблеми «міського дихання», зокрема погіршення умов розсіювання забруднюючих речовин, їхнє перенесення на великі відстані, кліматичні зміни. В якості показника урбанізації регіону застосовано індикатор еколого-демографічної урбанізації, який ураховує частку міської території регіонів, щільність міського населення і структуру його розселення. Оцінено сумарну емісію забруднюючих речовин у 189 містах обласного підпорядкування, визначено питомі показники забруднення в розрахунку на одиницю міської території і населення. Проведено диференціацію регіонів країни за значеннями параметрів екологічного навантаження від забруднення, показано співпадіння рангів за демографічним і територіальним показником. Встановлено не співпадіння питомих значень навантаження на одиницю міської території чи населення для областей із порівнянними значеннями сумарних викидів та відмічено доцільність їх урахування у програмах захисту повітря. Проведено диференціацію регіонів країни за показниками навантаження атмосферного забруднення міст відповідно до індексу еколого-демографічної урбанізації. Виділено групу областей (Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Харківська) з максимальними параметрами забруднення міського повітря і рівнями урбанізації. Обговорено вплив окремих підприємств теплоенергетики та хімічної промисловості на створення високого рівня навантаження атмосферного забруднення на територію і населення Вінницької та Черкаської областей. Виділено групи областей із середніми та помірними значеннями параметрів забруднення міського повітря, яке спостерігається за високих (Одеська, Херсонська, Київська, Волинська, Хмельницька області) та низьких значень показника $(I_{edu})^n$ (Львівська, Чернігівська, Рівненська, Тернопільська, Закарпатська).
Ключові слова: індикатор урбанізації, забруднення повітря, стаціонарні джерела викидів, урбанізована територія

Assessment of urbogenic load on territory and population of regionally important Ukraine cities by emissions from stationary sources of air pollution. Vasiutynska K.

The article devoted to evaluation of the urbogenic load on the urban territory and population of regions from stationary sources of emissions. The main factors of dangers in the city airspace are analyzed, the problems of "urban breathing" are discussed, including the deterioration of the conditions for dispersion of pollutants, their transport over long distances and climatic changes. The indicator of ecological and demographic urbanization is used as an indicator of the region urbanization, taking into account the share of the urban area of the regions, the density of the urban population and the structure of its settlement. The total emissions of pollutants in 189 regionally important cities, certain specific indicators of pollution per unit of urban area and population are estimated. The differentiation of regions is carried out in accordance with the values of the parameters of the environmental load from pollution, the coincidence of the ranks in terms of demographic and territorial indicators is shown. The difference between the specific values of the load per unit of the urban area or the population for regions with comparable values of total emissions was established and the practicability of taking them into account in air protection programs was noted. Differentiation of the country's regions was carried out according to the indicators of the atmospheric pollution load of cities in linkage with the ecological and demographic urbanization index. A group of regions (Dnepropetrovsk, Donetsk, Zaporozhye, Kharkov) with the maximum parameters of urban air pollution and levels of urbanization has been identified. The article discusses the influence of individual enterprises of the heat power and chemical industry on the high level of atmospheric pollution load on the territory and population of Vinnitsa and Cherkasy regions. The groups of regions with average and moderate values of the parameters of urban air pollution, which is observed at high (Odessa, Kherson, Kiev, Volyn, Khmelnitsky regions) and low values of the indicator (Iedu) n (Lvov, Chernigov, Rivne, Ternopil, Transcarpathian), have been identified. *Key words:* indicator of urbanization, air pollution, stationary sources of emissions, urban area

Постановка проблеми. Науково-технічний прогрес і зростання ролі міст у світовій економіці остаточно визначили урбанізаційний напрямок розвитку суспільства. Водночас урбанізація поглиблює екологічні проблеми деградації навколишнього середовища передусім через забруднення атмосфери. Викиди забруднюючих речовин (ЗР) у міське повітря комплексно впливають на здоров'я людей, продуктивність природних і штучних екосистем, агроценозів тощо, спричинюють глобальні зміни клімату і руйнацію озонового шару та загалом порушують асиміляційну здатність і сталість атмосферного середовища. Негативні процеси, зумовлені урбанізацією, свідчать про зростання рівня небезпеки атмосферного повітря в межах міських територій і у глобальному масштабі.

Екологічне навантаження на атмосферне середовище від викидів стаціонарних джерел визначається структурою промислово-енергетичного комплексу, масштабами господарської діяльності. Стрімке розширення міських територій із концентруванням у них населення призводить до зростання споживання електроенергії, продуктів харчування, промислових товарів та інфраструктурних послуг. Переважне використання в Україні вугілля та іншого викопного палива для опалення спричинює великі обсяги викидів забруднюючих речовин, таких як діоксид сірки (SO_2), оксиди азоту (NO_x), оксиди вуглецю (CO_x), аерозолі твердих часток ($PM_{2.5}$), летючі органічні сполуки (ЛОС).

Значне забруднення повітряного басейну міст України впливає на здоров´я населення, погіршує якість і скорочує тривалість життя. Аналіз показників навантаження повітряних емісій на міські території і населення є необхідним кроком для встановлення характеру взаємозв´язків між основними факторами урбанізації та рівнем безпеки атмосферного повітря.

Мета дослідження – аналіз навантаження стаціонарними джерелами забруднення атмосфери на територію і населення міст обласного значення регіонів України залежно від інтегральних показників урбанізації.

Актуальність роботи обумовлена розробленням методів індикаторної оцінки забруднення атмосферного середовища урбанізованих територій. **Новизна роботи** полягає у проведенні ранжування адміністративних областей за параметром забруднення міського повітряного басейну співвідносно з комплексними індикаторами урбанізації. Така диференціація дозволяє оцінювати значення міст як джерел впливу на загальний стан атмосферного середовища на регіональному та загальнодержавному рівнях.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Проведення кількісного оцінювання впливу урбанізованих територій адміністративних областей України спрямоване на забезпечення безпечного стану атмосферного повітря відповідно до Закону України «Про охорону атмосферного повітря» [1] та завдань «зменшення негативного впливу процесів урбанізації на навколишнє природне середовище», визначених Указом Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Небезпеки, зумовлені забрудненням міського повітряного простору, в умовах прискореної урбанізації ретельно досліджуються науковцями різних країн [3–7]. Результати низки наукових праць [4, 5] свідчать про те, що забруднення міст буде тільки зростати із збільшенням міського населення та індустріальним розвитком. Авторами роботи [3, 6] встановлено сполучений зв´язок між безпекою атмосферного середовища і такими проявами урбанізації, як зростання доходів населення за показником валового внутрішнього продукту (ВВП), рівня споживання промислової продукції, інших чинників індустріалізації. Демографічний фактор визначають як основну рушійну силу деградації повітряного середовища автори роботи [4], котру тільки частково стримують економічна й технологічна модернізація.

Викиди забруднюючих речовин (ЗР) із великих міських і промислових районів та мегаполісів переносяться на відстані до тисяч кілометрів і впливають на якість повітря далеко за їх межами. Це викликає проблеми глобальних змін прозорості, хімічного складу й окислювальної здатності нижніх шарів атмосфери, розчинення озонового шару, кліматичні зміни, схарактеризовані авторами роботи [7]. Від забруднення страждають не тільки мегаполіси. За даними [5] встановлено, що більшість міст із максимальними викидами на душу населення мають середній розмір із чисельністю жителів менше 500 000 осіб.

У роботах українських науковців досліджено особливості формування стану атмосферного середовища міст, які знаходяться під дією урбогенно-техногенного впливу, на прикладі індустріально розвинених регіонів із великою кількістю небезпечних об´єктів промисловості, транспорту, енергетики. Визначення підвищеного рівня небезпеки атмосферного повітря в місті Кременчук проведено в роботі [8], у місті Одеса – в роботі [9], у містах південних областей – у роботі [10]. Протягом останніх років розгорнуті дослідження вразливості міського населення в умовах розміщення стаціонарних і господарських джерел забруднення в густонаселених житлових районах. Надзвичайно високий індекс небезпеки хронічного інгаляційного ризику визначений для здоров´я населення Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації, зокрема для населення міста Сєвєродонецьк він становить 23.6, для міста Рубіжне – 33.7, а високе значення індексу небезпеки для жителів міста Лисичанськ становить 6.5 [11]. Аналогічне підвищення ризиків неканцерогенного забруднення повітря внаслідок викидів небезпечних об´єктів машинобудівної і металургійної промисловості визначене для населення міських агломерацій Дніпропетровської та Харківської областей [12]. Але кількісні методи оцінювання внеску урбанізованих територій до загального рівня небезпеки повітряного середовища регіонів досліджені не досить повно, вони не враховуються під час розроблення заходів із охорони атмосферного повітря.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Проблема оцінювання урбанізаційних впливів на довкілля спричинена тим, що сучасні міста – дуже складні, багатокомпонентні системи, межі яких досить складно визначити. Методологія кількісного оцінювання внеску урбанізованих територій у загальний стан безпеки повітряного середовища практично не розроблена в Україні. Зокрема, не досить ураховані особливості урбанізаційних проце-

сів у різних за демографічними параметрами, промисловим потенціалом і природними умовами адміністративних областях. Отже, визначення показників навантаження населення і території полютантами від стаціонарних джерел забруднення повітряного середовища регіонально значущих міст у співвідношенні з індикаторними оцінками урбанізації має **методологічне й загальнонаукове значення** задля збереження природної якості повітря.

Виклад основного матеріалу. **Методика дослідження.** У роботі використані методи статистичного і графічного аналізу. Відомості про викиди стаціонарних джерел забруднення атмосфери в містах обласного підпорядкування були зібрані з Екологічних паспортів регіонів за 2020 р. [13] та уточнені згідно зі статистичною інформацією Державної служби Статистики України [14] та Головних управлінь статистки в регіонах [15] (без урахування даних із тимчасово окупованих територій). Показники чисельності населення і площі територій зазначених міст були розраховані відповідно до інформації, взятої із Екологічних паспортів [13], звітів регіональної статистики [15] і Статистичного збірника «Україна у цифрах: 2021» [16].

В якості комплексних показників урбогенності адміністративних областей України використаний індикатор еколого-демографічної урбанізації у нормалізованому вигляді, визначений і розрахований автором у попередніх дослідженнях [18, 19] на основі показників щільності міського населення і частки урбанізованої території регіонів, який ураховував структуру системи розселення міського населення. З метою досягнення порівнянності результатів нормалізація значень показників проводилася за алгоритмом, наведеним у роботі [18]. Графічний аналіз здійснений за допомогою програмного забезпечення MS Office Excel.

Вплив міського метаболізму на забруднення повітряного простору. Забруднення повітряного басейну міст, по суті, є невід'ємним складником міського метаболізму. Міста споживають матеріали та енергію, такі як воду, атмосферний кисень, продукти харчування, промислові товари й сировину для їх виготовлення, паливо, електроенергію. Після споживання утворюються відходи, зокрема газоподібні забруднюючі речовини та аерозолі. Отже, «міське дихання» можна представити як споживання чистого повітря і передусім атмосферного кисню та дисипацію первинних і вторинних забруднювачів в атмосферу. Газоподібні забруднюючі речовини (ЗР) і зважені тверді частки у вигляді аерозолів переносяться на величезні, до тисяч кілометрів, відстані, вносячи вагомий внесок у загальне забруднення повітряного басейну.

Зазначимо, що крім безпосереднього впливу викидів ЗР на безпеку повітряного середовища, існують непрямі опосередковані ефекти, зумовлені порушенням умов розсіювання в повітряному просторі міст. Кліматичні зміни урбанізованих територій відбуваються як результат взаємозв´язаних процесів – потепління внаслідок викидів парникових газів та інтенсивного перегріву території через міське опалення чи будь-яке інше споживання енергії. Створення островів тепла, зміни повітряного режиму, кількості й частоти опадів суттєво впливають на типову для регіону циркуляцію повітря. Багатоповерхові будинки, що створюють «ефекти каньйону», також змінюють аераційні умови розсіювання. Крім того, відзначено перенесення забруднювачів у напрямах, протилежних середнім переважаючим вітрам.

Процесам осадження аерозольних домішок перешкоджає існування специфічної урбогенно-герметизованої поверхні, котра складається з асфальту, бетону, даху численних будівель і споруд. Знищення природного ґрунтового покриву урбоекосистем загалом знижує біохімічну активність унаслідок асиміляції атмосферних забруднювачів. Отже, викиди ЗР суттєво впливають на якість життя населення, продовольчу безпеку та життєзабезпечення регіону, стан природних систем і спричинюють проблеми глобальних змін прозорості, хімічного складу, окислювальної здатності нижніх шарів атмосфери, розчинення озонового шару, а також кліматичні зміни.

Безпечне атмосферне середовище – це такий стан повітря, в якому надважливі його екосистемні функції стабільно підтримують асиміляцію відходів антропогенної діяльності та забезпечують життя і здоров´я людей на необхідному для соціально-економічної активності рівні.

Оцінка викидів від стаціонарних джерел забруднення атмосфери в містах обласного значення. Серед 461 міст України спостереженнями за станом забруднення атмосферного повітря охоплені 39 міст із визначенням вмісту 22 забруднюючих речовин, зокрема восьми важких металів. У некомерційному проєкті «Світовий індекс якості повітря», заснованому в 2007 р. [19], представлена прозора інформація з більше ніж 10 000 станцій у режимі реального часу. На європейській частині континенту щомиті 5-6 українських міст (наприклад, Кривий Ріг, Харків, Маріуполь, Запоріжжя, Бориспіль) демонструють нездоровий (червоний колір) і нездоровий для чутливих груп населення (помаранчевий колір) рівень індексу якості повітря. Аналогічно за значенням індексу забруднення відповідно до даних інтернет-платформи numbeo.com [20] такі великі обласні центри України, як Дніпро, Одеса, Київ, Харків, Львів зазначені в переліку 50 найбільш забруднених міст Європи, причому місто Дніпро із значенням Pollution Index 80,98 займає шосте місце. Перевищення цільових показників Всесвітньої Організації Охорони Здоров´я (ВООЗ) щодо річної величини дрібнодисперсних твердих часток ($TM_{2.5}$), яке спричинює приблизно 50 000 передчасних смертей на рік, також притаманне міським територіям України. За підсумком 2020 р. [21] Україна займає

8 місце в Європі (середньорічна концентрація $TM_{2.5}$ становила 19.2 мг/м^3), а Київ – 39 місце серед столиць 106 країн світу.

У цій роботі проведена оцінка сумарних викидів ЗР від стаціонарних джерел 189 міст обласного значення [16]. Їхня кількість у регіонах значно

Таблиця 1

Викиди в атмосферу від стаціонарних джерел міст обласного значення*
(підготовлено автором за даними [16])

Область	$V^{urb}_{стац.}$, тис. т	Область	$V^{urb}_{стац.}$, тис. т
Вінницька	62.89	Миколаївська	3.39
Волинська	1.51	Одеська	34.09
Дніпропетровська	410.34	Полтавська	25.905
Донецька	495.96	Рівненська	3.95
Житомирська	3.04	Сумська	8.47
Закарпатська	0.52	Тернопільська	1.39
Запорізька	151.75	Харківська	62.85
Івано-Франківська	13.63	Херсонська	8.95
Київська*	29.04	Хмельницька	2.59
Кіровоградська	2.89	Черкаська	28.33
Луганська	50.83	Чернівецька	0.70
Львівська	17.87		

* Без врахування даних щодо потужностей викидів тимчасово окупованих міст АР Криму, Донецької і Луганської областей.
**Дані Київської області враховують показники м. Києва .

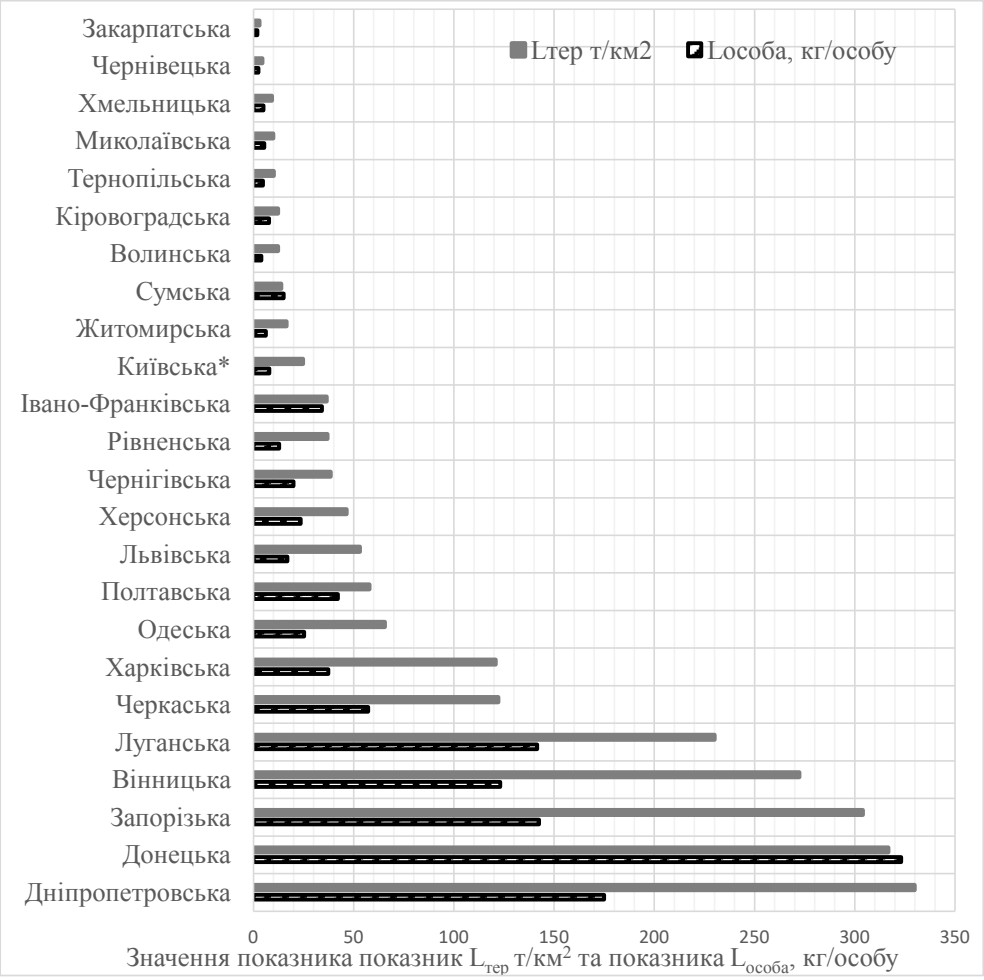


Рис. 1. Ранжування адміністративних областей України за екологічним навантаженням від забруднення повітря стаціонарними джерелами міст обласного підпорядкування

варіюється від 2 міст у Чернівецькій області до 28 – у Донецькій, що не може не віддзеркалитися на сумарних потужностях повітряних емісій ($V^{urb}_{стац.}$, тис. т), як це показано в табл. 1.

Слід відмітити неповноту інформації із Донецької і Луганської областей унаслідок відсутності даних із міст, що знаходяться на тимчасово окупованій території. Особливо це стосується Луганської області, викиди від стаціонарних джерел якої оцінювалися на рівні 444 тис. т за 2013 р. [14].

Оцінка рівнів екологічного навантаження від забруднення повітря. На основі валових викидів нами розраховано питомі показники навантаження забруднюючими речовинами повітря від стаціонарних джерел у розрахунку на одиницю території (показник $L_{тер}$ т/км^2) та на 1 мешканця (показник $L_{особа}$, кг/особу) міст обласного значення. Під час проведення розрахунків ураховувалися чисельність міст обласного значення станом на 1 січня 2021 року [17] і площа їх сумарної території згідно з даними [14; 15]. У роботі проведено ранжування регіонів України за питомими показниками навантаження від забруднення повітряного басейну (рис. 1).

Гістограма рис. 1 демонструє, що ранги областей за показниками навантаження ЗР міського повітря $L_{тер}$ і $L_{особа}$ практично співпадають. Однак рівень екологічного навантаження на одиницю міської території чи населення може значно відрізнятися для областей із порівнянними значеннями сумарних викидів. Навпаки, міста з різним за потужністю і впливом на повітряний басейн промислово-господарським комплексом відчувають схожий рівень навантаження на територію. Зокрема, нами відмічено практично рівні значення $L_{тер}$ для Харківської і Черкаської областей за дуже різних внесків цих міст у регіональне забруднення. Територія міст Полтавської, Львівської, Одеської, Херсонської областей також характеризується близьким значенням показника $L_{тер}$, хоча сумарні викиди відрізняються більш ніж у 3 рази (табл.1).

Навантаження на населення міст обласного значення варіює в широких межах: від 2 кг/особу (для міст Закарпатської області) до 323 кг/особу (для міст Донецької області). Зазначимо, що визначені питомі показники екологічного навантаження ЗР на територію і населення доцільно враховувати для контролю якості повітря, під час визначення стандартів сталості міст, у разі вирішення питань фінансового забезпечення проєктів із підтримання природного стану повітряного середовища.

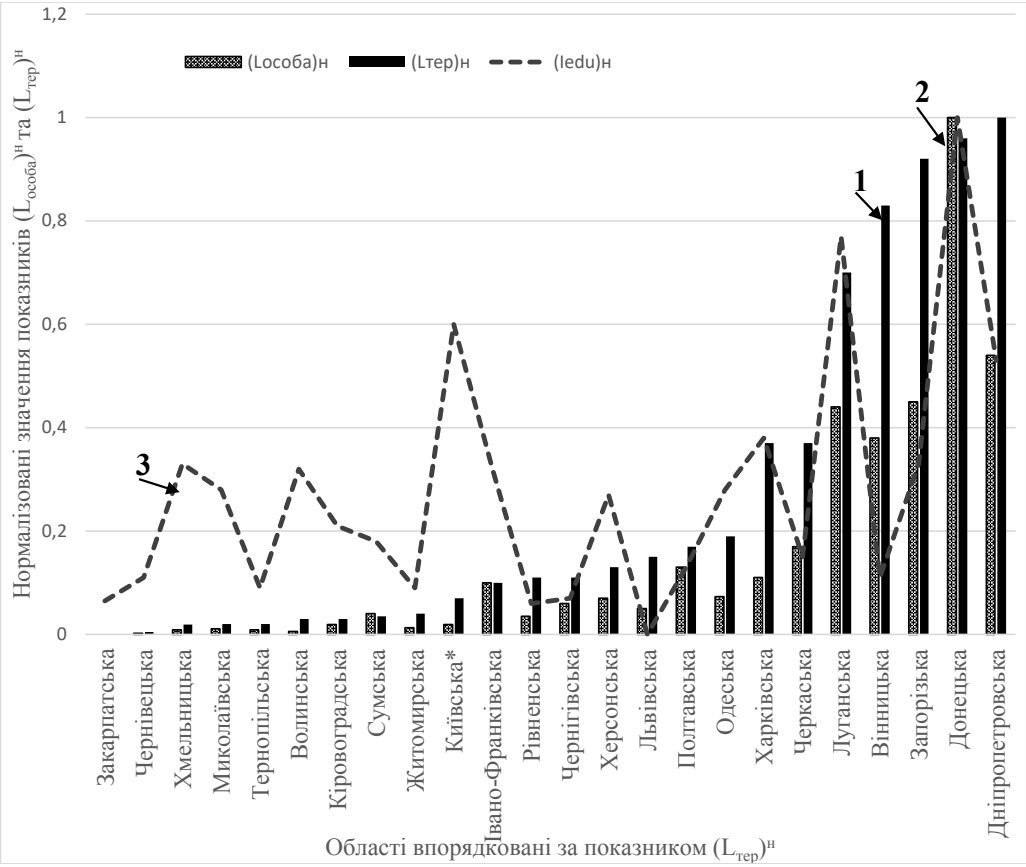


Рис. 2. Диференціація областей України за нормалізованими параметрами екологічного навантаження на територію та населення забруднюючими речовинами повітря від стаціонарних джерел у співвідношенні з комплексним показником урбанізації: 1 – $(L_{тер})^н$; 2 – $(L_{особа})^н$; 3 – $(I_{edu})^н$

Аналіз навантаження стаціонарними джерелами забруднення атмосфери на територію і населення міст в залежності від інтегральних показників урбанізації. Для проведення аналізу в цій роботі застосовано індекс еколого-демографічної урбанізації $(I_{edu})^n$, розрахований згідно з [18] на основі параметрів щільності міського населення, частки урбанізованої території і структури розселення міського населення країни. Для коректного порівняння даних показники $L_{тер}$ і $L_{особа}$ нормалізовано з отриманням показників $(L_{тер})^н$ і $(L_{особа})^н$ відповідно.

На основі результатів аналізу, представлених на рис.2, всі області можна умовно поділити на дві групи за характером співвідношення індексу еколого-демографічної урбанізації та показників $(L_{тер})^н$ і $(L_{особа})^н$.

До першої групи відносяться Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Вінницька, Черкаська, Харківська області з максимальними рівнями екологічного навантаження атмосферних забруднень на міську територію та населення під впливом урбогенних факторів, які віддзеркалюють високі значення індексу $(I_{edu})^n$. Виключення стосуються Вінницької та Черкаської області із значеннями нижче середніх $(I_{edu})^n$. Високе навантаження як на територію, так і на населення пояснюється забрудненням атмосфери окремими потужними об´єктами теплоенергетики та хімічної промисловості (Ладижинської ТЕС у Вінницької області, Черкаської ТЕЦ, ПАТ «Азот» у м. Черкаси).

До другої групи віднесено області із середніми та низькими значеннями параметрів забруднення міського повітря. Більш високі значення показника $(I_{edu})^n$ спостерігаються в Одеській, Херсонській, Київській, Волинській, Хмельницькій областях, низькі – у Львівській, Чернігівській, Рівненській, Тернопільській, Закарпатській областях.

Слід зазначити, що потужні викиди від стаціонарних джерел забруднення повітряного простору відчувають міста індустріалізованих регіонів із високою щільністю населення і значною часткою урбанізованої території, що збільшує ризики для здоров'я містян та ставить під загрозу асиміляційну здатність повітряного середовища всього регіону.

Висновки. Загальний рівень небезпеки повітряного басейну міст базується на складному взаємозв'язку процесів індустріалізації і зростання міського населення з проведенням реальної політики екологізації промисловості та енергетики.

Взаємозв'язок між урбанізаційним процесом і довкіллям розвивається за двома тенденціями. З одного боку, урбанізовані території деструктивно впливають на довкілля, особливо на атмосферне повітря. Максимальне екологічне навантаження відчувають міста з концентруванням небезпечних об´єктів техносфери. З іншого боку, міста як центри економічного розвитку краще використовують науку й доступні технології. У сучасних містах більш результативно проводяться організаційні та технічні заходи з охорони повітря. Підприємства міської інфраструктури (водоочисні станції, теплоцентралі, великі ТЕЦ, автотранспортні підприємства, ринки і торгові центри) зазвичай винесені за межі міста, тоді як об'єкти техносфери розташовані переважно у промислових зонах.

Складні та неоднозначні урбанізаційні процеси необхідно враховувати під час розроблення і планування конкретних заходів із відновлення природного стану атмосферного повітря. Сучасна тенденція поглиблення впливу урбанізації на довкілля буде тільки зростати, що вимагає переміщення акценту наукових досліджень і практичних розробок із розуміння і якісної оцінки урбогенних впливів на визначення їх механізмів та розроблення методології кількісних оцінок параметрів урбанізації. Управління міським середовищем вимагає системного підходу до розроблення стратегії урбанізації з урахуванням складних взаємодій і взаємозв'язків між різними антропогенними та природними процесами.

Література

1. Про охорону атмосферного повітря: Закон України № 2707-XII від 16.10. 1992. Редакція від 05.08.2021, підстава – 1687-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text (дата звернення 10.08.2021).
2. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року: Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: https://www.president.gov.ua/documents/decrees (Дата звернення 12.08. 2021).
3. Liu W., Jiao F., Ren L., Xu X., Wang J., Wang X. Coupling coordination relationship between urbanization and atmospheric environment security in Jinan City. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 204. P. 1–11. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.244
4. Didenko N. I., Skripnuk D. F., Mirolyubova O. V. Urbanization and Greenhouse Gas Emissions from Industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* 2017. Vol. 72. P. 12-14. https://doi.org/10.1088/1755-1315/72/1/012014
5. Liang L., Wang Z., Li J. The effect of urbanization on environmental pollution in rapidly developing urban agglomerations. *Journal of Cleaner Production.* 2019. Vol. 237. 117649. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117649
6. Li M., Li C., Zhang M. Exploring the spatial spillover effects of industrialization and urbanization factors on pollutants emissions in China's Huang-Huai-Hai region. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Issue 195. P. 154-162. https://doi:10.1016/j.jclepro.2018.05.186.
7. Baklanov A., Molina L. T., Gauss M. Megacities, air quality and climate. *Atmospheric Environment*. 2016. Vol. 126. P. 235-249. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.11.059
8. Ричак Н.Л., Табачна І.М. Тенденції формування рівня забруднення атмосферного повітря урбанізованого середовища. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2012. № 3-4. С. 120-127.

9. Владимирова О.Г., Бургаз О.А., Тимощук М.О. Особливості забруднення атмосферного повітря м. Одеси діоксидом сірки й оксидом вуглецю. *Екологічні науки.* 2021. Вип. 7(34), С. 44-50. DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.8
10. A Chugai, Y Bazyka. Analysis of Technogenic Load on the Air Basin of Industrial and Urban Aglomerations in Ukraine. *Environmental Problems*. 2019. Vol. 4. No 3. P. 135-142.
11. Кравченко І.В. Аналіз сучасного стану повітря та оцінка інгаляційного неканцерогенного ризику здоров´ю населення Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації. 2021. *Екологічні науки*. № 2(35). С. 7-14. https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.1.
12. Nekos A.N., Medvedeva Y.V., Cherkashyna N.I. Assessment of environmental risks from atmospheric air pollution in industrially developed regions of Ukraine. *J. Infect. Dev. Ctries*. 2019. Vol. 28(3). P. 511-518. https://doi.org/10.15421/111947.
13. Екологічний паспорт регіонів України [Електронний ресурс] URL: https://mepr.gov.ua/news/35913.html (дата звернення 30.07.2021)
14. Державна статистична служба України [Електронний ресурс] URL: http://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення 3.08.2021)
15. Головне управління статистики Держстаторг в регіонах [Електронний ресурс] URL: https://ukrstat.org/uk/work/region.html (дата звернення 7.08.2021).
16. Державна служба статистики України: Чисельність наявного населення України на 1 січня 2021 р. http://database.ukrcensus.gov.ua/PXWEB2007/ukr/publ_new1/2021/zb_chuselnist%202021.pdf
17. Васютинська К.А., Барбашев С.В., Кімінчиджи М.І. Оцінка комплексного показника екологічної урбанізації регіонів України. *Екологічні науки*. 2020. № 3 (30). С. 7-14. https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.1.
18. Васютинська К.А., Барбашев С.В. Індикаторна оцінка впливу урбанізаційного процесу на стан природної та техногенної безпеки в регіонах України. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування:* кол.моногр. Львів: ТзОВ "ЗУКЦ", 2020. С. 232-255. book doi: 10.23939/book.ecocongress.2020 http://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2020/dec/22708/monograph2020.pdf (дата звернення 2.07.2021).
19. World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index: [on-line]. URL: https://waqi.info/uk/ (дата звернення 31.07.2021)
20. Інтернет-база даних Numbeo.com. Europe: Current Pollution Index de City. [on-line] URL: https://www.numbeo.com/pollution/region_rankings_current.jsp?region=150 (дата звернення 1.08.2021)
21. World Air Quality Report 2020: Region and City PM2.5 Ranking. URL: https://www.iqair.com/world-air-quality-report (дата звернення 4.08.2021

УДК 574.3+504.054:546.48
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.16

ПОКАЗНИКИ МІГРАЦІЇ КАДМІЮ В КУЛЬТУРБІОГЕОЦЕНОЗАХ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ М. КАМ'ЯНСЬКЕ

Гунько С.О.
Дніпровський державний технічний університет
вул. Дніпробудівська, 2, 51918, м. Кам'янське, Дніпропетровська область
gooonko@gmail.com

Характер та інтенсивність кругообігу біогенних елементів і потоків енергії – ключові характеристики стану екосистем. Особливо інформативним для біологічної індикації є кругообіг окремих елементів. Дослідження біологічного кругообігу кадмію у біосфері дозволяє оцінити його дефіцит або надлишок, ступінь токсичності у природних умовах, порушення механізму його міграції під впливом діяльності людини. Встановлено, що швидкість розкладання органічної речовини та біологічна активність ґрунту залежать не тільки від інтенсивності забруднення, але й від складу токсикантів. Знання закономірностей біогеохімічних циклів дозволяє прогнозувати їх зміни у навколишньому природному середовищі. У представленій роботі визначено показники міграції кадмію в досліджуваних фітоценозах. Відомо, що кадмій не розкладається в разі надходження до навколишнього середовища, продовжуючи циркуляцію. Нові надходження важкого металу додаються до вже існуючої кількості в довкіллі. Кадмій і його сполуки відносно водорозчинні, тому вони більш мобільні (наприклад, у ґрунті) та зазвичай відрізняються більшою біологічною доступністю та тенденцією до накопичення.

У статті наведено розрахунки запасів кадмію у штучних насадженнях і співвідношення вмісту важкого металу в підстилці й опаді (ОПК), що дозволило класифікувати швидкість кругообігу елементу в підсистемі опад-підстилка. Отримані значення опадо-підстилкового коефіцієнту як індексу інтенсивності біологічного кругообігу Cd для фітоценозів м. Кам'янське, в яких переважають дуби, клени, біла акація, дають підставу свідчити про наявність загальмованого типу біологічного кругообігу в досліджуваних компонентах біогеоценозу (бал 6 за шкалою числових показників). Підтверджено інформацію про те, що біогеохімічні цикли біогенів виявляються розірваними на стадії деструкції органічної речовини, а макро- і мікроелементи – законсервованими в шарі підстилки, тобто забруднення ґрунтів важкими металами, зокрема кадмієм, і токсичними окислами уповільнює деструкційні процеси. *Ключові слова:* вміст кадмію, екологічна характеристика, урбанізовані території, коефіцієнт концентрації, закономірності розподілу, техногенне забруднення

Characteristics of cadmium migration in artificial biogeocenoses of urbanized terrains of Kamianske. Hunko S.

The nature and the intensity of biogenic elements' cycles and streams of energy are key characteristics of ecosystem's conditions. The cycles of certain elements are especially informational for a bioindication. An examination of the biological cadmium cycle allows to estimate its deficiency or surplus, a level of toxicity in biological conditions, disorders in a process of its migration under the influence of anthropogenic factors. There was determined that the speed of decay of organic substances and the biological soil activity depend not only on an intensity of pollution, but also on toxicants' composition. The knowledge of biogeochemical cycles' appropriateness allows to forecast their changes in the environment. Values of cadmium migration in studied plant communities were established in this work. It is known, that cadmium cannot decay in the environment and continues its circulation. New arrivals of this heavy metal add to the existed amount of cadmium in the environment. Cadmium and its compounds are relatively water-soluble. Thus, they are more mobile. For example, such chemical compounds, as a rule, are more biologically accessible and have a tendency of a biological accumulation. Calculations of cadmium reserves in man-made plantations and relation of heavy metal content in a forest floor and a litterfall (FFLC), what gave an opportunity to characterize speed of element cycle in the litterfall-forest-floor subsystem, were presented in this article. Received data of forest-floor-litterfall coefficient (FFLC) as factor of the intensity of the biological cadmium cycle in Kamianske's oak-maple-false-acacia plant community attests drugged biological cycle type in the studied ecosystems (6-point, according to the scale of number scale). The data in this scientific work confirmed an information, that biogeochemical cycles of biogens are divided into several phases of a destruction of organic substances, and macro- and microelements are preserved in the layer of a forest floor, which means soil contamination of heavy metals, including cadmium and toxic oxides, which decelerate processes of destruction. *Key words:* content of cadmium, ecological characteristic, urbanized terrains, concentration factor, regularity of dispersal, technogenic pollution.

Постановка проблеми. Розвиток промисловості, її екологічно необґрунтоване розміщення, інтенсивне збільшення кількості автотранспорту в містах супроводжуються забрудненням довкілля, негативний вплив якого відбивається на фітоценотичному і ґрунтовому покриві. В урбанізованому середовищі трав'яні культури, поряд із чагарниками й деревними породами, виступають як універсальні біологічні природні фільтри очищення атмосфери, ґрунту, води від техногенних забруднень [1–5]. Лісові біоценози розвиваються за законами біологічного кругообігу речовин своєї зони. Характер та інтенсивність кругообігу біогенних елементів і потоків енергії – ключові характеристики стану екосистем. Особливо інформативним для біологічної індикації може бути кругообіг окремих елементів [6–11].

Дослідження біологічного кругообігу кадмію в біосфері дозволяє оцінити його дефіцит або над-

лишок, ступінь токсичності у природних умовах, порушення механізму міграції під впливом діяльності людини. Знання закономірностей біогеохімічних циклів дозволяє прогнозувати їх зміни в навколишньому природному середовищі.

Актуальність дослідження. Отримані відомості про вміст кадмію в едафотопах урбанізованих територій м. Кам'янське потребують постійних моніторингових досліджень та узгоджуються з «Програмою розвитку земельних відносин і охорони земель у Дніпропетровській області на 2011–2018 роки», термін дії якої закінчився і знаходиться на контролі. Оцінка антропо-техногенної дії на ґрунтовий покрив міста Кам'янське актуальна стосовно розширення інформаційної бази спостережень, яка відповідає сучасним задачам моніторингу стану навколишнього середовища.

Виклад основного матеріалу. Опадо-підстилковий коефіцієнт є показником інтенсивності міграції речовин у конкретних типах біогеоценозів, а тип міграції речовин у біогеоценозах визначається за десятибальною шкалою, запропонованою Н.І. Базилевич і Н.І. Родіним [12]. Ця шкала представлена на табл. 1.

Важливим показником біологічного кругообігу є його інтенсивність. Опадо-підстилковий коефіцієнт (ОПК) – це коефіцієнт утилізації органічної речовини, тобто показник її інтенсивності [13; 14]. Біологічний кругообіг речовин характеризується опадо-підстилковим коефіцієнтом, для визначення якого необхідна інформація про запаси підстилки та опаду в досліджуваних біогеоценозах.

Опадо-подстилковий коефіцієнт речовин визначається як відношення загального запасу лісової підстилки (степової повсті) до запасу опаду зеленої маси :

$$ОПК = \frac{загальний\_запас\_підстилки}{загальний\_запас\_опаду} \quad (1)$$

Об'єктами дослідження виступили підстилка як один із основних акумуляторів полютантів, потужність якої є одним із найбільш чутливих та інформативних показників біологічного кругообігу, та опад екосистем урбанізованих територій міста. Для розрахунку ОПК нами визначені інформативні показники запасів підстилки (табл. 2) та опаду (табл. 3) в екосистемах дубово-кленово-білоакацієвих насаджень правобережної та лівобережної частин міста.

Зниження вмісту гумусу верхніх горизонтів ґрунтів – явище типове майже для всіх сучасних міст, передусім пов'язане з вилученням листяного опаду [13]. Постійне видалення листяного опаду та підстригання газонів призводить до розмикання природних біогеохімічних циклів унаслідок знищення каналів повернення поживних речовин до ґрунтів [15–19]. З іншого боку, процеси розпаду, гуміфікації і мінералізації навіть тих рослинних решток, які не були вилучені, гальмуються внаслідок дії усього комплексу антропогенних впливів.

Таблиця 1

Десятибальна шкала числових показників біологічного кругообігу речовин

Бал	Органічна частина		Відношення підстилки до опаду	
	Опад, ц/га	Підстилка, ц/га	Індекс інтенсивності	Тип кругообігу
1	10	1	50	Застійний
2	11–25	1–5	21–50	
3	26–35	6–25	16–20	Сильно загальмований
4	36–45	26–76	11–15	
5	46–76	76–125	6–10	
6	76–100	126–250	1,6–6	Загальмований
7	101–125	251–400	0,8–1,5	Інтенсивний
8	126–225	401–600	0,3–0,7	
9	226–400	601–1000	0,1–0,2	Дуже інтенсивний
10	400	1000	0,1	

Таблиця 2

Запаси підстилки лісових екосистем м. Кам'янське

Тип міських ґрунтів	Зона міста	Екосистема	Потужність підстилки, см	Підстилка, ц/га					
				Повітряно-суха маса			Абсолютно-суха маса		
				$\overline{C}$	δ	V, %	$\overline{C}$	δ	V, %
Природні порушені	Рекреаційна правобережна частина міста	Дубово-кленово-білоакацієве насадження	1,9	110,98	11,62	10,47	108,09	11,21	10,37
Рістоземи	Рекреаційна лівобережна частина міста	Дубово-кленово-білоакацієве насадження	2,5	123,14	12,22	9,92	120,10	12,52	10,42

Потужність підстилки екосистем досліджувалася як важливий діагностичний показник інтенсивності деструкційних процесів та відображення балансу надходження і розкладу органічної речовини в екосистемі [20]. Важливою частиною пізнання особливостей біологічного кругообігу речовин в екосистемах є визначення зольного складу підстилки [21; 22]. Цей показник дозволив з'ясувати швидкість вивільнення окремих елементів живлення з органічно-мінеральної речовини під час її розкладу, а також простежити напрямок міграції Cd у ґрунті.

Потужність підстилки дубово-кленово-білоакацієвого насадження лівобережної частини міста становить 2,5 см, правобережної – 1,9 см. Такі закономірності пояснюються неоднаковим фракційним складом і різною щільністю складеності відмерлих рослинних залишків.

Запаси опаду лісових екосистем урбанізованих територій міста в середньому коливались у межах від 31,10 ± 3,15 ц/га (у правобережній частині міста) до 38,88 ± 3,95 ц/га абсолютно-сухої маси.

За отриманими даними нами розраховано опадо-підстилковий коефіцієнт речовин у штучних лісових насадженнях для визначення типу біологічного кругообігу (табл. 4).

Отримані показники опадо-підстилкового коефіцієнту свідчать про загальмований тип біологічного кругообігу в досліджуваних екосистемах (бал 6 за шкалою числових показників).

Відомо, що кадмій не піддається розкладанню під час надходження до навколишнього середовища і продовжує свою циркуляцію. Нові надходження важкого металу додаються до вже існуючої кількості в довкіллі. Кадмій і його сполуки відносно водорозчинні, тому вони більш мобільні (наприклад, у ґрунті), зазвичай відрізняються більшою біологічною доступністю і тенденцією до накопичення в організмах [23–28]. Уміст кадмію у штучних лісових насадженнях промислового міста Кам'янського представлений в табл. 5.

Вміст кадмію в підстилці та опаді дубово-кленово-білоакацієвих насаджень правобережної частини міста майже не відрізняється за своїми значеннями, тоді як вміст Cd в аналогічних досліджуваних об'єктах екосистем лівобережної частини характеризується дещо вищими значеннями.

Гумусо-акумулятивний горизонт є важливим сорбентом та накопичувачем сполук, що надходять з викидами, зокрема в підстилці їхній уміст може збільшуватися на 1–2 порядки. Накопичення

Таблиця 3

Запаси опаду лісових екосистем м. Кам'янське

Тип міських ґрунтів	Зона міста	Екосистема	Опад, ц/га					
			Повітряно-суха маса			Абсолютно-суха маса		
			$\overline{C}$	δ	V, %	$\overline{C}$	δ	V, %
Природні порушені	Рекреаційна правобережна частина міста	Дубово-кленово-білоакаціє венасадження	35,90	3,730	10,38	31,10	3,15	10,13
Рістоземи	Рекреаційна лівобережна частина міста	Дубово-кленово-білоакаціє венасадження	44,43	4,61	10,36	38,88	3,95	10,16

Таблиця 4

Інтенсивність (ОПК) біологічного кругообігу речовин у штучних лісових насадженнях м. Кам'янське

Екосистема	Зона міста	ОПК	Тип біологічного кругообігу
Дубово-кленово-білоакацієве насадження	Рекреаційна правобережна частина міста	3,14 ± 0,15	загальмований
Дубово-кленово-білоакацієве насадження	Рекреаційна лівобережна частина міста	3,09 ± 0,11	загальмований

Таблиця 5

Вміст кадмію в лісових екосистемах промислового міста Кам'янське, мг/кг

Тип міських ґрунтів	Зона міста	Екосистема	Обє'кти	$\overline{C}$± δ
Природні порушені	Рекреаційна правобережна частина міста	Дубово-кленово-білоакацієве насадження	Підстилка	0,351 ± 0,003
			Опад	0,356 ± 0,004
Рістоземи	Рекреаційна лівобережна частина міста	Дубово-кленово-білоакацієве насадження	Підстилка	0,511 ± 0,005
			Опад	0,430 ± 0,003

Таблиця 6

Запаси кадмію в лісових екосистемах промислового міста Кам'янське

Тип міських ґрунтів	Зона міста	Екосистема	Об'єкти	Cd, г/га
Природні порушені	Рекреаційна правобережна частина міста	Дубово-кленово-білоакацієве насадження	Підстилка	3,79
			Опад	1,11
Рістоземи	Рекреаційна лівобережна частина міста	Дубово-кленово-білоакацієве насадження	Підстилка	6,14
			Опад	1,67

Таблиця 7

Інтенсивність ОПК біологічного кругообігу кадмію у штучних лісових насадженнях міста Кам'янське

Екосистема	Зона міста	ОПК	Тип біологічного кругообігу
Дубово-кленово-білоакацієве насадження	Рекреаційна правобережна частина міста	3,41	загальмований
Дубово-кленово-білоакацієве насадження	Рекреаційна лівобережна частина міста	3,67	загальмований

забруднювачів значно змінює природне кількісне співвідношення окремих елементів, їхніх органічних, органо-мінеральних і мінеральних форм сполук у ґрунті. Полютанти діють як на мінеральну, так і на органічну речовину ґрунту [29; 30]. Внаслідок зниження біологічної активності ґрунтів і швидкості трансформації рослинного опаду зменшується вміст водорозчинних органічних сполук, зокрема вуглеводних і фенольних компонентів.

Для розрахунку інтенсивності міграції кадмію в досліджуваних екосистемах нами визначено запаси кадмію у дубово-кленово-білоакацієвому насадженні (табл. 6).

Співвідношення вмісту кадмію в підстилці та опаді (ОПК) дає можливість оцінити швидкість обігу мікроелементу в системі ґрунт–рослина.

Для оцінки інтенсивності міграції важких металів у досліджуваних біогеоценозах нами визначено опадо-підстилковий коефіцієнт важких металів ($ОПК_{в.м}$), який розраховується за формулою:

$$ОПК_{в.м} = \frac{\text{запаси важких металів в підстилці}}{\text{запаси важких металів в опаді}} \quad (2)$$

Швидкість розкладання органічної речовини та біологічна активність ґрунту залежать не тільки від інтенсивності забруднення, але й від складу токсикантів [31]. За даними Обухова, промислові викиди різко гальмують швидкість біологічного кругообігу в лісових екосистемах. Біогеохімічні цикли біогенів виявляються розірваними на стадії деструкції органічної речовини, а макро- і мікроелементи – законсервованими в шарі підстилки, тобто забруднення ґрунтів важкими металами й токсичними окислами уповільнює деструкційні процеси, що цілком узгоджується з отриманими нами результатами та представляє значний інтерес для подальших, більш масштабних досліджень [32–34].

Головні висновки. На основі вищезазначеного нами сформульовано такі висновки:

1. Запаси опаду лісових екосистем урбанізованих територій міста в середньому становлять 31,10 ± 3,15 ц/га (у правобережній частині) та 38,88 ± 3,95 ц/га абсолютно-сухої маси – в лівобережній частині міста.

2. Отримані показники опадо-підстилкового коефіцієнту (ОПК) свідчать про загальмований тип біологічного кругообігу в досліджуваних культурних біогеоценозах. ОПК правобережної частини міста становить 3,14 ± 0,15, лівобережної – 3,09 ± 0,11, що відповідає балу 6 за шкалою числових показників.

3. Для розрахунку інтенсивності міграції кадмію в досліджуваних культурбіогеоценозах наведені показники запасів кадмію в дубово-кленово-білоакацієвих насадженнях. У правобережній частині міста запаси кадмію в підстилці досліджуваних штучних деревних насаджень складають 3,79 ц/га, в опаді – 1,11 ц/га, у лівобережній частині в аналогічних насадженнях містяться запаси кадмію в підстилці 6,14 ц/га, в опаді –1,67 ц/га.

4. Співвідношення вмісту важких металів у підстилці та опаді зеленої маси дає можливість характеризувати швидкість обігу елемента в системі ґрунт–рослина: інтенсивність ОПК біологічного кругообігу кадмію у штучних лісових насадженнях міста Кам'янське становила 3,41 та 3,67 відповідно, що характерно для загальмованого типу кругообігу.

Література

1. Сараненко І.І. Екологічні дослідження лісових культурбіогеоценозів м. Кременчука. Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2011. 154 с.
2. Shi W, Ma X. Effects of heavy metal Cd pollution on microbial activities in soil. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2017. № 24. P. 722-725.
3. Volesky Z.R., Holan A. Biosorption of heavy metals. *Biotechnology Progress.* 1995. № 11. P. 235–250. doi:10.1021/bp00033a001.

4. Wang L., Jia X., Zhao Y., Zhang C.Y., Gao Y., Li X., Cao K., Zhang N. Effects of elevated CO_2 on arbuscular mycorrhizal fungi associated with Robinia pseudoacacia L. grown in cadmium-contaminated soils. *Science of The Total Environment.* 2021. № 768. article 144453. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.144453
5. Wu J., Song Q., Zhou J., Wu Y., Liu X., Liu J., Zhou L., Wu Z., Wu W. Cadmium threshold for acidic and multi-metal contaminated soil according to Oryza sativa L. Cadmium accumulation: Influential factors and prediction model. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2021. № 208. article 111420. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111420
6. Дмитрук Ю.М. До питання методики геохімічної характеристики ґрунтового покриву екосистем. *Агроекологічний журнал.* 2004. № 4. С. 56-63.
7. Дмитрук Ю.М. Еколого-геохімічний аналіз міграції і вмісту важких металів у ґрунтах елементарних ландшафтів. *Ґрунтознавство.* 2004. № 5(3–4). С. 26-42.
8. Дмитрук Ю.М. Біогеохімічна класифікація біогеоценозів (педоцентричний підхід). *Екологія та ноосферологія.* 2006. № 17(1–2). С. 86-90.
9. Цвєткова Н.М., Якуба М.С. Біокругообіг речовин у біогеоценозах Присамар'я Дніпровського. Дніпропетровськ: ДНУ, 2008. 112 с.
10. Biswas T., Parveen O., Pandey V., Mathur A., Dwivedi U. Heavy metal accumulation efficiency, growth and centelloside production in the medicinal herb Centella asiatica (L.) urban under different soil concentrations of cadmium and lead. *Industrial Crops and Products.* 2020. № 157. P. 585-598. doi:10.1016/j.indcrop.2020.112948
11. Yang X.E., Baligar V.C., Martens D.C., Clark R.B. Influx, transport and accumulation of cadmium in plant species grown at different Cd^{2+} activities. *Environmental Journal of Environmental Science and Health.* 1995. № 30. P. 569-583. doi:10.1080/03601239509372954.
12. Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Ленинград: Наука, 1968. 143 с.
13. Дубина А.А. Роль подстилки в жизни степного леса. Вопросы степного лесоведения. 1977. № 8. С. 46-49.
14. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. Ленинград: Наука, 1965. 264 с.
15. Якуба М.С. Характер та амплітуда біологічного кругообігу органо-мінеральних речовин у штучних лісових біогеоценозах степу. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель.* 2003. №7(32). С. 99-105.
16. Degryse F., Smolders E., Merckx R. Labile Cd complexes increase Cd availability to plants. Environmental Science and Technology. 2006. No 40. doi: 10.1021/es050894t.
17. Evangelou M.W., Daghan H., Schaeffer A. The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil. *Chemosphere.* 2004. No 57. C. 207-213.
18. Kwiatkowska-Malina J. Functions of organic matter in polluted soils: the effect of organic amendments on phytoavailability of heavy metals. Applied Soil Ecology. 2018. No 123. C. 542–545.
19. Pan J., Yu L. Effects of Cd or/and Pb on soil enzyme activities and microbial community structure. *Ecological Engineering.* 2011. No 37. P. 1889-1894.
20. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тишкова Н.В. Геохимия окружающей среды. Москва: Недра, 1976. 248 с.
21. Бессонова В.П., Зайцева І.А. Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження. *Питання біоіндикації та екології.* 2008. № 13(2). С. 1–17.
22. Мартинова Н.В., Лихолат Ю.В. Акумуляція важких металів як один з критеріїв визначення ролі ґрунтопокривних рослин в оптимізації урбанізованого середовища. *Таврійський науковий вісник.* 2010. № 71(2). С. 130-135.
23. Смольянинов И.И., Рябуха Е.В. (). Круговорот веществ в природе. Киев: Наука, 1971. 120 с.
24. Чмиленко Ф.А., Смитюк Н.М. О содержании подвижных форм тяжелых металлов в почве г. Днепропетровска. *Вісник ДНУ. Біологія. Екологія.* 2001. № 9(2). С. 128-131.
25. Cao X., Gao X., Zeng X., Ma Y., Gao Y., Baeyens W., Jia Y., Liu J., Wu C., Su S. Seeking for an optimal strategy to avoid arsenic and cadmium over-accumulation in crops: Soil management vs cultivar selection in a case study with maize. *Chemosphere.* 2021. No272, article 129891. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.129891
26. Guan Q.Y., Zhao R., Wang F.F., Pan N.H., Yang L.Q., Song N., Xu C.Q., Lin J.K. Prediction of heavy metals in soils of an arid area based on multi-spectral data. *Journal of Environmental Management*. 2019. No 243. P. 137-143.
27. Hussain B., Muhammad Nadeem Ashraf M.N., Rahman S., Abbas A., Li J., Farooq M. Cadmium stress in paddy fields: Effects of soil conditions and remediation strategies. *Science of The Total Environment.* 2021. No 754, article 142188. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142188.
28. Kim H.S., Seo B.H., Owens G., Kim Y.N., Lee J.H., Lee M., Kim K.R. Phytoavailability-based threshold values for cadmium in soil for safer crop production. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2020. No 201. P. 110866.
29. Zhang H., Ke S., Zhang S., Shao J., Chen H. Reactive transport modeling of pollutants in heterogeneous layered paddy soils: a) Cadmium migration and vertical distributions. *Journal of Contaminant Hydrology.* 2020. No 235. P.103735. doi:10.1016/j.jconhyd.2020.103735
30. Zhu Q.H., Huang D.Y., Liu S.L., Luo Z.C., Zhu H.H., Zhou B., Lei M., Rao Z.X., Cao X.L. Assessment of single extraction methods for evaluating the immobilization effect of amendments on cadmium in contaminated acidic paddy soil. *Plant, Soil and Environment.* 2012. No 58 (2). P. 98-103.
31. Гунько С.О. Закономірності розподілу кадмію в едафотопах урбанізованих територій м. Кам'янське : автореф. дис. … канд. біол. наук. Дніпро, 2021. 25 с. URL: http://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/dissertations/D08.051.04/autoreferat_6046399d5c7c2.pdf.
32. Гунько С.О. Закономірності розподілу кадмію в едафотопах урбанізованих територій м. Кам'янське : дис. … канд. біол. наук: 03.00.16 «Екологія» / Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, 2021. URL: http://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/dissertations/D08.051.04/dissertation_606016a359ebb.pdf.
33. Huang L., Wang Q., Zhou Q., Ma L., Wu Y., Liu Q., Wang S., Feng Y. Cadmium uptake from soil and transport by leafy vegetables: A meta-analysis. *Environmental Pollution.* 2020. No 264, article 114677. doi: 10.1016/ j.envpol.2020.114677.
34. Song W.Y., Park J., Eisenach C., Maeshima M., Lee Y., Martinoia E. ABC transporters and heavy metals. *Plant ABC Transporters. Springer.* 2014. P. 1-17.

УДК 550.34
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.17

ГЕОФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ В ЗАКАРПАТСЬКОМУ ВНУТРІШНЬОМУ ПРОГИНІ ЗА 2020 РІК

Ігнатишин В.В.[1,2], Ігнатишин А.В.[1], Іжак Т.Й.[2], Ігнатишин М.Б.[1], Вербицький С.Т.[1]
[1]Інститут геофізики імені С.І. Субботіна Національної академії наук України
вул. Ярославенка, 27, 79011, м. Львів
[2] Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці ІІ
пл. Кошута, 6, 90202, м. Берегове, Закарпатська область
rgstrs1962@i.ua; Adalbert_Ihnatisin@i.ua; sitkomonika@i.ua;
sergever@gmail.com, izsak.tibor@kmf.org.ua;

На території Закарпаття в Закарпатському внутрішньому прогині щороку реєструється велика кількість слабких місцевих землетрусів, серед яких виділяються 2-6 місцевих відчутних. Сейсмічне затишшя тривало 4,5 років, тому ймовірність прояву місцевого землетрусу більшої сили зростає. Попередні дослідження відмітили вплив параметрів гідрологічного, астрофізичного та аерофізичного стану на сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та сейсмічність регіону. Метою дослідження є вивчення екологічного стану регіону, вплив на нього геодинамічного та метеорологічного станів. Проведено моніторинг факторів-завад, які впливають на геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину, та їх зв'язок. Розглянуто параметри аерофізичного стану регіону та їхні варіації: вологість і температура повітря, їхній зв'язок із сейсмотектонічними явищами в регіоні. Для вирішення поставленої задачі виконано побудову просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності, часового розподілу вологості повітря, проведено порівняння інтервалів аномальних величин досліджуваних параметрів, підведені висновки. За результатами досліджень у попередні періоди відмічено вплив аерофізичних параметрів на сейсмічність регіону. Виявлено зв'язок метеорологічних параметрів із сучасними рухами кори і взаємозв'язок таких метеорологічних параметрів, як вологість повітря й атмосферного тиску. Підтверджено виявлені у попередніх дослідженнях особливості варіацій фізичних величин, що вивчаються, за періоди аномальних сучасних горизонтальних рухів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому. Результати дослідження важливі для вивчення картини екологічного стану регіону та методів вирішення проблем його геодинамічного стану. *Ключові слова:* аерофізичні параметри, вологість повітря, сейсмічний стан, геодинамічний стан, землетруси, Закарпатський внутрішній прогин, зона Оашського глибинного розлому.

Geophysical aspects of the ecological state in the Transcarpathian Inner Trough in 2020. Ihnatyshyn V., Ihnatyshyn A., Izsák T., Ihnatyshyn M., Verbytskyi S.
Numerous weak local earthquakes, including 2-6 perceptible local ones, are registered annually on the Transcarpathian territory of the Transcarpathian Inner Trough. Seismic calm lasted for 4-5 years, thus the probability of a strong local earthquake is increasing. Prior researches testified to the influence of hydrological, astrophysical and aerophysical state parameters on modern movements of the Earth's crust in the Oaș deep-seated fault area, as well as the region's seismic activity. The research aims at studying the region's ecological state, as well as the influence of geodynamic and meteorological states of the region on the latter's ecology. The authors have monitored the hindrances influencing the geodynamic state of the Transcarpathian Inner Trough and their correlation. The following parameters of the region's aerophysical state, their variations have been analysed: air humidity, air temperature, their relation to seismotectonic phenomena in the region. The solution of the set aim presupposed: forming a spatiotemporal distribution of local seismicity, temporal distribution of air humidity, comparison of intervals between anomalous values of the studied parameters, drawing conclusions. The research results from previous periods testify to the influence of aerophysical parameters on the region's seismic activity. One can clearly see the relation between meteorological parameters and modern movements of the Earth's crust, as well as the correlation of meteorological parameters: air humidity and air pressure. The peculiar character of variations of the previously researched physical values in the periods of anomalous modern lateral movements of the Earth's crust in the Oaș deep-seated fault area have been proved. The research results are significant to study the region's ecological state and the methods to settle the issues of the geodynamic state of the region under analysis. *Key words:* aerophysical parameters, air humidity, seismic state, geodynamic state, earthquakes, Transcarpathian Inner Trough, Oaș deep-seated fault.

Постановка проблеми. На території Закарпаття знаходяться геологічні структури Закарпатського внутрішнього прогину: зона Оашського глибинного розлому, Берегівське горбогір'я. На цих об'єктах проводяться комплексні геофізичні вимірювання на пунктах Відділу сейсмічності Карпатського регіону та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України. На території України розташовані такі сейсмонебезпечні зони, як Карпати і Крим. Дослідження геодинамічного стану Карпатського геодинамічного полігону є актуальним у зв'язку із підвищенням сейсмічної активності Закарпатського внутрішнього прогину. На території Закарпатського внутрішнього прогину щороку реєструються сотні слабких місцевих землетрусів, серед яких виділяються 2-6 місцевих відчутних землетрусів. Для сейсмічності регіону характерна періодичність. Слід відмітити, що останній відчутний міс-

цевий землетрус у Закарпатті зареєстрували в липні 2015 року. Сейсмічне затишшя тривало 4,5 років, тому ймовірність прояву місцевого землетрусу більшої сили зростає.

Актуальність дослідження. Важливим є вивчення зв'язку метеорологічного стану регіону та сейсмотектонічного стану, зокрема параметрів атмосферного повітря (його швидкості, напрямку вітрів, вологості й температури). Попередні дослідження засвідчили вплив параметрів аерофізичного стану на сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та сейсмічність регіону. Актуальним є продовження вивчення впливу факторів завад на екологічний стан регіону.

Метою дослідження є вивчення екологічного стану регіону, вплив на нього геодинамічного та метеорологічного станів регіону. ***Об'єкт дослідження*** – фактори-завади, що впливають на геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину, їхній зв'язок. ***Предмет дослідження*** – параметри аерофізичного стану регіону (вологість і температура повітря, їхній зв'язок із сейсмотектонічними явищами в регіоні). ***Методи дослідження*** – побудова просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності, часового розподілу вологості повітря, порівняння інтервалів аномальних величин досліджуваних параметрів, підведення висновків.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Задля вирішення проблемного питання використано результати режимних геофізичних спостережень на режимних геофізичних станціях Відділу сейсмічності Карпатського регіону та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, пунктах деформометричних спостережень у зоні Оашського глибинного розлому та Берегівського горбогір'я. За результатами дослідження в попередні періоди відмічено вплив аерофізичних параметрів на сейсмічність регіону. Нами відмічено зв'язок метеорологічних параметрів із сучасними рухами кори і взаємозв'язок таких метеорологічних параметрів, як вологість повітря й атмосферний тиск. Окрім того, відмічено зв'язок параметрів гідрологічного стану регіону та сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині: після інтенсивних атмосферних опадів із величинами, порівняними з місячними, реєструється інтенсивне розширення гірських порід протягом доби, яке завершується плавним стисненням протягом декількох діб. Така аномалія в деформаціях земної кори супроводжується підвищенням сейсмічної активності в досліджуваному регіоні. Результати дослідження важливі для вивчення картини екологічного стану регіону та розроблення шляхів вирішення проблем геодинамічного стану досліджуваного регіону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню геологічних та геофізичних процесів у сейсмонебезпечних ділянках земної кори приділено велику увагу. За результатами спостережень геофізичних полів та вимірювань варіацій їхніх параметрів представлено публікації, в яких показано особливості екологічних процесів у регіоні, зокрема в Закарпатському внутрішньому прогині, та в інших місцях, для яких характерним є погіршення екологічного стану.

На основі поглибленого геологічного аналізу, структурно-морфометричних досліджень, ГІС-аналізу, систематизації фактичного матеріалу із залученням натурних даних досліджено роль літологічного, стратиграфічного, структурно-тектонічного та геоморфологічного факторів у формуванні різногенетичних небезпечних геологічних процесів у межах цього регіону [1]. Раціональне використання природних ресурсів, особливо відновлюваних на основі інтенсивних та ефективних технологій, своєчасне виявлення і прогнозування глобальних (зовнішніх) та регіональних (внутрішніх) екологічних загроз на основі наукових досліджень в екологічній сфері – всі ці механізми покликані забезпечити декомпенсуючу протидію наслідкам екологічних загроз [2]. Для достовірної оцінки напружено-деформованого стану гірських порід і відповідно для прогнозування карстових процесів і деформацій, пов'язаних із наявністю видобувних камер і розвитком карсту, можна успішно застосовувати метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПІЕМПЗ). Показано результати профільних і площинних досліджень у межах калійного родовища солі, які свідчать про ефективність методу ПІЕМПЗ для вирішення еколого-геологічних задач [3]. Із використанням сейсмічного каталогу побудовано графіки залежності між геоакустикою і деформаціями, магнітудою та енергетичним класом, а також наведено гістограму сейсмічної активності, показано залежність магнітуди від енергетичного класу, підтверджено взаємозв'язок між геофізичними полями, що є необхідним для виявлення впливу сейсмічності на зміну інших параметрів середовища й побудови діючої моделі сейсмічності Закарпатського регіону [4]. Шляхом проведення числових експериментів отримано модельні результати, що дозволяють теоретично розрахувати й визначити напружено-деформовані стани ґрунтового масиву під інженерно-будівельними (мостовими) конструкціями, передбачити небезпеку руйнування масивів унаслідок зростання напружень і деформацій під впливом дії навантажень [5].

Особливості сейсмічної дії кожного землетрусу визначають за такими його характеристиками, як тектоніка, глибина розміщення вогнища, механізм, геометрія вогнища, напрямок і перебіг процесу розриву гірських порід, за іншими параметрами. Картина макросейсмічного поля є відображенням впливу всіх цих факторів і локальних геологічних особливостей на прояв сейсмічного ефекту в точках земної поверхні [6]. Напружено-деформований стан массиву

породи фіксують за наявністю зон мікротріщинуватості мінералів. Подальший розвиток, активізація цих зон сприяє перерозподілу продуктивних компонентів у рудах, трансформації уранових мінералів [7].

У реальних геологічних умовах на шляху проходження хвилі трапляються тектонічні порушення, неоднорідності в товщі, інтерференція хвиль та ускладнення годографів випадковими хвилями-завадами. Від достовірності визначення цих параметрів залежать коректність і виключність розв'язання прямої задачі сейсміки [8]. Підтверджено наявність на глибині 3-7 км у разі заданих параметрів моделі зони дилатансії, яка характеризується розгалуженням тріщин геологічного середовища, де відбувається стрибкоподібний процес розрядження напружено-деформованого стану порід зі зменшенням глибини, зниження тиску висхідних флюїдів і їхня поетапна дегазація [9]. Встановлено відповідність положення родовищ вуглеводнів та підвищеного теплового режиму надр [10]. Дослідження зони сучасної активізації на території України проводиться з використанням великого комплексу геолого-геофізичних даних, зокрема виділено 12 зон у межах близько половини території України. Одна з них охоплює Карпатський регіон із альпійською складчастістю, інші розміщуються у структурах платформи різного віку – від докембрійського до посткімерійського[11].

Дослідження, проведені в пунктах Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, відмітили зв'язок аерофізичного стану з геомеханічним станом геологічних структур Закарпаття у 2019 році [12]. Нами проводяться дослідження таких параметрів геофізичних полів: магнітного поля Землі, електромагнітної емісії, які виявили наявність зв'язку геофізичних полів та сейсмотектонічних процесів у Закарпатті [13]. Проведено вивчення сучасних горизонтальних рухів кори в Закарпатті у 2019 році та відмічено метеорологічний аспект сейсмотектонічних процесів [14]. Відмічено метеорологічний і сейсмічний аспекти геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину: землетруси відбуваються в періоди понижених температур і стиснень порід земної кори [15,16]. Показано актуальність і важливість геофізичних методів дослідження екологічного стану сейсмонебезпечних регіонів [17].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Вивченню впливу факторів завад геологічних процесів у сейсмонебезпечних регіонах присвячено різноманітні дослідження геофізичних полів, варіацій їх параметрів, зв'язків із параметрами геодинамічного стану регіону, зокрема сучасних горизонтальних рухів кори, їхніх кінематичних характеристик. Оскільки відомо, що геодинамічний стан регіону прямо пов'язаний із його сейсмічністю, важливо вивчити і встановити кількісні залежності між варіаціями параметрів геофізичних полів та динамікою сучасних горизонтальних рухів кори, просторово-часовим розподілом місцевої сейсмічності.

Новизна. Під час вивчення процесів підготовки і перебігу сейсмічних процесів у сейсмогенеруючих регіонах важливо отримати картину геодинамічного стану та геофізичних процесів, зокрема в Закарпатському внутрішньому прогині. Досліджуються зв'язки геофізичних полів у періоди активізації сейсмічності в регіоні, вивчаються варіації параметрів метеорологічного стану, зокрема температури та вологості повітря зі сучасними горизонтальними рухами кори в зоні Оашського глибинного розлому. Проведено дослідження впливу аерофізичних параметрів на рухи кори в напрямку схід-захід у зоні Оашського глибинного розлому у 2020 році, вивчено зв'язок сучасних горизонтальних рухів із сейсмічною активізацією регіону.

Методологічне або загальнонаукове значення. Значення проведених досліджень важливе для вирішення екологічних проблем Закарпаття геологічного характеру. На території Закарпатського внутрішнього прогину періодично погіршується екологічний стан гідрологічного характеру внаслідок паводків і повеней. Окрім того, можливі зміни екологічного стану через геомеханічні процеси – зсуви, землетруси. Оскільки прояв геомеханічних процесів у регіоні є низьким, важливо досліджувати всі зареєстровані випадки, зокрема сейсмічного характеру. Отримана і вдосконалена методика дослідження геофізичних процесів у сейсмонебезпечних регіонах може застосовуватися під час вивчення проблем екологічного стану в інших сейсмонебезпечних зонах.

Викладення основного матеріалу. На території Закарпатського внутрішнього прогину, на режимних геофізичних станціях Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, зокрема на РГС (режимній геофізичній станції) Тросник проводяться спостереження за змінами фізичних параметрів атмосфери: температури повітря, атмосферного тиску, вологості повітря, швидкості повітряних потоків та їхніх напрямків (рис.1). Отримані результати порівнюють із результатами спостережень за рухами земної кори і проявом місцевої сейсмічності. На рис.1 представлено результати дослідження за 2020 рік у місячних діапазонах.

У січні 2020 року на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 10 місцевих землетрусів, побудовано часовий розподіл місцевої сейсмічності порівняно з варіаціями вологості повітря. 23 січня 2020 року на території Виноградівського району (біля селища міського типу Вилок) зареєстровано відчутний місцевий землетрус. Останній відчутний місцевий землетрус на території Закарпатського внутрішнього прогину був зареєстрований у липні-серпні 2015 року. Землетруси відбуваються в часовий інтервал висо-

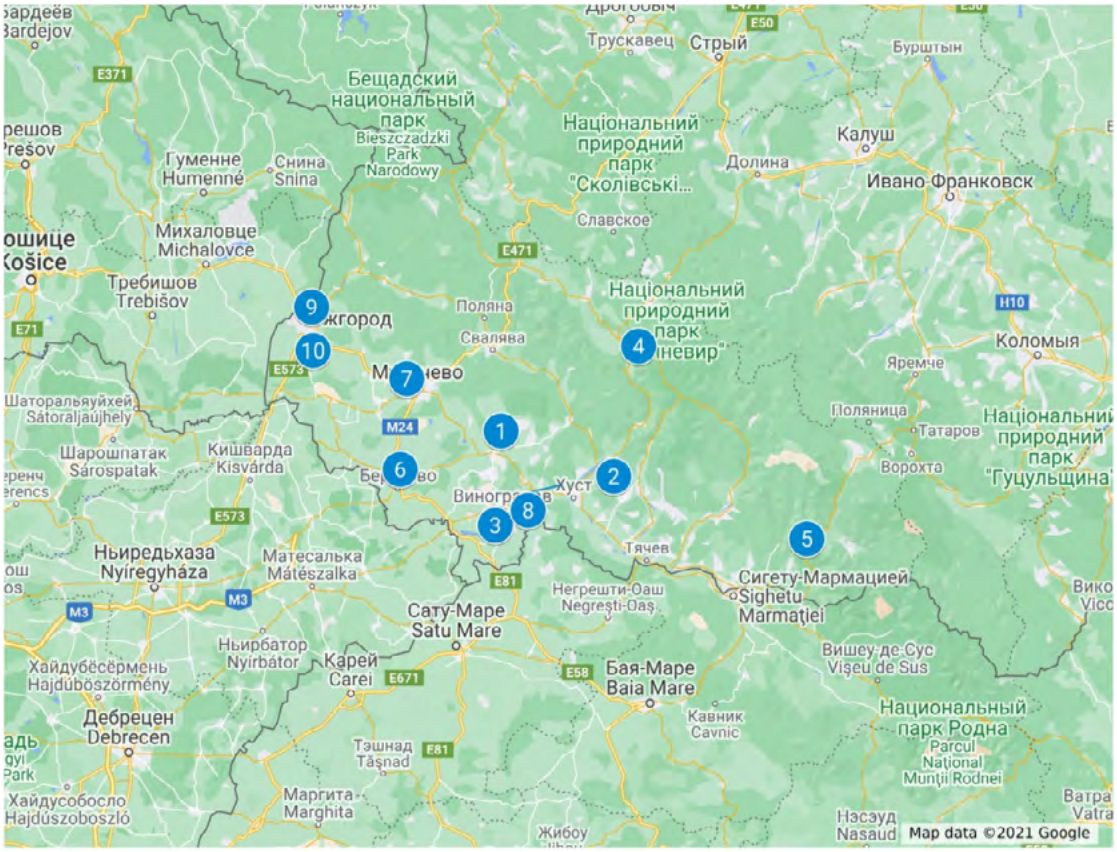


Рис. 1. Сейсмологічні та деформометричні спостереження на Закарпатті

(1 – РГС«Брід»; 2 – РГС «Нижнє Селище»; 3 – РГС «Тросник»; 4 – Сейсмічна станція «Міжгіря»; 5 – сейсмічна станція «Рахів»; 6 – РГС «Берегове»; 7 – РГС«Мукачево»; 8 – пункт деформометричних спостережень «Королеве»; 9 – Сейсмічна станція «Ужгород»; 10 – сейсмічна станція«Холмці» Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України [18].

кої вологості повітря. Розглянуто варіації вологості повітря на Режимній геофізичній станції «Тросник» у 2020 році в Закарпатському внутрішньому прогині (рис. 2).

Нами виділено періоди на початку року, коли вологість повітря становить 50-60%; відмічено декілька періодів із низькими величинами вологості повітря в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. Проведено аналіз просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності у 2020 році та розподілу вологості повітря за досліджуваний період (рис. 3).

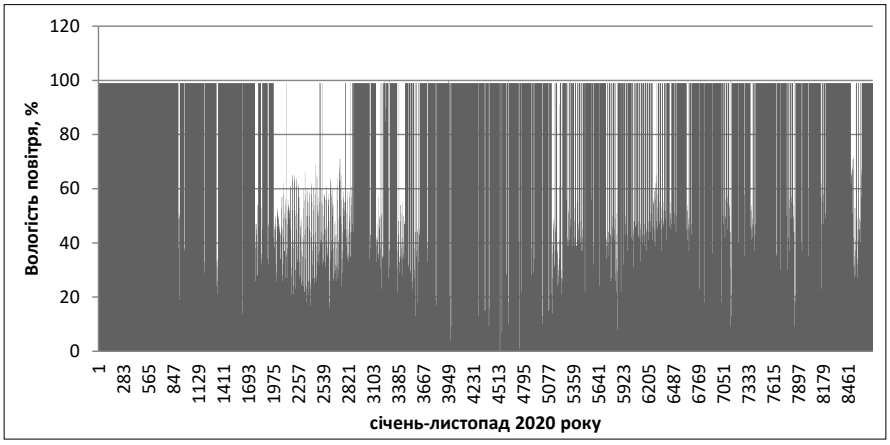


Рис. 2. Варіації вологості повітря на РГС «Тросник» у січні-листопаді 2020 року

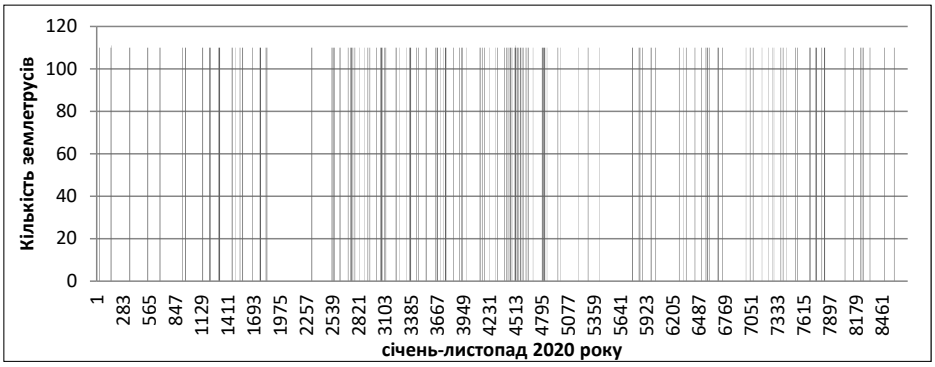


Рис. 3. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності в січні-листопаді 2020 року (Закарпатський внутрішній прогин)

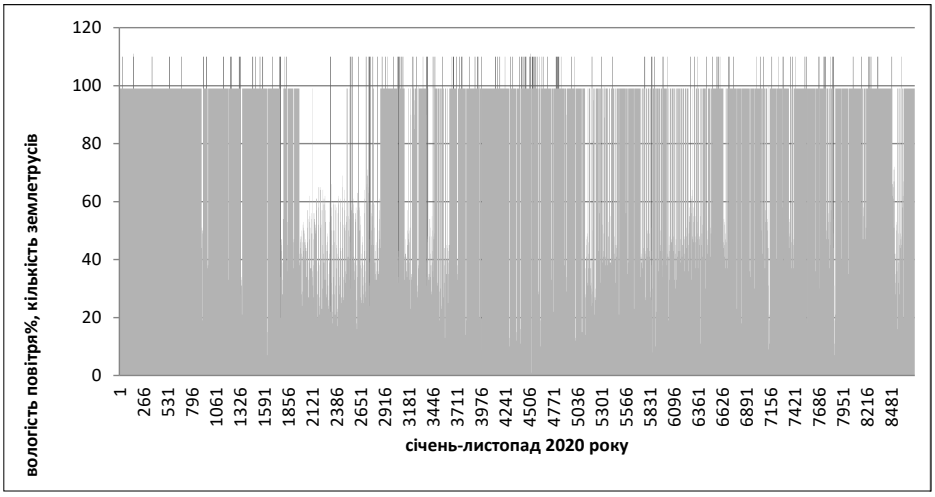


Рис. 4. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (діаграма чорного кольору) та варіації вологості повітря (діаграма сірого кольору) в січні-листопаді 2020 року (Закарпатський внутрішній прогин)

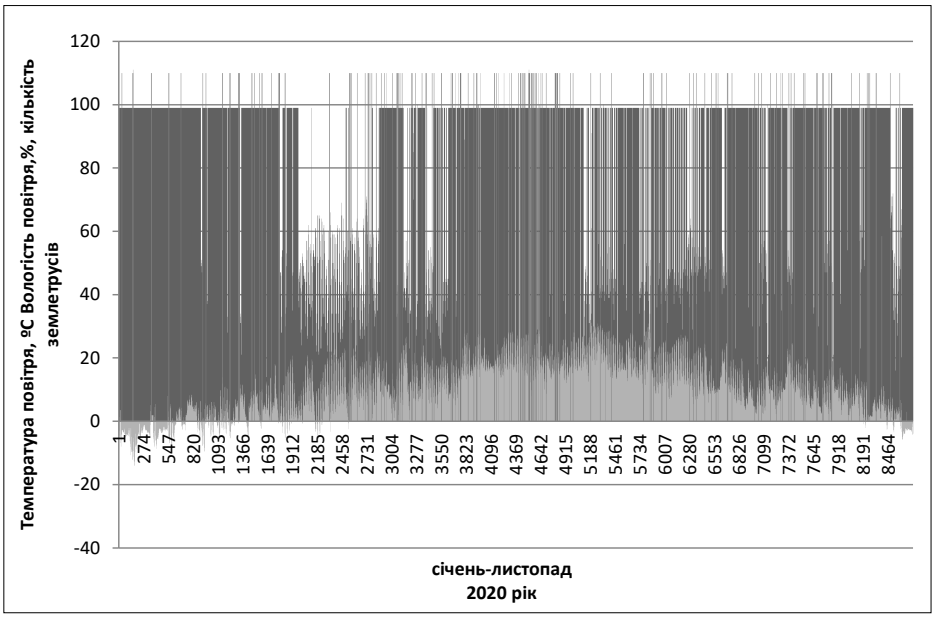


Рис. 5. Комплексний графік: температура повітря (діаграма світло-сірого кольору), вологість повітря (діаграма чорного кольору), сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) (2020 рік, Закарпатський внутрішній прогин)

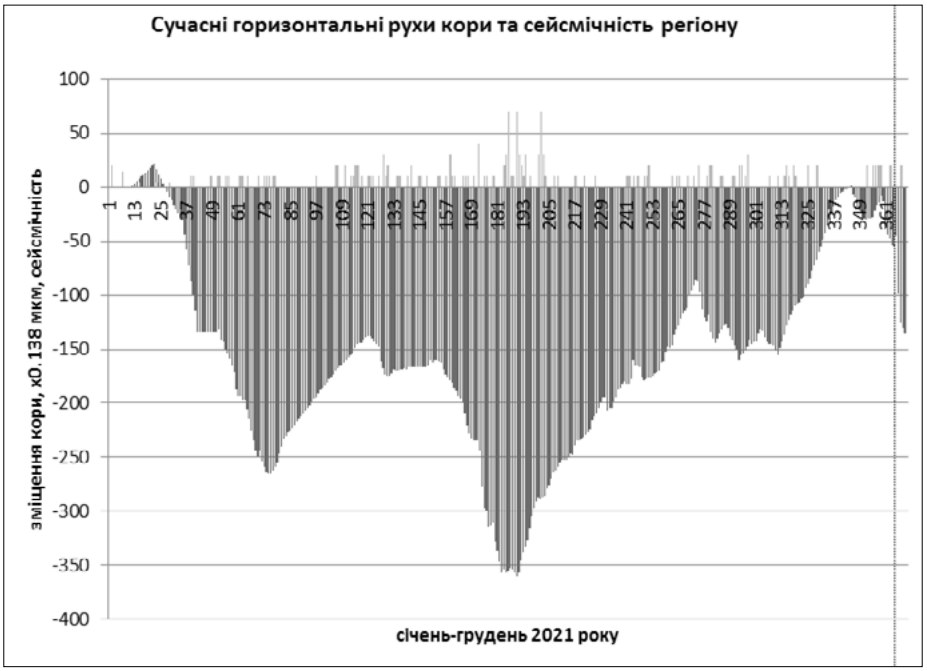


Рис. 6. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (діаграма сірого кольору), зміщення земної кори (крива чорного кольору) в Закарпатському внутрішньому прогині (2020 рік)

У січні-листопаді 2020 року на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 182 місцеві землетруси, розподілені за трьома інтервалами. Найінтенсивніший період припадає на першу половину року. Слід відмітити наявність відчутного землетрусу в січні 2020 року на території Берегівського району Закарпатської області. Проведено аналіз зв'язку метеорологічних параметрів та просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності у 2020 році (рис. 4).

Аналіз залежностей представлених геофізичних полів виявив зв'язок варіацій вологості повітря з місцевою сейсмічністю. Нами показано розподіл температури повітря у 2020 році і проаналізовано зв'язок із сейсмічністю регіону (рис. 5).

Вологість повітря пов'язана з його температурою, причому землетруси відбулися саме в періоди знижених температур. Нами представлено рухи кори в зоні вимірювання горизонтальних рухів у 2020 році та просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (рис. 6).

Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому у 2020 році характеризуються незначним стисненням на фоні загального розширення верхніх шарів земної кори величиною $+10x10^{-7}$; вони є успадкованими горизонтальними рухами в Карпато-Балканському регіоні. Рухи кори представлені високими амплітудами, що свідчить про виконання механічної роботи, на яку було затрачено велику геомеханічну енергію. Ймовірно, відбувається акумуляція енергії зміщень верхніх шарів земної кори, що може сприяти перебігу місцевої сейсмічності. Активність сейсмічності корелює з періодом мінімуму рухів кори Землі, стиснення кори. Виділені максимуми сейсмічної інтенсивності знаходяться в інтервалі періодів стиснення порід у добовому діапазоні.

Головні висновки. У центральній частині на режимних геофізичних станціях Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України Закарпатського внутрішнього прогину тривають спостереження за змінами фізичних параметрів атмосфери: температури повітря, атмосферного тиску, вологості повітря, швидкості повітряних потоків і їхніх напрямків. На території Закарпаття проводиться моніторинг таких параметрів геофізичних полів: магнітного поля Землі, радіоактивного фону середовища, електромагнітної емісії.

Проведені вимірювання сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому на деформометричній станції «Королево» виявили незначне стиснення кори. На території Закарпатського внутрішнього прогину у 2020 році зареєстрували 188 місцевих землетрусів, серед яких один відчутний місцевий землетрус інтенсивністю 4-5 балів на території Берегівського району відбувся після 4,5 років сейсмічного затишшя (для відчутних землетрусів). Більшість із них зареєстровано у період високих значень вологості, що свідчить про дію атмосфери на верхні шари земної кори та геомеханічні процеси, які в них відбуваються. Зменшення величини вологості повітря,

очевидно, пов'язана із сезонністю метеорологічного стану середовища. Зниження вологості повітря пов'язано із підвищенням атмосферного тиску, що могло викликати стиснення порід і супроводжуватися підвищенням сейсмічності. Виділено періоди на початку року, коли вологість повітря становить 50-60%. Відмічено декілька періодів із низькими величинами вологості повітря в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. Аналіз зв'язку представлених геофізичних полів виявив зв'язок варіацій вологості повітря, температури атмосфери й місцевої сейсмічності, що важливо для поповнення банку геофізичних даних задля створення моделі геологічних процесів у регіоні та вирішення завдань екологічного характеру.

Перспективи використання результатів дослідження. Актуальним є проведення геофізичних спостережень із використанням інших фізичних параметрів, зокрема атмосферного тиску, швидкості вітру, напрямку вітру, з одночасним розширенням географії наукових досліджень (фізичних полів у північно-західній та південно-східній частинах Закарпатського внутрішнього прогину, що характеризуються підвищеною сейсмічною активністю). Результати наукових досліджень дають можливість пошуку сейсмогенеруючих ділянок на території регіону.

Література

1. Іванік О., Тустановська Л., Гадяцька К. Головні чинники формування та активізації гравітаційних процесів у межах Київського Придніпров'я. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Геологія.* 2020. № 1(88). С. 6-11.
2. Зацерковний В., Плічко Л., Приліпко О., Ніколаєнко О., Мужанова Т. Обгрунтування доцільності застосування геоінформаційних систем у ландшафтно-екологічному моніторингу. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. № 1(88). С. 98-105.
3. Bagriy S., Kuzmenko E., Dzoba U. Corelation of natural pulsed electromagnetic field of the Earth with stresses and deformations, which appeared in exhausted salt fields in the precarpathians for karst creation forecasting. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. № 2(89). С. 79-88.
4. Хом'як М., Малицький Д., Асташкіна О., Махніцький О., Кравець С., Микита А., Грицай О. Регресійний аналіз сейсмічних і геофізичних параметрів та його застосування для дослідження сейсмічності Закарпатського регіону. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.*2020. № 3(90). С. 79-88.
5. Стародуб Ю., Гаврись А., Козіонова О. Моделювання впливу еколого-геофізичного стану грунтів на інженерні мостобудівні об'єкти. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. № 3(90). С. 97-103.
6. Буртиев Р.З., Карданец В.Ю. Модель главных компонент в сейсмичности зоны Вранча. *Геофизический журнал.* 2020. Т. 42, № 1. С. 65-75.
7. Баранов В.А., Маметова Л.Ф., Коровін В.Ю. Моделювання метасоматозу в радіогенних породах як чинника змінення їх властивостей. *Геофизический журнал*. 2020. Т. 42, № 1. С. 86-95.
8. Гринь Д.М. Виділення глибинних, енергетично слабких хвиль в сейсмічних записах ГСЗ . *Геофизический журнал.* 2020. Т. 42, № 1. С. 86-95.
9. Шестопалов В.М., Богуславский А.С. Термогидродинамическое моделирование влияния глубинных разломов и каналов дегазации на динамику подземных вод. *Геофизический журнал.* 2020. Т. 42, № 1. С. 3-13.
10. Лобова Г.А., Меренкова А.С., Кузьменков С.Г. Тепловой поток, термическая история материнской нижнеюрской тогурской свиты и нефтегазоносность Бакчарской мезовпадины (юго-восток Западной Сибири). *Геофизический журнал*. 2020. Т. 42, № 1. С. 14-28.
11. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Гордиенко Л.Я., Завгородняя О.В., Логвинов И.М., Тарасов В.Н. Зоны современной активизации территории Украины. *Геофизический журнал*. 2020. Т.42, № 1. С.29-52.
12. Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В., Ігнатишин В.В. Зв'язок аерофізичного стану з геомеханічним станом геологічних структур Закарпаття за 2019 рік. *XXII Міжнародна наукова конференція «Астрономічна школа молодих вчених».* Київ, 11–12 грудня 2020 р. Програма і тези доповідей. С.35-36.
13. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин А.В. Дослідження зв'язку геофізичних полів та сейсмотектонічних процесів у Закарпатті. Ignatyshin V., Ignatishin A., Izhak T., Verbytsky S., Ignatyshyn M. Research of geophysical field connections and seismotectonic processes in Transcarpathians. *Österreichisches Multiscience Journal (Innsbruck, Austria).* 2020. Vol. 2, No 30. P. 3-10. ISSN – 1740-1798
14. Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В., Вербицький С.Т., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б. Сучасні горизонтальні рухи кори в Закарпатті у 2019 році: метеорологічний аспект. *I Международная научно-практическая конференция «MODERN SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS»* 5-7 апреля 2020 года, Стокгольм, Швеция. Modern science: problems and innovations. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference. SSPG Publish. Stockholm, Sweden. 2020. 749 p. Pp. 309-316. URL: http://sciconf.com.ua. UDC 001.1 BBK 57 ISBN 978-91-87224-07-2.
15. Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б., Іжак Т.Й. Метеорологічний та сейсмічний аспекти геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину. *Сучасний рух науки* : тези доп. X міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 2-3 квітня 2020 р. Дніпро, 2020. Т. 1. 811. С. 481-486. (Modern Movement of Science: abstracts of the 10th International Scientific and Practical Internet Conference, April 2-3, 2020. Dnipro, 2020. P.1. 811 p.)
16. Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б. Метеорологічний аспект геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину за 2019 рік. *Практическое значение современных научных исследований.* Сборник материалов конференции. Одесса: Куприенко С.В., 2020. 73 с. : рис., табл. С.13-20; ISBN 978-617-7414-92-5
17. Ігнатишин В В., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б., Іжак Т.Й. Геофізичні методи вивчення екологічного стану сейсмонебезпечних регіонів. Ignatyshin V.V., Ignatishin A.V., Ignatyshyn M.B., Izhak T.Y. Geophysical methods of environmental state study. *Scientific Journal Virtus.* 2020. Issue 43. P. 98-104. ISSN 2410-4388 (Print) ISSN 2415-3133 (Online) URL: https://www.google.com/maps/d/pdf?mid=1a8Caxd_IRw0Gn84OFTr41rfgQVGLMvUp&hl=ru&pagew=792&pageh=612&llsw=47.391482%2C21.802482&llne=49.

УДК 504.055+504 (064)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.18

ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ В МІСТІ МЕЛІТОПОЛІ ТА ШЛЯХИ ЙОГО ЗНИЖЕННЯ (2017–2018 РР.)

Кошелєв О.І., Кошелєв В.О., Кучеренко Ю.О., Копилова Т.В.
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького
вул. Гетьманська, 20, 72312, м. Мелітополь, Запорізька область
aikoshelev4971@gmail.com

У статті наведено результати дослідження шумового забруднення в місті Мелітополі у 2017-2018 роках. Заміри рівня шуму проводилися з використанням стандартного портативного шумоміру на 10 стаціонарних і 20 одноразових майданчиках у різних частинах міста з урахуванням його інфраструктури й різного ступеня антропогенного навантаження. Загальна кількість вимірів для кожної точки становила 432 виміри на рік. Головною вимогою до спектру ключових ділянок є рівномірність розміщення, охоплення всіх функціональних зон і можливість паралельного виміру шуму біля його джерела і за «звуковим екраном» (усередині житлового кварталу). Вперше наведено показники рівня шумового забруднення для промислових зон міста, транспортних артерій, житлових кварталів, зон відпочинку городян. З'ясовано сезонну динаміку шумового забруднення; створено тижневі, місячні та річні графіки. Рівень шуму на центральній площі міста перевищує рівень шуму в багатоповерховому жилому секторі. За віддалення від проїжджої частини до тротуарів або жвавої вулиці рівень шуму становить близько 54-58 дБ, у спальних районах 48-55 дБ, на ринку в недільний ранок – 65-70дБ. Мінімальний рівень шуму зафіксований у парковій зоні – 36-44 дБ. Максимальний рівень шуму зафіксований на вокзалі від звуку проїжджаючого поїзда – 85 дБ. Простежується сезонна динаміка шумового забруднення в різні пори року. Максимальний рівень шумового забруднення припадає на літній час. Мінімальний рівень пов'язаний зі зменшенням транспортних потоків восени.

На основі результатів дослідження складено карту шумового забруднення міста Мелітополь. Основним джерелом шумового забруднення є автомобільний (дає 60-70 дБ) і залізничний транспорт (85 дБ), дрібні приватні підприємства. Обговорено шляхи зниження рівня шумового забруднення (зміна графіку й обмеження руху автотранспорту, будова шумозахисних зелених насаджень, віддаленість спальних мікрорайонів від автомагістралей та інші). Зелені насадження, розташовані між джерелами шуму (транспортні магістралі, електропоїзди тощо) та житловими будинками, ділянками для відпочинку і спортивними майданчиками, знижують рівень шуму на 5-10%. Добре розвинені чагарникові й деревні породи з густою кроною на ділянці завширшки 30-40 м здатні знижувати рівень шуму на 17-23 дБ, а невеликі сквери і внутрішні квартальні посадки окремих дерев – на 4-7 дБ. Зелені насадження виконують захисну роль тільки за правильного підбору видів, висадки і відповідної площі дерево-чагарникових порід. *Ключові слова:* шумове забруднення, екологічна оцінка, вплив шумового забруднення, джерела шуму, шумомір, точки вимірювання шуму, рівень шумового забруднення

Noise pollution in the city of Melitopol and ways to reduce it (2017–2018). Koshelev O., Koshelev V., Kucherenko J., Kopulova T.

The results of the study of noise pollution in Melitopol in 2017-2018 are presented. Noise level measurements were performed using a standard portable noise meter at 10 stationary and 20 disposable sites in different parts of the city, taking into account its infrastructure and varying degrees of anthropogenic load. The total number of measurements for each point was 432 measurements per year. The main requirement for the range of key areas is the uniformity of placement, coverage of all functional areas and the possibility of parallel measurement of noise near its source and behind the "sound screen" (inside the residential area). For the first time, indicators of the level of noise pollution for industrial zones of the city, transport arteries, residential areas, recreation areas of citizens are given. The seasonal dynamics of noise pollution is clarified, weekly, monthly and annual schedules are created. The noise level in the central square of the city exceeds the noise level in the multi-storey residential sector. Noise from construction and other works does not allow many residents of neighboring houses to sleep peacefully.. When removed from the roadway to sidewalks or busy streets, the noise level is about 54-58 dB; in sleeping areas 48-55 dB; market on Sunday morning – 65-70dB. The minimum noise level is recorded in the park area – 36-44 dB. The maximum noise level recorded at the station from the sound of a passing train – 85 dB. The seasonal dynamics of noise pollution by the seasons is observed. The minimum level is associated with a decrease in traffic flows. On the basis of the data the map of noise pollution of the city of Melitopol is made. The main source of noise pollution is road (gives 60-70 dB) and rail transport (85 dB), small private enterprises. The maximum level of noise pollution occurs in summer. Ways to reduce the level of noise pollution are discussed (changing the schedule and restricting the movement of vehicles, the device of noise-protective greenery, the distance of residential neighborhoods from highways, etc.). Greenery located between noise sources (highways, electric trains, etc.) and residential buildings, recreation areas and sports grounds, reduce noise levels by 5-10%. Well-developed shrubs and trees with a dense crown on a plot width of 30-40 m can reduce noise levels by 17-23 dB, small parks and intra-quarter plantings with individual trees – by 4-7 dB. Green plantations perform their protective role only with the correct selection of species, planting and the appropriate area of tree and shrub species. *Key words:* noise pollution, ecological assessment, impact of noise pollution, noise sources, noise meter, noise measurement points, noise pollution level**.**

Постановка проблеми и актуальність дослідження. Шум – одна із форм фізичного (хвильового) забруднення навколишнього середовища. Під шумом розуміють усі неприємні та небажані звуки чи їхню сукупність, які заважають нормально працювати, сприймати інформаційні звукові сигнали, відпочивати. Розрізняють шум постійний, непостійний, коливний, переривчастий, імпульсний. Загалом

шум – це хаотичне нагромадження звуків різної частоти, сили, висоти, тривалості, які виходять за межі звукового комфорту [1; 2]. Сучасна наука може запропонувати вельми ефективні засоби боротьби з шумом. Інженери-акустики, застосовуючи заходи та засоби колективного захисту, в одних випадках знижують надмірний шум у джерелі його виникнення, а в інших – застосовують методи зниження шуму на шляху його поширення. Якщо неможливо боротися з шумом, успішно застосовують індивідуальні засоби захисту людини – ендауральні (внутрішнього типу) та екстрауральні: протишумові навушники, шоломи, вушні заглушки (вкладки).

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Робота виконана в рамках наукових досліджень кафедри екології, загальної біології та раціонального природокористування Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького «Комплексні урбоекологічні дослідження селітебного ландшафту міста Мелітополя», «Інвентаризація міської фауни, растрове картування і створення Атласу урбанізованих видів тварин малого міста (північно-західне Приазов'я)», «Дослідження впливу твердих побутових відходів на навколишнє середовище м. Мелітополя, розробка програми їх збору та утилізації».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основою цієї роботи є публікації щодо проблеми шумового забруднення міст [3-6]. Шумове забруднення довкілля є актуальною проблемою сьогодення. Нині жертвою шуму стає не лише виробничий персонал, що працює з шумними машинами чи обслуговує шумні виробничі процеси, як це було декілька десятків років тому, але, мабуть, і кожен мешканець міста. Щорічно рівень шуму посилюється і в будинках, і на вулиці, і на виробництві. Зокрема, в сучасних великих містах за останнє десятиліття шумове забруднення збільшилося в 10-15 разів [1, 7-10]. Нині добре відомо, що шуми шкідливо впливають на здоров'я людей, знижують їхню працездатність, спричинюють захворювання органів слуху (глухоту), хвороби ендокринної, нервової, серцево-судинної систем (гіпертонія). Фізіолого-біологічна адаптація людини до шуму практично неможлива, тому регулювання й обмеження шумового забруднення довкілля – важливий та обов'язковий захід [2; 3]. Проблема боротьби з шумом гостро постала останнім часом насамперед у зв'язку з надзвичайною інтенсивністю транспортного руху. Вулицю центральної частини міста можна розглядати як вузький коридор, усередині якого відбувається багаторазове випромінювання звукової енергії.

Проблема зниження шумового забруднення довкілля є багатогалузевою, у вирішенні якої беруть участь конструктори, лікарі-гігієністи, будівельники, архітектори, містобудівники, економісти тощо [3,10]. Рівень шуму навколишнього природного середовища становить 30-60 дБ. До цього природного фону за сучасних умов додаються виробничі і транспортні шуми, рівень яких нерідко перевищує 100 децибел (дБ). Ще сто років тому рівень шуму на центральних магістралях міста Мелітополь не перевищував 60 дБ. Нині в місті є райони, де він перевищує 70 дБ (санітарна норма для нічного часу – 40 дБ), причому 60-80% міського шуму генерує автотранспорт [4; 11]. Гігієністи вважають верхньою межею шуму для лікарень і санаторіїв 35 дБ, для квартир і навчальних приміщень – 40 дБ, стадіонів і вокзалів – 60 дБ. Шум шкідливий не лише для людини. Встановлено, що рослини під впливом шуму повільніше ростуть, у них спостерігається надмірне (навіть повне, що призводить до загибелі) виділення вологи через листя, можливі порушення клітин. Гинуть листя і квіти рослин, розміщені біля гучномовця. Аналогічно діє шум і на тварин. Від шуму реактивного літака гинуть личинки бджіл, самі вони втрачають здатність орієнтуватися, у пташиних гніздах тріскається шкаралупа яєць. Хворобливо переносять шум риби, особливо в період нересту [2; 6].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Не досліджуваними залишаються питання впливу шумового забруднення на людину і тварин у місті. Об'єкт дослідження: шумове забруднення міста Мелітополя. Предмет дослідження: вплив шумового забруднення на людину та навколишнє середовище.

Мета роботи – визначення впливу шумового забруднення міста Мелітополя на людину і тварин, розроблення рекомендацій щодо його запобігання і мінімізації.

Новизна роботи полягає в дослідженні стану і причин шумового забруднення м. Мелітополя.

Методологічне або загальнонаукове значення. Отриманні результати дозволяють оцінити стан шумового забруднення міста, головні джерела забруднення, що допоможе прийняти відповідні заходи з поліпшення екологічного стану міста. Результати дослідження можуть стати основою для подальшого моніторингу стану міського середовища.

Материал та методики. Місто Мелітополь – великий та багатогалузевий промисловий центр, розташований на правому березі колись судноплавної річки Молочної. Загальна площа міста – 52 км^2, з них зелених насаджень – 2,2 тис. га. Чисельність населення – 154 тис. мешканців. Основною рисою кліматичних умов міста є спекотне літо, помірна холодна зима та недостатнє зволоження. Середньомісячна температура повітря липня становить +29° С. Тривалість літнього періоду, коли середньодобова температура перевищує +15°С, становить 126-138 днів. Середньомісячна температура січня – мінус 4°С. Абсолютний максимум низьких температур сягає мінус 30°С. Середньорічна сума опадів становить 400 мм і коливається від 350 до 450 мм [4, 11-13].

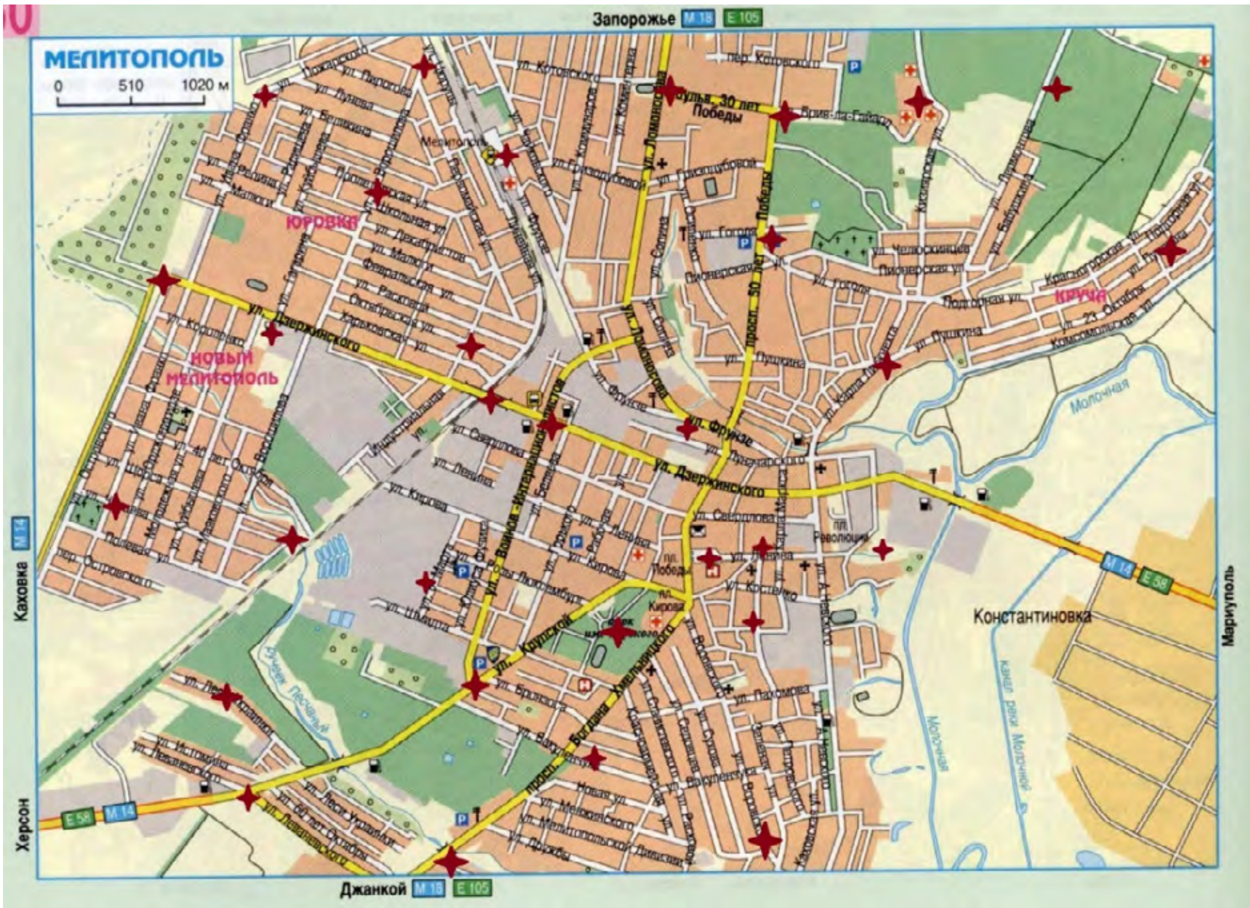


Рис. 1. Контрольні ділянки і додаткові точки для вимірювання рівня шуму

✦ – контрольні ділянки.

Економічний потенціал Мелітополя представлений машинобудуванням, харчовою та легкою промисловістю. Зокрема, в місті діє близько 75 підприємств машинобудування, найбільшими з яких є: Мелітопольський завод холодильного машинобудування «Рефма», «Мелітопольський завод тракторних гідроагрегатів» (Гідросила МЗТГ), Мелітопольський моторний завод «АвтоЗАЗ-Мотор» («МеМЗ»), «Мелітопольський компресор» («МелКом»). У приміській зоні розташоване потужне підприємство металообробки «Мелітопольський завод «Автоколірлит». У галузі харчової промисловості працюють «Мелітопольський м’ясокомбінат», хлібозавод, кондитерська фабрика «Фантазія». У місті розташовані два виробництва компанії «Олком» – «Мелітопольський олійно-екстракційний завод» та «Мелітопольський молокозавод «Олком». Через Мелітополь проходить залізнична дорога Харків – Сімферополь, є залізничний вокзал. У місті перетинаються дві євромагістралі: Е58 Одеса-Новоазовськ (у межах України М14) та Е105 Харків-Сімферополь (у межах України М18). Саме через це в місті є проблема високої напруженості руху на відрізках, де проходять транзитні автошляхи. У місті є дві автобусні станції: приміська, що сполучає місто з населеними пунктами Мелітопольського й сусідніх районів, та міжміська, з якої курсують автобуси в напрямку Запоріжжя, Енергодара, Бердянська тощо. Північніше Мелітополя розташований Мелітопольський аеропорт, який нині використовується виключно для перевезення вантажів. Парк літаків складається з вантажних Іл-76. У Мелітополі працює 17 комунальних підприємств, задіяних у сфері послуг та житлово-комунальному комплексі. На території міста є чотири парки-пам’ятки садово-паркового мистецтва: парк державного значення «Парк імені Горького» та місцевого значення «Парк залізничників», «Лісопарк» і «Парк зрошувального садівництва».

На основі рекогносцирувального обстеження території міста були визначені ключові (стаціонарні) ділянки, на яких потім проводилося вимірювання шуму. Визначено 11 основних контрольних ділянок для вимірювання рівня шуму (рис. 1; табл. 1). Окрім того, було вибрано 20 додаткових контрольних точок, у котрих проводили лише одне вимірювання: вул. Франка, вул. Будівельників, 1-й Февральський провулок, бульвар 30-річчя Перемоги, вул. Брив-ла-Гайард, вулиця Лермонтова (лісопарк), проспект 50-річчя Перемоги (кінотеатр «Перемога»), проспект 50-річчя Перемоги, вул. Університетська, вул. Черешнева, вул. Малинова, вул. Дзержинського (міст), вул. Дзержинського (автовокзал), вул. Олександра Довженка, вул. Пушкіна,

вул. Лесі Українки, вул. Леваневського, вул. Івана Алексєєва, проспект Богдана Хмельницького, вул. Монастирська. Головною вимогою до спектру ключових ділянок є рівномірність розміщення, охоплення всіх функціональних зон і можливість паралельного виміру шуму біля його джерела і за «звуковим екраном» (усередині житлового кварталу).

Одиницею вимірювання шуму є Бел – відношення діючого значення звукового тиску до мінімального значення, котре сприймається вухом людини. На практиці використовується десята частина цієї фізичної одиниці – децибел (дБ). Вимірювання рівнів шуму та октавних рівнів звукового тиску постійного шуму мають бути здійснені в кожній точці не менше трьох разів. Для наочного графічного зображення розподілу рівнів шуму у виробничих приміщеннях рекомендується складати карти шуму [14-17]. Вимірювання шуму здійснювалося за допомогою приладу – цифрового вимірювача рівня шуму. Ми вимірювали шум у вихідні і в робочі дні,

Таблиця 1

Точки стаціонарного вимірювання шумового забруднення в м. Мелітополь (2017–2018 рр.)

Назва	Середні показники рівня шуму, дБ
1. АБК	51,5-56,4 дБ
2. Головний корпус МДПУ ім. Богдана Хмельницького	66,8-74,4 дБ
3. Парк імені Горького	39,2-44 дБ
4. Центральна площа	61,6-66,9 дБ
5. Мелітопольський олійно-екстракційний завод	73,1-80,3 дБ
6. Мелітопольський молочний завод (ОЛКОМ)	61,8-74,8 дБ
7. Відділення Приазовського НПП в м. Мелітополь	70,4-72,3 дБ
8. «Північне містечко»	69,4-71,9 дБ
9. Залізнична станція	57,8-71 дБ
10. Приватний сектор	46,7-52,5 дБ
11. Багатоповерховий сектор	54,5-60,4 дБ

Таблиця 2

Шумове забруднення на Мелітопольському молокозаводі ОЛКОМ (2017–2018 роки)

Мелітопольський молокозавод ОЛКОМ	Грудень				Січень				Лютий			
	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень
Зима	72,3	69,5	74,7	77,5	75,1	79,3	73,4	71,4	75,2	73	80,1	69,2
Мелітопольський молокозавод ОЛКОМ	Березень				Квітень				Травень			
	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень
Весна	73,9	73,1	74,6	73	74,6	71,2	69,5	81,2	74,5	73,9	72,6	71,6
Мелітопольський молокозавод ОЛКОМ	Червень				Липень				Серпень			
	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень
Літо	72,3	69,5	74,7	77,5	75,1	79,3	73,4	71,4	75,2	73	80,1	69,2
Мелітопольський молокозавод ОЛКОМ	Вересень				Жовтень				Листопад			
	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень	1 тиждень	2 тиждень	3 тиждень	4 тиждень
Осінь	73,9	73,1	74,6	73	74,6	71,2	69,5	81,2	74,5	73,9	72,6	71,6

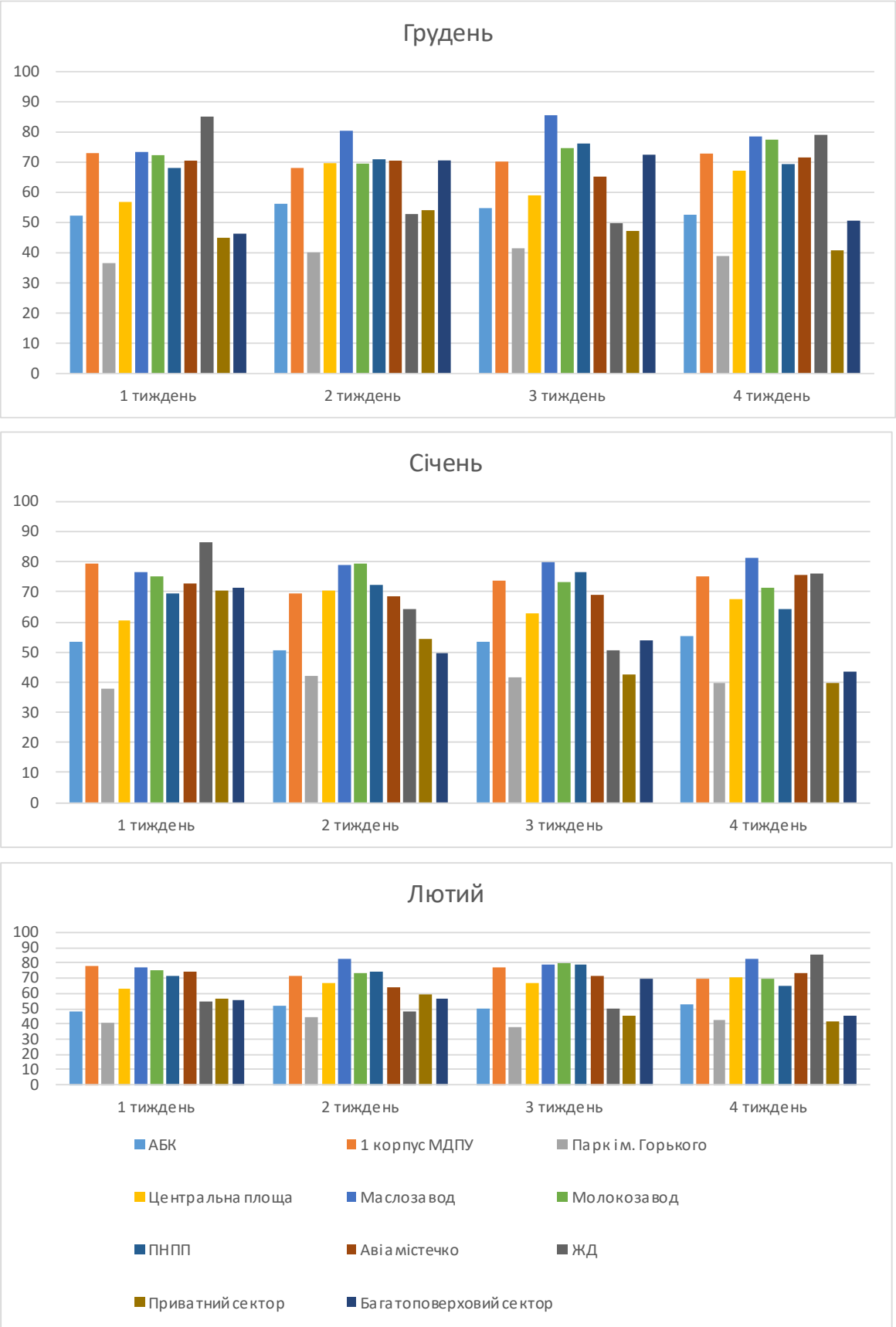


Рис. 2. Динаміка шумового забруднення міста у зимовий період (за тижнями)

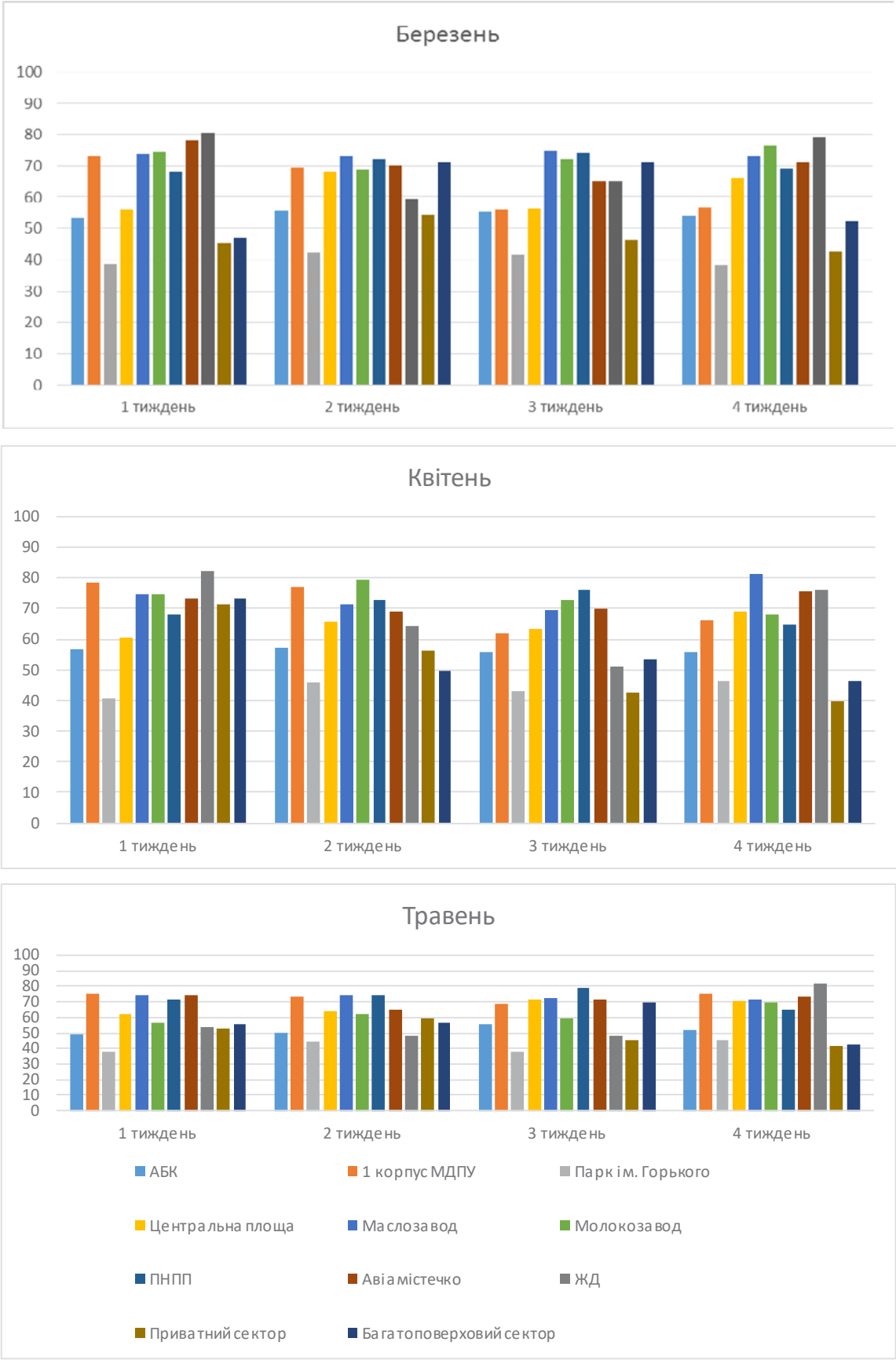


Рис. 3. Динаміка шумового забруднення міста у весняний період (за тижнями)

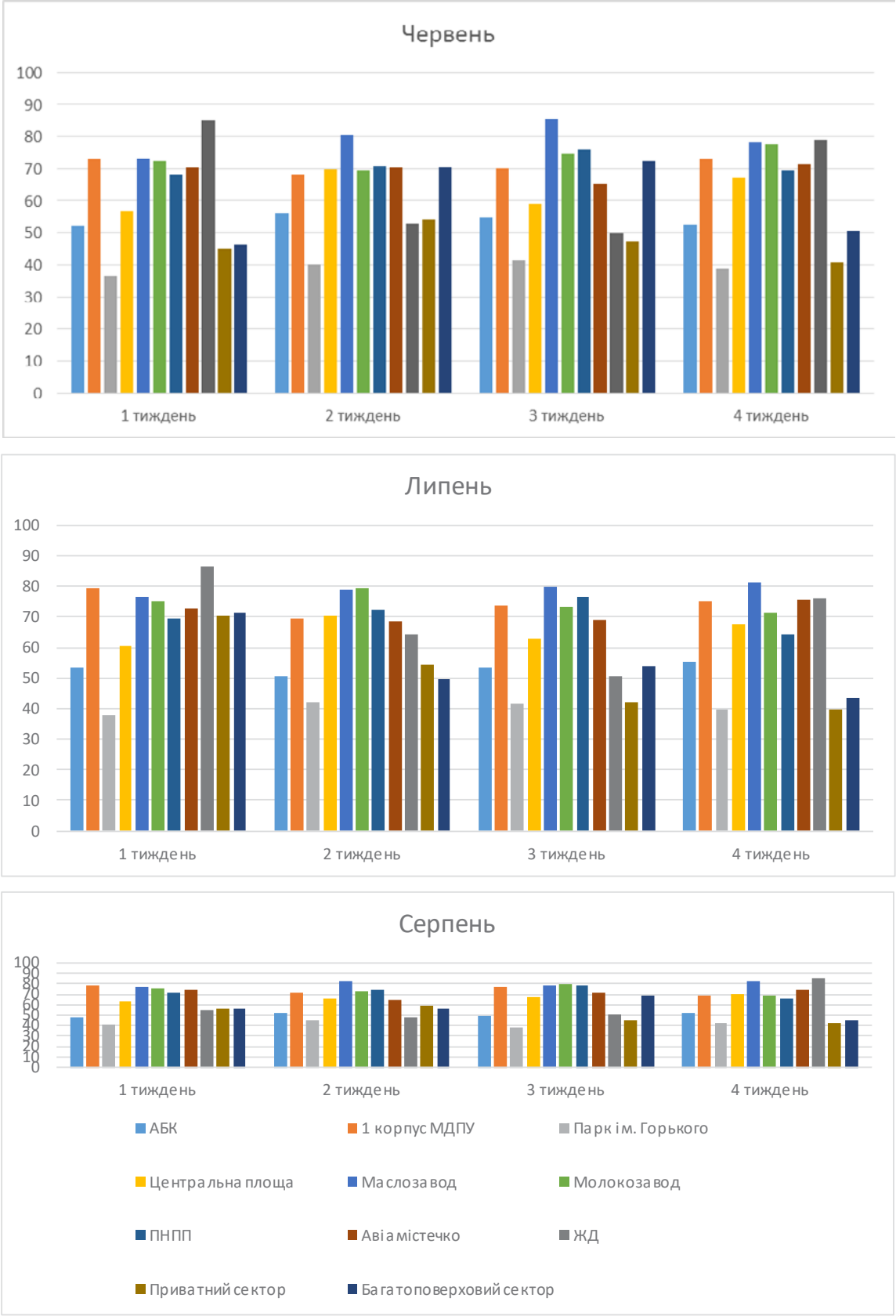


Рис. 4. Динаміка шумового забруднення міста в літній період (за тижнями)

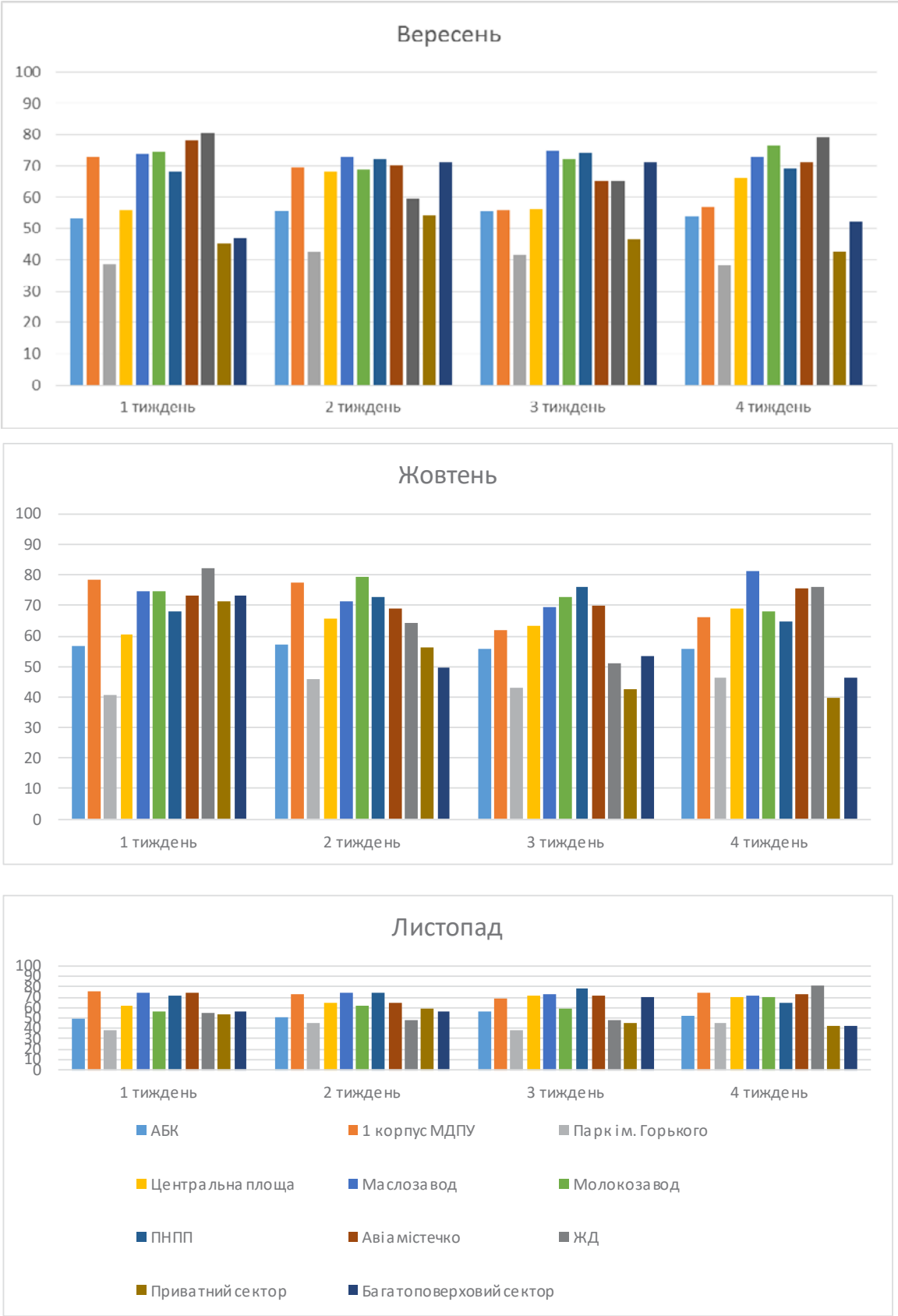


Рис. 5. Динаміка шумового забруднення міста в осінній період (за тижнями)

у вранішній час та всередині дня. Частота вимірів – по три на кожній точці кожної години. На основі отриманих результатів утворена карта шуму як графічне зображення картини його розподілення на території міста. Конкретні вимоги до оформлення карт шуму не існують. Частини простору з однаковими рівнями шумового навантаження зазвичай фарбують однаковим кольором.

Результати та їх обговорення. Вимірювання виробничого шуму проводили на двох підприємствах – Мелітопольський молокозавод – ОЛКОМ і Мелітопольський олійно-екстракційний завод. Загальна кількість вимірювань для кожного заводу становила 432 виміри на рік. На основі вимірів нами створено тижневі, місячні й річні таблиці та діаграми (табл. 2; рис. 2-6).

Порівнюючи ці виміри із двох контрольних точок, встановлено, що рівень шуму на Мелітопольському олійно-екстракційному заводі перевищує рівень шуму на Мелітопольському Молокозаводі ОЛКОМ. Від шумового забруднення в багатоповерховому житловому секторі насамперед страждають люди, які живуть біля автомобільних трас, промислових підприємств, а також від «побутового» шуму (або так званого «шуму сусідів»). У постіндустріальну епоху все більше джерел шумового забруднення (та електромагнітного) з'являється і в житлі людини. Шум від будівельних майданчиків, де часто

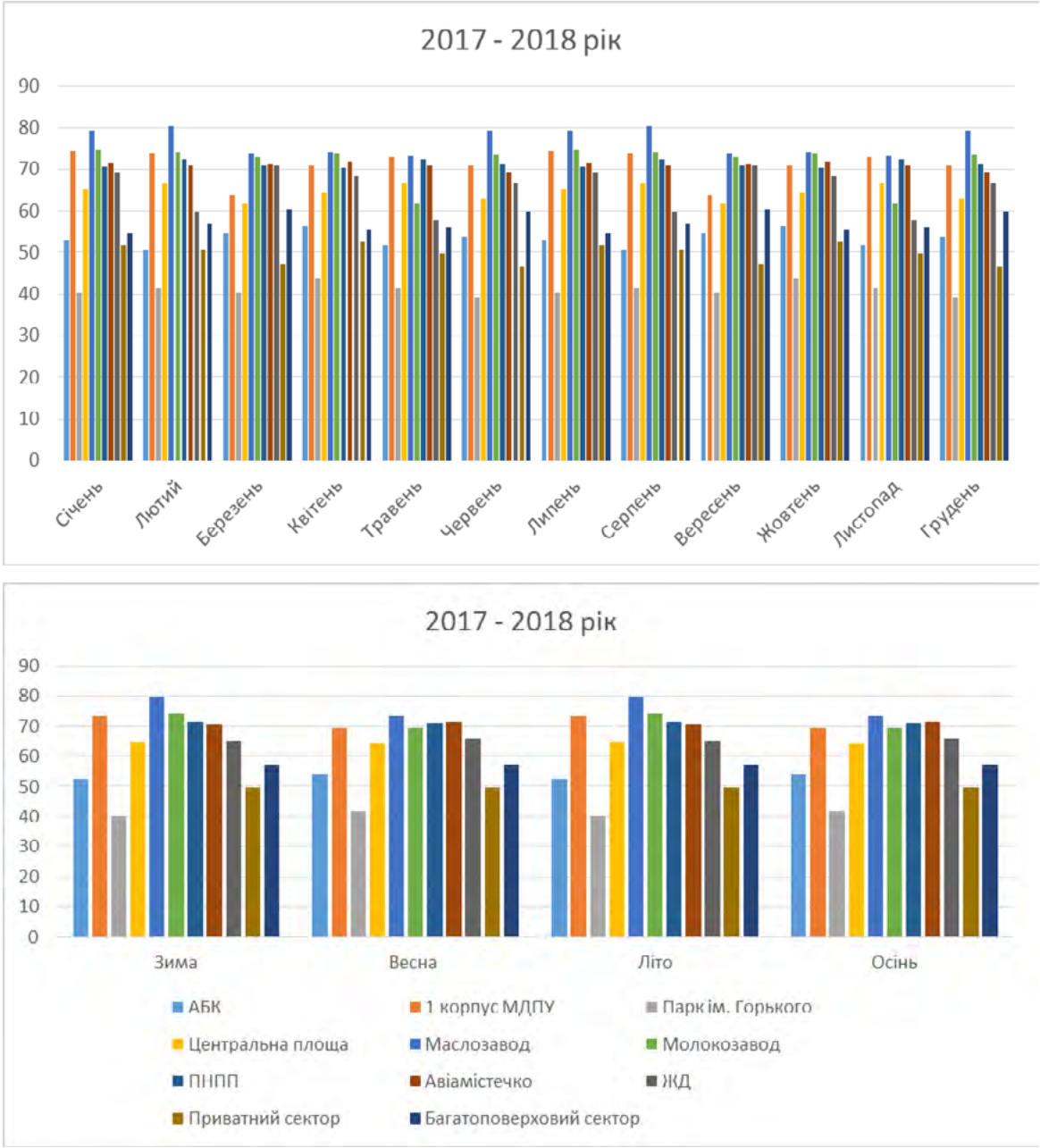


Рис. 6. Загальна картина динаміки шумового забруднення міста Мелітополя за місяцями та сезонами

не припиняються роботи навіть уночі, взагалі не дає спокійно спати багатьом мешканцям сусідніх будинків. Для вимірювання шуму у спальних районах міста було взято дві точки – багатоповерховий сектор і центральна площа. Загальна кількість вимірювань для кожної точки становила 432 виміри на рік. На основі вимірів було створено тижневі, місячні та річні таблиці й діаграми. За порівняння цих вимірів у двох контрольних точках нами встановлено, що рівень шуму на центральній площі вище його рівня в багатоповерховому секторі. Джерелом шумового забруднення у приватному секторі можуть бути автомобілі, що проїжджають; галасливі сусіди; голосно ввімкнена музика; крик, свист або спів у нічний час; запуск феєрверків, петард, ракетниць. Джерелом шуму також є побутова техніка. Шум від будівельних та інших робіт взагалі не дає спокійно спати багатьом мешканцям сусідніх будинків.

Під час порівняння цих вимірів у двох контрольних точках помітно, що рівень шуму в авіамістечку перевищує його рівень у приватному секторі. Шумове забруднення має сезону динаміку на кожній контрольній ділянці (рис.2-6).

За порівняння цих вимірів у двох контрольних точках поза підприємств виявлено, що шумове забруднення на АБК МДПУ складається з шуму автомобілів, шуму від будівельних та інших робіт, галасу людей, а також із голосно ввімкненої музики, крику, свисту або співу в нічний час, запуску феєрверків, петард, ракетниць. Рівень шуму біля першого корпусу МДПУ значно вище його рівня на АБК. Шумове забруднення парку ім. Горького представлено антропофонією (звуки, створені людиною), що може впливати на птахів. Результати дослідження свідчать, що середовище проживання, котре піддається впливу антропофонії, містить менше видів птахів, ніж ділянки без шуму, однак обидві ділянки мають однакову кількість гнізд. Антропофонія може негативно впливати на різноманіття місцевих видів, але види, здатні впоратися з шумовими порушеннями, можуть фактично вигравати від виключення впливу негативних видів у цих районах. Такі ефекти врешті-решт можуть призвести до зменшення репродуктивної здатності птахів у місцях із високим рівнем екологічного шуму. Для фауни нашого парку це означає зменшення кількості різних видів птахів і різноманіття їх співу. Для людей, які прагнуть спокійного відпочинку, гучна музика залишається суттєвим подразником, що псує враження і відпочинок [4, 13].

Унаслідок порівняння цих вимірів на інших контрольних точках виявлено, що рівень шуму біля офісу Приазовського НПП вище його рівня в парку ім. Горького. Нами відмічено шумове забруднення на залізничному вокзалі від руху пасажирських і вантажних поїздів залізницею. Шум від руху пасажирських і вантажних поїздів підвищує нервову напругу, знижує продуктивність праці, спричинює захворювання, заважає відпочинку, погіршує зір.

Окрім того, рух поїздів залізницею супроводжується процесом вібрації, що впливає через механічну систему на людину та через конструкцію залізниці – на будівлі і споруди, які знаходяться в зоні впливу. Під час руху поїзда переважно виникають два види вібрації: 1) від безпосередньої взаємодії колеса з рейками з наступним поширенням коливань через залізничну колію і грунт; 2) від локомотива з поширенням через повітряне середовище. Другий вид коливань спричинює шум неприємний, але він не впливає на стан споруд.

Шкідливий і небезпечний вплив шуму на організм людини встановлено тепер із повною достовірністю. Ступінь такого впливу передусім залежить від рівня та характеру шуму, форми і тривалості впливу, а також від індивідуальних особливостей людини. Шум до 50 дБ зазвичай не чинить шкідливого впливу на людину під час її трудової діяльності. Шум у 50-60 дБ може мати психологічний вплив, що виявляється в погіршенні розумової діяльності, послабленні уваги і швидкості реакції, утрудненні роботи з масивами інформації тощо. За рівня шуму 65-90 дБ можливий його фізіологічний вплив: пульс пришвидшується, тиск крові зростає, судини звужуються, що погіршує постачання крові до органів. Дія шуму з рівнем 90 дБ і вище може призвести до функціональних порушень в органах та системах організму людини. За рівня шуму 120 дБ і вище відбувається механічний вплив на орган слуху, що спричинює порушення зв'язків між окремими ділянками внутрішнього вуха, при цьому можливий навіть розрив барабанної перетинки. Такі високі рівні шуму впливають не лише на органи слуху, але й на весь організм. Отже, шкідливі та небезпечні наслідки дії шуму виявляються тим більше, чим вищий рівень сили звуку і триваліша його дія [6; 9].

Згідно з Державними будівельними нормами України (ДБН 360-92) допустимі рівні шуму на різних об'єктах і територіях господарського призначення не повинні перевищувати показники санітарних норм, наведених у табл. 3, але в м. Мелітополі є ділянки з високими показниками шуму (рис. 7).

Житлову забудову необхідно відокремлювати від залізничних ліній санітарно-захисною зоною шириною 100 м від осі крайньої залізничної колії за умови забезпечення нормативних рівнів шуму у прилеглих об'єктах та на території забудови. Зокрема, не менше 50% площі санітарно-захисної зони повинно бути озеленено. Відстань від межі садових ділянок до осі крайньої залізничної колії має становити не менше 50 м за обов'язкового використання шумозахисного озеленення шириною 25-30 м або інших шумозахисних заходів. Відстань від краю проїзної частини магістральних доріг до житлової забудови слід встановлювати з урахуванням забезпечення в житловій забудові нормативних рівнів шуму, але не менше 50 м. Зелені насадження, розташовані між джерелами шуму (транспортні магістралі, електро-

поїзди тощо) і житловими будинками, ділянками для відпочинку та спортивними майданчиками, знижують рівень шуму на 5-10%. Крони листяних дерев поглинають 26% звукової енергії. Добре розвинені чагарникові й деревні породи з густою кроною на ділянці шириною 30-40 м можуть знижувати рівні шуму на 17-23 дБ, невеликі сквери і внутрішньо квартальні посадки з рідкісними деревами – на 4-7 дБ. Великі лісові масиви знижують рівні шуму авіаційних моторів на 22-56% порівняно з відкритим місцем на тій самій відстані [17-19]. Наявність трав'яного покриву також сприяє зменшенню рівня шуму на 5-7 фонів. Однак у разі неправильного розташування зелених насаджень відносно джерел звуку можна отримати протилежний ефект, тобто посилити рівень шуму там, де потрібно його знизити. Це може статися за умови посадки дерев із щільною кроною по осі вулиці зі жвавим транспортним рухом. У цьому випадку зелені насадження відіграватимуть роль екрану, що відбиває

Таблиця 3

Санітарні норми шуму в жилому секторі міста в різний час доби

Призначення приміщень або територій	Час доби	Рівні звуку, дБ	Максимальні рівні звуку, дБ
Житлові кімнати квартир, житлові приміщення будинків відпочинку, пансіонатів, будинків-інтернатів для престарілих та інвалідів, спальні приміщення в дитячих дошкільних установах і школах-інтернатах	з 7:00 до 23:00	40	55
	з 23:00 до 7:00	30	45
Номери готелів і житлові кімнати гуртожитків	з 7:00 до 23:00	45	60
	з 23:00 до 7:00	35	50
Території, що знаходяться біля житлових будинків, пансіонатів	з 7:00 до 23:00	55	70
	з 23:00 до 7:00	45	60
Майданчики відпочинку на території мікрорайонів і груп житлових будинків		45	60

Джерело:[за: 6; 9]

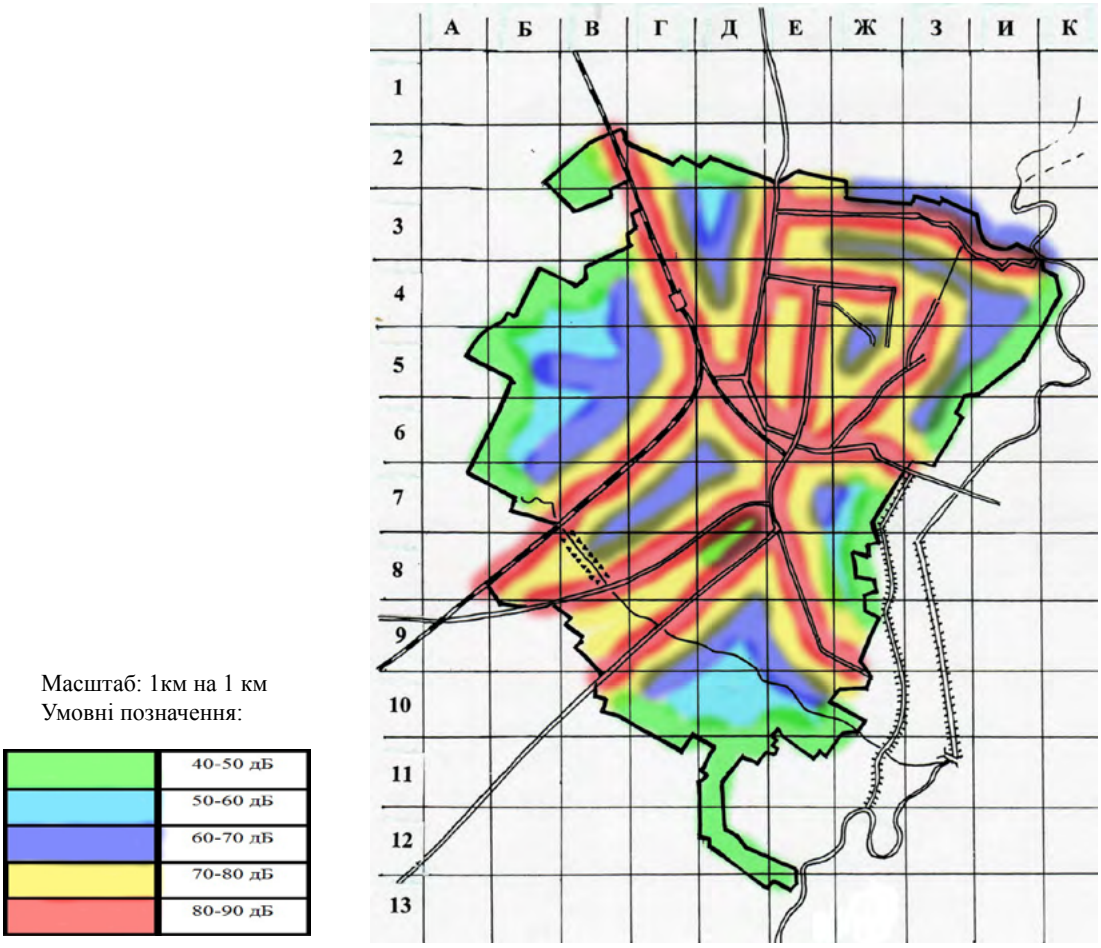


Рис. 7. Карта шумового забруднення м. Мелітополь

Таблиця 4

Шумозахисна ефективність різних насаджень

Насадження	Зниження рівня шуму за рахунок зелених насаджень залежно від ступеню віддалення від автомагістралі, дБ				
	50 м	100 м	150 м	200 м	250 м
Листяні деревні (акація біла, тополя, дуб)	4,2	6,1	8	9	10
Листяні чагарники	6	9,1	11,5	12,5	14
Хвойні деревні (ялина)	7	11	12,5	14	15,5
Сосна	9	12,2	14,2	16	174

Джерело: [за: 7; 10]

звукові хвилі в напрямку до житлових будинків, ділянок відпочинку і спорту. Зниження шуму рослинами залежить від конструкції, віку, щільності посадок і крони, асортименту дерев і чагарників, спектрального складу шуму, погодних умов. За ступенем шумозахисної ефективності різні насадження розташовуються в такому порядку: соснові, ялинові, чагарникові (листяні різних видів), листяні деревні (табл. 4). У місті Мелітополі серед зелених насаджень домінують листяні дерева й чагарники.

Оптимальна ширина шумозахисної смуги в міських умовах знаходиться у межах 10-30 м. Збільшення ширини смуги не дає істотного зниження шуму. Смуга шириною 10 м повинна складатися з не менше, ніж трьох рядів дерев. Найбільший ефект зниження шуму дає посадка шириною 20 м, тобто 5 рядів хвойних дерев і 2 ряди чагарників. Створення між смугами газонів і підтримання їх у гарному стані дозволять поліпшити шумозахист, оскільки вони менше відбивають звук від поверхні порівняно із грунтом та асфальтом (на 10 і 20% відповідно). Конструкції шумозахисних смуг магістралей вибирають залежно від інтенсивності шуму автотранспорту. Смуга зелених насаджень шириною 30 м, щільністю 0,8-0,9, що складається з 7-8 рядів листяних дерев (липа, тополя, клен) висотою 7-8 м із щільною кроною, низьким штамбом, із чагарником у підліску (бирючина, спірея) і живоплотом висотою 1,5-2 м, може знизити рівень транспортного шуму до 12 дБ. Відстань від тротуару магістралі до будинків повинна бути не менше 15-20 м озелененої території [5; 9; 10], однак понад 80% міських лісосмуг м. Мелітополя мають лише 1-2 ряди дерев.

Для зниження рівнів шуму всередині мікрорайонів і кварталів у дворах і на вузьких вулицях доцільно разом із посадкою дерев із густою кроною та щільного високого чагарнику, створенням трав'яного покриву на всіх вільних ділянках використовувати вертикальне озеленіння будівель, яке зменшує поверхню відбиття звуку, збільшуючи звукопоглинання стіни в 6-7 разів. Рослини не тільки покращують акустичну ситуацію в місті, але й слугують дієвим засобом оздоровлення міського середовища, регулюючи й покращуючи санітарно-гігієнічні та мікрокліматичні показники, надаючи позитивний психологічний та естетичний вплив. Найефективніше розташування рослин має таку структуру: трав'яний покрив, високі дерева і зростаючі між ними чагарники. У такому випадку шум поглинатиметься більшою мірою. Такий тип лісосмуг існує тільки вздовж головних вулиць міста. Засаджувати вулиці міських територій можна переважно тополею, бузком, акацією, що забезпечуватиме високу шумоізоляційну здатність і сприятливо впливатиме на психічний стан людини.

Шумопоглинаюча здатність рослин проявляється і взимку, навіть без листя дерева знижують рівень шуму на 2-5 дБ. У цю пору року інтенсивність шуму дещо знижується. Крім того, озеленені площі вкриваються снігом, який служить пористим поглиначем шуму.

Головні висновки. На основі вищезазначеного нами сформульовані такі висновки:

1) основним джерелом шумового забруднення в місті Мелітополь виступає автомобільний транспорт, якій дає шум 65–70 дБ. У разі віддалення від проїжджої частини до тротуарів або жвавої вулиці рівень шуму становить близько 54-58 дБ, у спальних районах – 48-55 дБ, на ринку недільного ранку – 65-70дБ. Мінімальний рівень шуму зафіксований у парковій зоні, в лісопосадці – близько 36–44 дБ;

2) простежується сезонна динаміка шумового забруднення в різну пору року: максимальний його рівень відзначається в літній період, а мінімальний рівень пов'язаний зі зменшенням транспортних потоків;

3) в якості захисних перешкод від шуму в місті Мелітополь виступають акустичні екрани будівель і смуги зелених насаджень;

4) дерева й чагарники займають досить велику територію, виконуючи не тільки шумозахисну функцію, але й естетичну та поглинаючу пил;

5) смуги зелених насаджень мають високий ступінь шумозахисту, але застосовуються для певних видів територій, оскільки необхідно враховувати особливості рельєфу, погодні умови, інтенсивність розташування зелених насаджень і щільність забудови.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати можуть використовуватися для розроблення комплексу шумозахисних заходів; їхнє впровадження сприятиме значному поліпшенню екологічної обстановки і створенню сприятливої соціально-психологичної ситуації у місті.

Література

1. Гордиенко В.А. Физические поля и безопасность жизнедеятельности: электромагнитные, акустические волны, вибрация, шум, радиация, мобильные телефоны: проблемы экологии, здоровья и жизни на Земле. Москва: Астрель. 2006. 316 с.
2. Дідковський В.С., Маркелов П.О. Шум і вібрація. Київ: Вища школа, 1995. 263 с.
3. Борьба с шумом / под ред. Е.Я. Юдина. Москва: Издательство литературы по строительству, 1964. 701 с.
4. Кошелєв О.І., Кучеренко Ю.О, Кошелєв В.О. Шумове забруднення в місті Мелітополі (2017–2018 рр.). *Соціальні та екологічні технології: актуальні проблеми теорії і практики* : матеріали XII Міжнародної інтернет-конференції (21–23 січня 2020 р., Мелітополь). Мелітополь: Колор Принт, 2020. С. 149-152.
5. Вдовиченко В.А., Глод А.В. Анализ причин шумового забруднення центральної частини м. Полтава. *Соціальні та екологічні технології: актуальні проблеми теорії і практики* : матеріали XIII Міжнародної інтернет-конференції (19–21 січня 2021 р., Мелітополь). Мелітополь: Колор Принт, 2021. С. 150-152.
6. Дуднікова І.І. Безпека життєдіяльності. Київ, 2002. 237 с.
7. Мазинг В.В. Экосистема города, ее особенности и возможности оптимизации. *Экологические аспекты городских экосистем.* Минск, 1984. С. 181–191.
8. Калабеков А.Л. Проблемы экологии: Экологический мониторинг в оценке загрязнения городской среды. Москва: ИМ-Информ, 2003. 216 с.
9. Кучерявий В.П. Урбоекологія: навчальний посібник. Львів: Світ, 2002. 439 с.
10. Сторожук В.М. Виробничий шум: природа та шляхи зниження: навчальний посібник. Київ: Основа, 2003. 384 с.
11. Михайлов Б.Д. Мелитополь: природа, археология, история. Запорожье: Дикое поле, 2002. 280 с.
12. Мелітополь. *Вікіпедія* : вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/ Мелітополь (дата звернення 17.05.2021).
13. Кошелев А.И., Пересадько Л.В., Кошелев В.А., Четвертак Е.Л. Пути и темпы вселения птиц и млекопитающих в урболандшафты (на примере Мелитополя). *Известия Музейного фонда им. А.А. Браунера*. 2011. Т.14. №3–4. С. 65-69. (Спецвыпуск: Животные в современном мире: экологические и социальные аспекты).
14. Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2. Паспорт. Москва, 1997. 3 с.
15. Шум машин: Вимірювання шуму легкових пасажирських автомобілів в умовах, які відповідають міському рухові ДСТУ 31333:2007 (ISO 7188:1994). Київ: Держспоживстандарт, 2008. III. 9 с. (Національний стандарт України).
16. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. Київ: Світ, 2003. 288 с.
17. Правила випробування на шум. ДСТУ ISO 8579-1:2005; (ISO 8579-1:2002, IDT). Київ: Держспоживстандарт України, 2007. IV. 44 с.
18. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. URL: http://vsegost.com/Catalog/20/20016.shtml.
19. Шумове забруднення. *Вікіпедія* : вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Шумовезабруднення (дата звернення 12.06.2021).

UDK 579.69
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.19

A MODERN VIEW AT SOME DIHYDROXYBENZOATE-CAPPED SIDEROPHORES: ECOLOGICAL, TECHNICAL AND MEDICAL ASPECTS

Tkachuk N.V.[1], Zelena L.B., Mazur P.D.
[1]T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53, Getman Polubotok Str., 14013, Chernihiv
[2]Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine
154, Acad. Zabolotny Str., 03143, Kyiv
nataliia.smykun@gmail.com, MazurP@i.ua, zelenalyubov@gmail.com

Siderophores are non-toxic, environmentally unobjectionable compounds that exhibit a number of useful properties for solving some agriculture, environmental, technical problems and can determine the development of bacterial infections. Siderophores, in the chemical structure of which there is a dihydroxybenzoate fragment, effectively chelating iron, belong to dihydroxybenzoate-capped siderophores. Some dihydroxybenzoate-capped siderophores are acinetobactin, bacillibactin, enterobactin, petrobactin, salmochelins, trivanchrobactin, vanchrobactin, vibriobactin. The review article analyzes and summarizes information about microorganisms-producers such siderophores, the practical importance of these compounds for ecology, agriculture, technology, health. The considered dihydroxybenzoate-capped siderophores are represented in the group of catecholate siderophores and in the group of mixed siderophores. Their producers are both pathogenic and non-pathogenic microorganisms. It was determined that among the considered siderophores only bacillibactin is used in agriculture, perspective bioremediation agents are bacillibactin and petrobactin. Biological control in the industry for corrosion protection can be an alternative to the use of corrosion inhibitors to address environmental, safety and health concerns. Attention is paid to the use of siderophores as smart-green corrosion inhibitors to prevent corrosion, in particular, microbiologically influenced. It is noted that bacillilibactin and enterobactin should be considered as green smart-corrosion inhibitors. Intervention in the mechanisms of providing pathogens with iron by disrupting the biosynthesis of microbial siderophores, the use of siderophores as antimicrobial conjugates is discussed as a promising way to solve the problem of combating bacterial infections and maintaining human health. *Key words:* dihydroxybenzoate-capped siderophores, biological control, ecology, green smart-corrosion inhibitors, health, antimicrobials

Сучасний погляд на деякі дигідроксибензоат-кеповані сидерофори: екологічні, технічні та медичні аспекти. Ткачук Н., Зелена Л., Мазур П.
Сидерофори є нетоксичними, екодружніми сполуками, які проявляють низку корисних властивостей за вирішення деяких проблем сільського господарства, екологічних, технічних проблем і здатні визначати розвиток бактеріальних інфекцій. Сидерофори, в хімічній структурі яких є дигідроксибензоатний фрагмент, ефективно хелатуючий Ферум відносяться до дигідроксибензоат-кепованих сидерофорів. Деякими дигідроксибензоат-кепованими сидерофорами є акінетобактин, бацилібактин, ентеробактин, петробактин, сальмохелін, триванхробактин, ванхробактин, вібріобактин. В оглядовій статті проаналізовано й узагальнено інформацію про мікроорганізми-продуценти таких сидерофорів, практичне значення цих сполук для екології, сільського господарства, техніки, охорони здоров'я. Розглянуті дигідроксибензоат-кеповані сидерофори представлено у групі катехолатних сидерофорів і групі змішаних сидерофорів. Їхніми продуцентами є як патогенні, так і непатогенні мікроорганізми. Визначено, що серед розглянутих сидерофорів лише бацилібактин застосовується у сільському господарстві; перспективними агентами біоремедіації є бацилібактин і петробактин. Біологічний контроль у промисловості під час захисту від корозії може бути альтернативою використанню інгібіторів корозії задля вирішення проблем, пов'язаних із навколишнім середовищем, безпекою і здоров'ям. Приділено увагу використанню сидерофорів як розумних зелених інгібіторів для попередження корозії, зокрема мікробно індукованої. Зазначено, що в якості зелених розумних інгібіторів корозії слід розглядати бацилібактин та ентеробактин. Як перспективний напрямок розв'язання проблеми боротьби зі збудниками бактеріальних інфекцій і проблеми збереження здоров'я людини обговорено втручання у механізми забезпечення патогенів Ферумом шляхом порушення біосинтезу мікробних сидерофорів, використання сидерофорів як антимікробних кон'югатів. *Ключові слова:* дигідроксибензоат-кеповані сидерофори, біологічний контроль, екологія, зелені розумні інгібітори корозії, здоров'я, антимікробні сполуки.

Problem statement. Siderophores are low molecular weight compounds that chelate Fe (III) ions, convert insoluble Fe (III) to the bioavailable form of Fe (II), and are synthesized by some bacteria, fungus, and plants with iron ion deficiency in the medium [1-2]. Recent studies have also identified mammalian siderophore – like biomolecules, such as norepinephrine and 2,5-dihydroxybenzoic acid that also partake in iron transport and homeostasis [3]. Siderophores are non-toxic, environmentally unobjectionable compounds [4], which exhibit a number of useful properties to solve some agriculture, environmental, technical problems and can determine the development of bacterial infections [4-6].

Relevance of research. Currently, studies of siderophores for use in agriculture, industry, environmental protection [1; 6-7] and health [5-6; 8] are relevant. Their use is a biological control approach [1]. Currently, dihydroxybenzoate-capped (DHB-capped)

siderophores deserve attention, which in the chemical structure contain a fragment that effectively chelates iron – 2,3-dihydroxybenzoate, and in the case of petrobactin 3,4-dihydroxybenzoate [9]. In the processes of biosynthesis of such siderophores there is a stage of dihydroxybenzoate adenylation, for which inhibitors are being developed [5]. In addition, there are reports that 2,3-dihydroxybenzoate and bacillibactin play an essential role in biofilm formation [10]. Therefore, in our review we paid attention to these compounds.

Analysis of recent research and publications. In agriculture, siderophores are used as promoters of plant growth, plant nutrition and control plant pathogens [1; 7-8; 11-12]. In industry, the biological method using siderophores is promising for the prevention of corrosion (smart-green corrosion inhibitors) [13], in particular microbiologically influenced [14]. However, this issue is currently controversial, as the use of a biological method to prevent corrosion has shown efficacy only in the laboratory [15]. Corrosion inhibitors used to protect against corrosion losses can lead to environmental, safety and health problems [16-17]. Siderophores as chelating compounds are involved in solving some environmental problems [1; 6-8; 11-12]. Some siderophores are factors of virulence of microorganisms, target in the development of modern antimicrobial agents and are considered in the future of new antimicrobial drugs, therapeutic compounds [1; 5-8; 11-12; 18-20].

The article is devoted to highlighting previously unsolved parts of the common problem. The available literature comprehensively characterizes the possibilities and prospects for the use of siderophores, but they do not define, do not separate information about DHB-capped siderophores. In addition, there is no generalized information on the use of siderophores as green smart-inhibitors. The outlined aspects confirm **the novelty** of the study.

Methodological or general scientific significance. The aim of this article is to analyze and summarize information on DHB-capped siderophores with a view to using them to address some practical issues of agriculture, ecology, technology, human and animal health. To achieve this aim in the research process formed and solved important scientific and practical tasks, namely:

– to characterize the essence of the concept of DHB-capped siderophores, to generalize information about microorganisms-producers of these siderophores;

– to analyze the use of some DHB-capped siderophores to address some practical issues of agriculture, ecology, technology, health;

– outline the prospects of using some DHB-capped siderophores to address practical issues in agriculture, ecology, technology, health.

Research methodology. The investigation used general scientific methods (methods of theoretical research of available information), analytical and generalized methods (for the analysis of scientific and literary sources on the problem); empirical (for the accumulation of facts); methods of argumentation (to prove ours own judgments).

Presentation of the main material

DHB-capped siderophores: structure and producers

DHB-capped siderophores are, in particular, acinetobactin, bacillibactin, enterobactin, petrobactin, salmochelins, trivanchrobactin, vanchrobactin, vibriobactin, the chemical structures of which are shown in Figure 1.

Acinetobactin is the siderophore which producing by *Acinetobacter baumannii* [21]. Bacillibactin is producing by the Gram-positive *Bacillus subtilis* [22-23] and related species such as human and/or animal pathogenic *Bacillus anthracis, B. cereus* and *B. thuringiensis* [9; 23], pathogenic *Paenibacillus larvae* [24], non-pathogenic bacteria *B. velezensis* [25-27]. Presence of gene cluster for producing bacillibactin in the genome *B. atrophaeus* GQJK17 has been reported [28]. Enterobactin, also known as enterochelin, is producing by a number of bacteria including bacteria of the family *Enterobacteriaceae* (*E. coli*) [29-31], some nitrogen-fixing bacteria, including *Klebsiella pneumoniae* and *K. terrigena* [31], some strains of streptomycetes (the nikkomycin-producing strain *Streptomyces tendae* Tü 901/8c and strain *Streptomyces* sp. Tü 6125) [30]. Salmochelins are C-glucosylated enterobactins [32]. These are excreted by *Salmonella enterica* and uropathogenic *Escherichia coli* [32-34]. Petrobactin is producing by *Bacillus anthracis* [35-36], oil-degrading marine bacterium *Marinobacter hydrocarbonoclasticus* [37]. Vanchrobactin and trivanchrobactin (a linear trimer of the vanchrobactin peptide formed through serine ester linkages) are producing by marine *Vibrio* species. [38-41]. Vibriobactin is producing by *Vibrio cholerae*, the pathogenic bacterium responsible for causing cholera [41-42].

Thus, DHB-capped siderophores are represented in the group of catecholate siderophores and the group of siderophores of mixed type. Their producers are both pathogenic and non-pathogenic microorganisms.

Some dihydroxybenzoate-capped siderophores in agriculture, ecology, technology

Agriculture

Siderophores are plant-growth-promoting agents [44]. Among the siderophores that are the subject of this article, only for bacillibactin are there reports of use in agriculture. Thus, inoculation of cells suspension of bacillibactin-producing *Bacillus* sp. promotes plant growth, plant nutrition and control plant pathogens [44-45]. Bacillibactin is considered an antimicrobial compound [46-47], in particular due to the fact that it chelates iron and limites access to iron that allows bacillibactin-producing bacteria to antagonize the growth of other surrounding microbes (for example, phytopatogenic *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici*) [47].

Ecology

Siderophores can be involved in solving some environmental problems [8]. It is noted that enterobactin has been suggested to be involved in catalysis of gold nano-

particle formation by catechol redox cycling [48]. This is distinctive property of such siderophores and can be utilized for gold detection and extraction [8].

Bacillibactin produced by *B. subtillis* can bind Fe(III) at 1:1 ratio [49]. Possibilities of siderophores for complexation of heavy metal and use in bioremediation are discussed [6; 8; 50]. Egidi et al. were shown that *Bacillus cereus* LCR12 has genes encoding for siderophores (bacillibactin and petrobactin), that provides the genetic basis for its potential application to remediate contaminated soils in association with plants [51]. In our opinion, non-pathogenic bacteria *B. velezensis*, which produce bacillibactin, and siderophore itself can be considered as promising bioremediation agents. Currently, there are no reports on the use of bacillibactin and/or its non-pathogenic producers for bioremediation in the available scientific and methodological base. Most publications indicate that siderophore-producing microorganisms involved in bioremediation are bacteria of the genus *Pseudomonas* [4; 6].

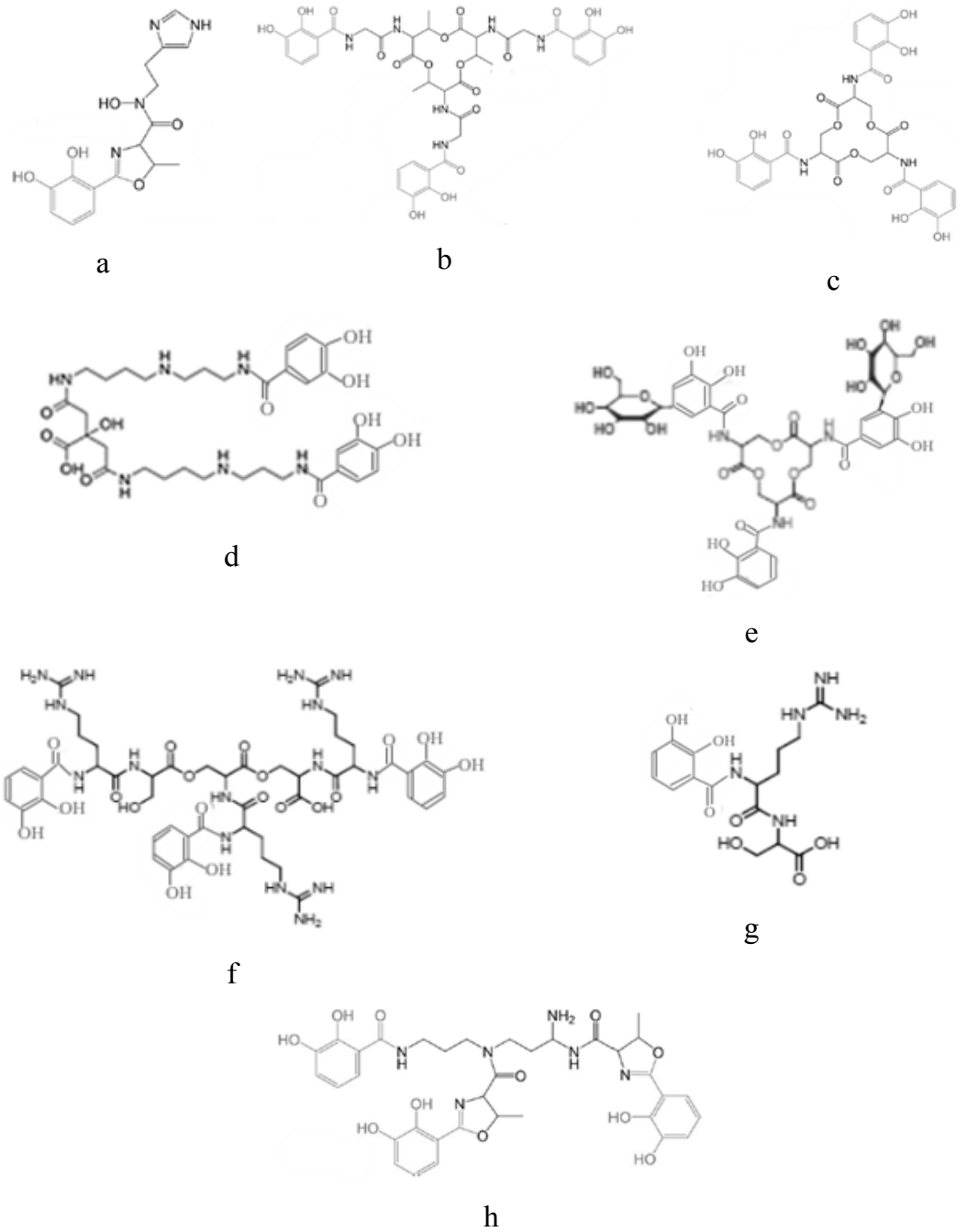


Fig. 1. Chemical structures of DHB-capped siderophores:

a – acinetobactin [5]; b – bacillibactin [5]; c – enterobactin [5]; d – petrobactin [41]; e – salmochelin-S4 [43]; f – trivanchrobactin [34]; g – vanchrobactin [41]; h – vibriobactin [41]

The involvement of some siderophores produced by marine bacteria (particularly petrobactin), in the biogeochemical cycling of Fe, in the remediation of petroleum hydrocarbons in the marine environment is discussed [4; 6].

Technology

Siderophores are environmentally unobjectionable compounds with high corrosion inhibitory properties of steel [13-14; 52-53], promoting passivation of metals [54-56].

They are classified as green corrosion inhibitors along with macromolecules, bacteria, alkaloids, polyphenols [13]. In the last decade, the research on green corrosion inhibitors has been booming because they do not pose problems of toxicity, bioaccumulation and biodegradation [13]. However, there is an opinion that stable corrosion layers could be broken down by siderophore action – changing Fe(III)ions into Fe(II)ions [57].

Enterobactin has now been shown to be one of the most effective (among siderophores studied by McCafferty and McArdle in 1995 [52]) corrosion inhibitors against Ferrovac E iron in 1N HCl because it has the optimal combination of relatively high pK_{a1} value and the largest molecular cross-sectional areas [52]. Enterobactin was also identified in a study by Zanna et al. [56], which shows modifications of the passive film on stainless steel (316 L) after *E. coli* adhesion in the early stage of biofilm formation.

In general, microbiologically influenced corrosion processes occur in the biofilm that forms on the surface of the damaged material [58]. From the end of the 20th to the beginning of the 21st century the prospect of preventing corrosion damage to materials by forming protective aerobic bacterial biofilms capable of producing siderophores has been discussed [59]. At the same time, siderophores are able to prevent the formation of biofilms of microorganisms on surfaces [27]. Kostakioti et al. note [60] that chelating agents inhibit and/or disrupt the formation of the biofilm in stages 2 and 3 of the formation of the biofilm – the formation of microcolonies and the maturation of the biofilm, respectively [60]. We found that bacillibactin-producing strains of *B. velezensis* inhibit the formation of sulfate-reducing bacteria (the main agents of microbiologically influenced corrosion) biofilms on the polymeric material poly(ethylene terephthalate) during its long-term exposure (50 days) under conditions of sufficient iron supply [27]. This may be one of the reasons for slowing down the degradation of this polymer [27]. It is likely that bacillibactin-producing strains or bacillibactin will inhibit the process of microbiologically influenced corrosion of steel, which is a prospect for further research.

Table 1

Practical meaning/application some dihydroxybenzoate-capped siderophores

Dihydroxybenzoate-capped siderophore	Practical meaning/application	References
Acinetobactin	Chelator of Fe (III), virulence factor	[21]
	Target for new generation antimicrobials	[5]
Bacillibactin	Chelator of Fe (III)	[9]
	Promoter of plant growth, plant nutrition and control plant pathogens	[44-45]
	Target for new generation antimicrobials	[5]
	Perspective bioremediation agent	[51], this article
	Perspective environmentally friendly corrosion/ microbiologically influenced corrosion inhibitor	this article
Enterobactin	Chelator of Fe (III), virulence factor	[29-31]
	Target for new generation antimicrobials	[5]
	Perspective environmentally friendly corrosion/ microbiologically influenced corrosion inhibitor	[5; 56]
Petrobactin	Chelator of Fe (III), virulence factor	[35-36]
	Target for new generation antimicrobial	[5]
	Perspective bioremediation agent	[4; 6]
Salmochelin	Chelator of Fe (III), virulence factor	[32-34]
	Target for new generation antimicrobials	[5]
Trivanchrobactin	Chelator of Fe (III), virulence factor	[38-40]
	Target for new generation antimicrobials	[5]
Vanchrobactin	Chelator of Fe (III), virulence factor	[38-40]
	Target for new generation antimicrobials	[5]
	Antimicrobial conjugate	[65]
Vibriobactin	Chelator of Fe (III), virulence factor	[42]
	Target for new generation antimicrobials	[5]

Some dihydroxybenzoate–capped siderophores for medicine

Information about siderophores important for medicine and veterinary medicine has been summarized in reviews [5; 61]. The siderophores considered by us provide cells of pathogenic bacteria with Ferrum and are a factor of virulence (except for bacillibactin) [62].

Gaddy et al. [63] was showed that the ability of *A. baumannii* ATCC 19606^T to persist inside A549 human alveolar epithelial cells and cause their apoptosis depends on the expression of active acinetobactin-mediated iron utilization functions, the production of the acinetobactin siderophore. The ability of *A. baumannii* ATCC 19606^T cells to express active acinetobactin biosynthesis and transport functions визначає the infection and killing of mice and *G. mellonella* larvae. Also the observation suggests that acinetobactin intermediates or precursors play a virulence role, although their contribution to iron acquisition is less relevant than that of mature acinetobactin [63].

Vanchrobactin is one key virulence factor for the fish pathogen *V. anguillarum* [38-39].

Yeremenko notes [9] that bacillibactin and petrobactin functions are realized on different stages of *B. anthracis* growth *in vivo,* whereas petrobactin synthesis is also necessary for manifestation of bacteria virulence. Enterobactin is considered as an oxidative stress protector for *E. coli* colony development [64].

In the literature it is noted that siderophor-mediated iron acquisition could be used as a target for therapeutic purposes [5; 63] highlight in the review the recent work toward exploiting the biosynthetic enzymes of siderophore production for the design of next generation antimicrobials [5].

Another use of siderophores is antimicrobial conjugates – siderophore is attached to an antibiotic and used to serve as a drug delivery agent ("Trojan horse") [6]. Now vanchrobactin-norfloxacin conjugate showed antimicrobial activity against *V. anguillarum* and its mutants [65].

Therefore, generalizations about the practical significance of the siderophores considered by us can be presented in the form of Table 1.

Conclusions. Thus, dihydroxybenzoate-containing siderophores acinetobactin, bacillibactin, enterobactin, petrobactin, salmochelins, trivanchrobactin, vanchrobactin, vibriobactin are produced by some pathogenic and non-patogenic bacteria and used by them to provide iron, are a factor of virulence (except bacillibactin). Interference in the mechanisms of providing pathogens with iron by disrupting the biosynthesis of siderophores is a promising way to solve the problem of combating bacterial infections and maintaining health. Among the considered siderophores only bacillibactin is used in agriculture. Perspective bioremediation agents are bacillibactin and petrobactin. Bacillibactin and enterobactin should be considered as promising green smart-corrosion inhibitors.

References

1. Saha M., Sarkar S., Sarkar B. et al. Microbial siderophores and their potential applications: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015. Issue 23. P. 39840-3999. DOI: 10.1007/s11356-015-4294-0.
2. Leonov V.V., Mironov A.Yu., Anan′ina I.V., Rubal′skaya E.E., Sentyurova L.G. Mikrobnye siderofory: struktura, svojstva, funkcii [Siderophores of microbes: structure, properties and functions]. *Astrakhan Medical Journal*. 2016. Vol. 11, No 4. C. 24-37 (in Russian).
3. Golonka R., Yeoh B.S., Vijay-Kumar M. The Iron Tug-of-War between Bacterial Siderophores and Innate Immunity. *J. Innate. Immun.* 2019. Issue 11. P. 249-262. DOI: 10.1159/000494627.
4. Ahmed E., Holmström S.J.M. Siderophores in environmental research: roles and applications. *Microbial Biotechnology.* 2014. Vol. 7, Issue 3. P. 196-208. DOI: 10.1111/1751-7915.12117.
5. Lamb A.L. Breaking a pathogen's iron will: Inhibiting siderophore production as an antimicrobial strategy. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2015. Issue 1854. P. 1054-1070. DOI: 10.1016/j.bbapap.2015.05.001.
6. De Serrano L.O. Biotechnology of siderophores in high-impact scientific fields. *Biomolecular concepts*. 2017. Vol. 8, Issue 3-4. P. 169-178.
7. Saha R., Saha N., Donofrio R.S., Bestervelt L.L. Microbial siderophores: a mini review. *J. Basic. Microbiol.* 2012. Issue 52. P. 1-15. DOI: 10.1002/jobm.201100552.
8. Khan A., Singh P., Srivastava A. Synthesis, nature and utility of universal iron chelator – siderophore: a review. *Microbiological Research*. 2018. Vol. 212–213. P. 103-111. DOI: 10.1016/j.micres.2017.10.012.
9. Yeremenko E.I. Siderofory *Bacillus anthracis* [Siderophores *Bacillus anthracis*]. *Problems of especially dangerous infections*. 2016. No 1. C. 68074 (in Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2016-1-68-74.
10. Rizzi A., Roy S., Bellenger J.P., Beauregard P.B. Iron homeostasis in *Bacillus subtilis* requires siderophore production and biofilm formation. *Appl. Environ. Microbiol.* 2019. Issue 85. e02439-02418.
11. Kramer J., Özkaya Ö., Kümmerli R. Bacterial siderophores in community and host interactions. *Nat. Rev. Microbiol.* 2020. Issue 18. P. 152-163. DOI: 10.1038/s41579-019-0284-4.
12. Prabhakar P.K. Bacterial Siderophores and Their Potential Applications: A Review. *Current Molecular Pharmacology*. 2020. Vol. 13, Issue 4. DOI: 10.2174/1874467213666200518094445.
13. Pérez-Miranda S., Zamudio-Rivera L.S., Cisneros-Dévora R., George-Téllez R., Fernández F.J. Theoretical insight and experimental elucidation of desferrioxamine B from *Bacillus* sp. AS7 as a green corrosion inhibitor. *Corros. Eng. Sci. Technol.* 2020. Vol. 56, Issue 1. P. 93-101. DOI: 10.1080/1478422X.2020.1824441.
14. Little B., Mansfeld F. Passivity of stainless steels in natural seawater. In Uhlig, H.H. *Memorial Symposium: Corrosion monograph series. Proceeding.* Mansfeld F., Asphahani A., Bohni H., Latansion R., Eds. New Jersey: The Electrochemical Society, Inc., 1995. Vol. 94-26. P. 42-52.

15. Little B.J., Blackwood D.J., Hinks J., Lauro F.M., Marsili E., Okamoto A., Rice S.A., Wade, S.A., Flemming, H.-C. Microbially influenced corrosion – Any progress? *Corros. Sci.* 2020. Issue 170. P. 108641. DOI: 10.1016/j.corsci.2020.108641.
16. Scarascia G., Wang T., Hong P.-Y. Quorum sensing and the use of quorum quenchers as natural biocides to inhibit sulfate-reducing bacteria. *Antibiotics*. 2016. Vol. 5(4), Issue 39. P. 1-20. DOI: 10.3390/antibiotics5040039.
17. Smykun N.V. Rozvytok koroziino-nebezpechnoi mikroflory gruntu pid vplyvom deiakykh pestytsydiv [Development of corrosion-dangerous microflora of soil under the influence of some pesticides]. *Mikrobiol. Z.* 2008. Vol. 70, No 6. C. 74-87 (in Ukrainian).
18. Patel K., Butala S., Khan T., Suvarna V., Sherje A., Dravyakar B. Mycobacterial siderophore: A review on chemistry and biology of siderophore and its potential as a target for tuberculosis. *Eur. J. Med. Chem.* 2018. Issue 157. P.783-790. DOI: 10.1016/j.ejmech.2018.08.030.
19. Wilson B.R., Bogdan A.R., Miyazawa M., Hashimoto K., Tsuji Y. Siderophores in Iron Metabolism: From Mechanism to Therapy Potential. *Trends in Molecular Medicine.* 2016. Vol. 22, Issue 12. P. 1077-1090. DOI: 10.1016/j.molmed.2016.10.005.
20. Butler A., Harder T., Ostrowski A.D., Carrano C.J. Photoactive siderophores: Structure, function and biology. *Journal of Inorganic Biochemistry.* 2021. Issue 221. P. 111457.
21. Penwell W.F., Actis L.A. Isolation and Characterization of the Acinetobactin and Baumannoferrin Siderophores Produced by *Acinetobacter baumannii*. *Methods Mol. Biol.* 2019. Issue 1946. P. 259-270. DOI: 10.1007/978-1-4939-9118-1_24.
22. Raza W., Hussain Q., Shen Q. Production, regulation and transportation of bacillibactin in bacillus subtilis. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*. 2012. Vol. 34, Issue 4. P. 996-1002.
23. Miethke M., Klotz O., Linne U., May J.J., Beckering C.L., Marahiel M.A. Ferri-bacillibactin uptake and hydrolysis in *Bacillus subtilis. Molecular Microbiology*. 2006. Vol. 61, Issue 6. P. 1413-1427. DOI: 0.1111/j.1365-2958.2006.05321.x.
24. Hertlein G., Müller S., Garcia-Gonzalez E., Poppinga L., Süssmuth R.D. et al. Production of the Catechol Type Siderophore Bacillibactin by the Honey Bee Pathogen *Paenibacillus larvae*. *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9, Issue 9. e108272. DOI:10.1371/journal.pone.0108272.
25. Harwood C.R., Mouillon J.M., Pohl S., Arnau J. Secondary metabolite production and the safety of industrially important members of the *Bacillus subtilis* group. *FEMS Microbiol. Rev.* 2018. Vol. 42, Issue 6. P. 721-738. DOI: 10.1093/femsre/fuy028.
26. Rabbee M.F., Ali Md.S., Choi J., Hwang B.S., Jeong S.Ch., Baek K.-h. *Bacillus velezensis*: A Valuable Member of Bioactive Molecules within Plant Microbiomes. Molecules. 2019. Issue 24. P. 1046. DOI: 10.3390/molecules24061046.
27. Tkachuk N., Zelena L., Lukash O., Mazur P. Microbiological and genetic characteristics of *Bacillus velezensis* bacillibactin-producing strains and their effect on the sulfate-reducing bacteria biofilms on the poly(ethylene terephthalate) surface. *Ecological Questions*. 2021. Vol. 32, Issue 2. P.119-129.
28. Ma J., Wang Ch., Wang H., Liu K., Zhang T., Yao L., Zhao Z., Du B., Ding Y. Analysis of the Complete Genome Sequence of *Bacillus atrophaeus* GQJK17 Reveals Its Biocontrol Characteristics as a Plant Growth-Promoting *Rhizobacterium*. *BioMed Research International.* 2018. Article ID 9473542. P.1-9. DOI: https://doi.org/10.1155/2018/9473542.
29. Rajendran N., Marahiel M.A. Multifunctional Peptide Synthetases Required for Nonribosomal Biosynthesis of Peptide Antibiotics. In: Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering. Comprehensive Natural Products Chemistry. Editor(s): Sir Derek Barton, Koji Nakanishi, Otto Meth–Cohn, Comprehensive Natural Products Chemistry, Pergamon, 1999. Vol. 4. P. 195-220. DOI: 10.1016/B978-0-08-091283-7.00094-1.
30. Fiedler H.-P., Krastel Ph., Müller J., Gebhardt K., Zeeck A. Enterobactin: the characteristic catecholate siderophore of *Enterobacteriaceae* is produced by Streptomyces species, FEMS Microbiology Letters. 2001. Vol. 196, Issue 2. P. 147-151. DOI: 10.1111/j.1574-6968.2001.tb10556.x.
31. Clark B.L. Characterization of a Catechol-Type Siderophore and the Detection of a Possible Outer Membrane Receptor Protein from *Rhizobium leguminosarum* strain IARI 312. *Electronic Theses and Dissertations.* 2004. Paper 922. URL: https://dc.etsu.edu/etd/922 (дата звернення 10.07.2021).
32. Bister B., Bischoff D., Nicholson G.J., Valdebenito M., Schneider K., Winkelmann G., Hantke K., Süssmuth R.D. The structure of salmochelins: C–glucosylated enterobactins of *Salmonella enterica*. *Biometals*. 2004. Vol. 17, Issue 4. P.471-481. DOI: 10.1023/b:biom.0000029432.69418.6a.
33. Hantke K., Nicholson G., Rabsch W., Winkelmann G. Salmochelins, siderophores of *Salmonella enterica* and uropathogenic *Escherichia coli* strains, are recognized by the outer membrane receptor IroN. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2003. Vol. 100, Issue 7. P. 3677-3682. DOI: 10.1073/pnas.0737682100.
34. Valdebenito M., Crumbliss A. L., Winkelmann G., Hantke K. Environmental factors influence the production of enterobactin, salmochelin, aerobactin, and yersiniabactin in Escherichia coli strain Nissle 1917. *International Journal of Medical Microbiology*. 2006. Vol. 296, Issue 8. P. 513-520. DOI: 10.1016/j.ijmm.2006.06.003.
35. Koppisch A.T., Browder C.C., Moe A.L. et al. Petrobactin is the Primary Siderophore Synthesized by *Bacillus anthracis* Str. *Sterne* under Conditions of Iron Starvation. *Biometals.* 2005. Issue 18. P. 577-585. DOI: 10.1007/s10534-005-1782-6.
36. Lee J.Y., Janes B.K., Passalacqua K.D., Pfleger B.F., Bergman N.H., Liu H., Håkansson K., Somu R.V., Aldrich C.C., Cendrowski S., Hanna P.C., Sherman D.H. Biosynthetic analysis of the petrobactin siderophore pathway from *Bacillus anthracis*. *J. Bacteriol.* 2007. Vol. 189, Issue 5. P.1698-710. DOI: 10.1128/JB.01526-06.
37. Barbeau K., Zhang G., Live D.H., Butler A. Petrobactin, a photoreactive siderophore produced by the oil-degrading marine bacterium *Marinobacter hydrocarbonoclasticus*. *J. Am. Chem. Soc.* 2002. Vol. 124, Issue 3. P. 378-379. DOI: 10.1021/ja0119088.
38. Jalal M.A.F., Hossain M.B., van der Helm D., Sanders-Loehr J., Actis L.A., Crosa J.H. Structure of anguibactin, a unique plasmid-related bacterial siderophore from the fish pathogen *Vibrio anguillarum*. *J. Am. Chem. Soc.* 1989. Issue 111. P. 292-296.
39. Soengas R.G., Anta C., Espada A., Paz V., Ares I.R., Balado M., Rodriguez J., Lemos M.L., Jimenez C. Structural characterization of vanchrobactin, a new catechol siderophore produced by the fish pathogen *Vibrio anguillarum* serotype O2. *Tetrahedron Lett.* 2006. Issue 47. P. 7113-7116.

40. Sandy M., Han A., Blunt J., Munro M., Haygood M., Butler A. Vanchrobactin and anguibactin siderophores produced by *Vibrio* sp. DS40M4. *J. Nat. Prod.* 2010. Issue 73. P. 1038-1043.
41. Timmermans M.L., Paudel Y.P., Ross A.C. Investigating the Biosynthesis of Natural Products from Marine Proteobacteria: A Survey of Molecules and Strategies. *Marine Drugs*. 2017. Vol. 15, Issue 8. P. 235. DOI: 10.3390/md15080235.
42. Griffiths G.L., Sigel S.P., Payne S.M., Neilands J.B. Vibriobactin, a siderophore from *Vibrio cholerae*. *J. Biol. Chem.* 1984. Issue 259. P. 383-385.
43. Lee J.Y., Passalacqua K.D., Hanna P.C., Sherman D.H. Regulation of Petrobactin and Bacillibactin Biosynthesis in *Bacillus anthracis* under Iron and Oxygen Variation. *PLoS ONE*. 2011. Vol. 6, Issue 6. e20777. DOI: 10.1371/journal.pone.0020777.
44. Zope V., El Enshasy H., Sayyed R.Z. Plant growth-promoting rhizobacteria: An overview in agricultural perspectives. In: Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for Sustainable Stress Management. Vol. II. Rhizobacteria in Biotic Stress Management; Sayyed, R.Z., Ed. Singapore: Springer, 2019. P. 345-362.
45. Nithyapriya S., Lalitha S., Sayyed R.Z., Reddy M.S., Dailin D.J., El Enshasy H.A., Luh Suriani N., Herlambang S. Production, Purification, and Characterization of Bacillibactin Siderophore of *Bacillus subtilis* and Its Application for Improvement in Plant Growth and Oil Content in Sesame. *Sustainability*. 2021. Issue 13. P. 5394. DOI: 10.3390/su13105394.
46. Li B., Li Q., Xu Z., Zhang N., Shen Q., Zhang R. Responses of beneficial *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9 to different soilborne fungal pathogens through the alteration of antifungal compounds production. *Front. Microbiol.* 2014. Issue 5. P. 636. DOI: 10.3389/fmicb.2014.00636.
47. Yu X., Ai C., Xin L., Zhou G. The siderophore-producing bacterium, *Bacillus subtilis* CAS15, has a biocontrol effect on *Fusarium* wilt and promotes the growth of pepper. *Eur. J. Soil Biol.* 2011. Issue 47. P. 138-145. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2010.11.001.
48. Wyatt M., Johnston C., Magarvey N. Gold nanoparticle formation via microbial metallophore chemistries. *J. Nanopart. Res.* 2014. Vol. 16, Issue 3.
49. Dertz E.A., Stintzi A., Stintzi A., Raymond K.N. Siderophore-mediated iron transport in *Bacillus subtillis* and *Corynebacterium glutamicum*. J. *Biol. Inorg. Chem.* 2006. Issue 11: P. 1087-1097. DOI: 10.1007/s00775-006-0151-4.
50. Rajkumar M., Ae N., Prasad M.N.V., Freitas H. Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. *Trends in Biotechnology*. 2010. Vol. 28, Issue 3. P. 142-149. DOI: 10.1016/j.tibtech.2009.12.002.
51. Egidi E., Wood J.L., Mathews E., Fox E., Liu W., Franks A.E. Draft Genome Sequence of *Bacillus cereus* LCR12, a Plant Growth–Promoting Rhizobacterium Isolated from a Heavy Metal–Contaminated Environment. *Genome Announcements.* 2016. Vol. 4, Issue 5, e01041-16. DOI: 10.1128/genomeA.01041-16
52. McCafferty E., McArdle J.V. Corrosion inhibition of iron in acid solutions by biological siderophores. J. Electrochem. Soc. 1995. Issue 142. P. 1447-1453.
53. Rajala P. Microbially-induced corrosion of carbon steel in a geological repository environment. Helsinki: Julkaisija – Utgivare Publisher, 2017. 83 p.
54. Little B.J., Lee J.S., Ray R.I. The influence of marine biofilms on corrosion: A concise review. *Electrochim. Acta.* 2008. Issue 54. P. 2-7. DOI: 10.1016/j.electacta.2008.02.071.
55. Javaherdashti R., Alasvand K. *Biological Treatment of Microbial Corrosion: Opportunities and Challenges*. Saint Louis, Missouri: Elsevier Science, 2019. 156 p.
56. Zanna S., Seyeux A., Allion-Maurer A., Marcus Ph. *Escherichia coli* siderophore-induced modification of passive films on stainless steel. *Corros. Sci.* 2020. Issue 175. P. 1-11. DOI: 10.1016/j.corsci.2020.108872.
57. Lewicka D., Pfennig A. Abiotic and microbially influenced corrosion on buried iron artefacts. In: Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XIII. Edited By: C.A. Brebbia, Wessex Institute of Technology, UK, 2013. Vol. 131. P. 379-388. DOI: 10.2495/STR130321.
58. Andreiuk K.I., Kozlova I.P., Koptieva Zh.P., Piliashenko-Novokhatnyi A.I., Zanina V.V., Purish L.M. Mikrobna koroziia pidzemnykh sporud [Microbial Corrosion of Underground Structures], Kyiv: Nauk. Dumka, 2005. 258 c. (in Ukrainian).
59. Little B., Ray R. A Perspective on Corrosion Inhibition by Biofilms. Corrosion. 2002. Vol. 58, Issue 5. P. 424-428. DOI: 10.5006/1.3277632.
60. Kostakioti M., Hadjifrangiskou M., Hultgren S.J. Bacterial biofilms: development, dispersal, and therapeutic strategies in the dawn of the postantibiotic era. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.* 2013. 3(a010306). P. 1-23. DOI: 10.1101/cshperspect.a010306.
61. Kurth C., Kage H., Nett M. Siderophores as molecular tools in medical and environmental applications. *Org. Biomol. Chem.* 2016. Issue 14**.** P. 8212-8227. DOI: 10.1039/c6ob01400c.
62. Cendrowski S., MacArthur W., Hanna P. *Bacillus anthracis* requires siderophore biosynthesis for growth in macrophages and mouse virulence. *Mol. Microbiol.* 2004. Issue 51. P. 407-417.
63. Gaddy J.A., Arivett B.A., McConnell M.J., López-Rojas R., Pachón J., Actis L.A. Role of acinetobactin–mediated iron acquisition functions in the interaction of *Acinetobacter baumannii* strain ATCC 19606T with human lung epithelial cells, *Galleria mellonella* caterpillars, and mice. *Infection and immunity*. 2012. Vol.80. Issue 3. P. 1015-1024. DOI: 10.1128/IAI.06279-11.
64. Adler C., Corbalan N.S., Peralta D.R., Pomares M.F., de Cristóbal R.E., Vincent P.A. The alternative role of enterobactin as an oxidative stress protector allows *Escherichia coli* colony development. *PLoS One*. 2014. Vol. 9, No 1. e84734. DOI: 10.1371/journal.pone.0084734.
65. Souto A., Montaos M.A., Balado M., Osorio C.R., Rodriguez J., Lemos M.L., Jiménez C. Synthesis and antibacterial activity of conjugates between norfloxacin and analogues of the siderophore vanchrobactin. *Bioorg. Med. Chem.* 2013. Issue 21. P. 295-302.

УДК 911.3:37.035:504
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.20

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ТОПОГРАФІЇ УРОЧИЩ ЕКОЛОГО-АТРАКЦІЙНОЇ ДЕСТИНАЦІЇ МІСТА КИЄВА «БАСЕЙН РІКИ ЛИБІДЬ: НОВА ЗАБУДОВА – ЖИЛАНЬ – СОЛОМ'ЯНКА»

Шевченко Р.Ю.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
azimut90@ukr.net

Інтерпретація природної спадщини – новий напрямок еколого-екскурсійної та науково-дослідної екологічної діяльності в Україні. Відновлення історичної пам'яті української нації неможливе без повернення еколого-топонімічних назв, їх ідентифікації, делімітації та демаркації для потреб екологічного туризму, еколого-просвітницьких подорожей, укладання нових деталізованих тематичних еколого-природоохоронних карт. Проблема екологічної інтерпретації динамічно змінених (трансформованих) ландшафтів полягає у рекогностуванні топографічних, гідрографічних і топонімічних особливостей забудованих територій м. Києва. Алгоритм відповідних досліджень забезпечується автономною роботою Android-гаджетів та iOs-девайсів, архівних геопросторових даних, а також матеріалів сучасних картографічних сервісів Інтернету. Інтерпретація топографії передбачає визначення ондуляції геодезичних висот, урезу поверхневих вод, порівняльну характеристику фізичної поверхні території у різні історичні часи. Унаслідок польових та камеральних робіт формується новий еколого-економічний продукт – інтерпретаційна програма еколого-природоохоронної екскурсії (подорожі), яка може бути рентабельною, враховуючи інноваційну тематику, анімаційний зміст реалізації та інвестиційну привабливість ревіталізаційних екопроєктів у м. Києві.

На території м. Києва ідентифіковано нову потенційну еколого-туристичну дестинацію уздовж літописної р. Либідь. Відповідний еколого-гідрографічний об'єкт отримав екологічний паспорт і включений до муніципальної програми захисту екології малих річок м. Києва. Проте, незважаючи на історичний, географо-гідрографічний статус і значення р. Либідь, нині вона не має еколого-туристичної інтерпретації її басейну, заплави й топографії прилеглих урочищ.

Нами проведено обсерваційне рекогностування дестинаційного коридору розробленого еколого-просвітницького маршруту у топонімах Нова Забудова, Паньківщина, Жилань, Прилибідська Паньківщина, Солом'янка, завдяки чому з'явилися нові гідрологічні еколого-туристичні атракції річок Клов та Мокра (Мокрянка), струмків: Батиївського, Скоморох та Паньківського (Ботанічного). Здійснено детальний еколого-географічний опис дестинації: генезис виникнення супутніх заплавних антропогенних (промислових) ставків та озер, унікальної топографії урочищ і скверів, туристичних ексклюзивів дестинації. Укладено цифровий ортофотоплан дестинації із експлікацією атракцій і профілюванням маршруту. *Ключові слова:* інтерпретація природної спадщини, літописна р. Либідь, еколого-рекреаційна складова, екотуризм, дестинація, атракція.

Interpretation of the topography of the tracts of the ecological-attraction destination of the city of Kyiv "Lybid River Basin: Nova Zabudova – Zhylan – Solomyanka". Shevchenko R.

Interpretation of natural heritage is a new direction of ecological-excursion and research ecological activity in Ukraine. Restoration of the historical memory of the Ukrainian nation is impossible without the return of ecological and toponymic names, their identification, delimitation and demarcation for the needs of ecological tourism, ecological and educational trips, conclusion of new detailed thematic ecological and environmental maps. The problem of ecological interpretation of dynamically changed (transformed) landscapes is to reconnoiter the topographic, hydrographic and toponymic features of the built-up areas of Kyiv. The algorithm of the corresponding researches is provided by autonomous work of Android-gadgets and iOS-devices, archival geospatial data, and also materials of modern cartographic services of the Internet. Interpretation of topography involves determining the undulation of geodetic heights, the cut of surface waters, comparative characteristics of the physical surface of the territory in different historical times. As a result of field and in-house works, a new ecological and economic product is being formed – an interpretive program of ecological and environmental excursion (travel), which can be profitable, taking into account innovative topics, animated content and investment attractiveness of revitalization ecoprojects in Kyiv.

A new potential ecological and tourist destination along the chronicle river Lybid has been identified on the territory of Kyiv. The relevant ecological and hydrographic object has received an ecological passport and is included in the municipal program of protection of ecology of small rivers of Kyiv. However, despite the historical, geographical and hydrographic status and significance of the Lybid River, today it has no ecological and tourist interpretation of its basin, floodplain and topography of adjacent tracts.

Observational reconnaissance of the destination corridor of the developed ecological-educational route in toponyms Nova Zabudova, Pankivshchyna, Zhylan, Prylybidska Pankivshchyna, Solomyanka was carried out. Due to this, new hydrological ecological and tourist attractions of the rivers Klov and Mokra (Mokryanka), streams: Batyivsky, Skomorokh and Pankivsky (Botanical) appeared. A detailed ecological and geographical description of the destination: the genesis of the accompanying floodplain anthropogenic (industrial) ponds and lakes, the unique topography of tracts and squares, tourist exclusives of the destination. The digital orthophotoplan of the destination with explication of attractions and profiling of the route is concluded. *Key words:* interpretation of natural heritage, chronicle of Lybid river, ecological-recreational component, ecotourism, destination, attraction.

Постановка проблеми. Інтерпретація топографії ландшафту полягає у різночасовому аналізі трансформації природних урочищ до антропогенно змінених урболандшафтів. На території м. Києва деградація ландшафтних природно-територіальних комплексів набула катастрофічних ознак. Насамперед унаслідок неконтрольованої та хаотичної забудови відбувається знищення малих гідрографічних об'єктів, особливо у колекторах, знижується рівень підземних вод, вирубуються міські сквери й унікальні дерева, які є пам'ятками природи або садово-паркового мистецтва.

Найбільшою малою річкою м. Києва (за довжиною, площею басейну, розгалуженістю мережі притоків, різноманітністю природного та антропогенного ландшафту) є р. Либідь – права притока р. Дніпро. Вона має історико-географічне значення, значну кількість еколого-туристичних атракцій і формує ексклюзивну еколого-рекреаційну дестинацію. Із погляду екології туризму ця ріка не повною мірою досліджена, будучи науковою проблемою сучасного екологічного києвознавства.

Актуальність дослідження. Топографія еколого-атракційних дестинацій в екології туризму описується методами інтерпретації природної і культурної спадщини, сформульованими професорами Тілденом, Кейблом та Беком [6].

Дестинації басейну р. Либідь є не лише мало дослідженими, але і взагалі не відомими, а саме: ревіталізовані набережні, декоративні місточки, заповідальні біогеоценози, антропогенне і природне русло, гирла впадіння літописних притоків Скоморох, Клов, Душогубиця, Мокра, Горіхуватка. Найексклюзивнішими є середня течія і басейн р. Либідь. Це насамперед частина долини ріки від залізничного вокзалу до перетину його з бетонованим руслом шляхопроводу Протасового яру. Нами пропонується назва відповідної еколого-атрактивної дестинації: «Басейн р. Либідь: Нова Забудова-Жилань-Солом'янка» як еколого-туристичний, природознавчо-рекреаційний та екскурсійний маршрут містом Києвом.

Із погляду прикладної екології актуальними є дослідження деяких гідрологічних режимів прилеглих гідрографічних об'єктів середньої течії р. Либідь, зокрема озера антропогенного походження в районі НДІ ім. Є.О. Патона, гирла р. Мокра і струмка Скоморох.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Наукові дослідження, означені в рамках еколого-природоохоронного моніторингу р. Либідь, проведені у квітні 2021 року під час польового рекогностування відповідної топографії урочищ за таким коридором: Нова Забудова, Жилань, Прилибідська Панківщина, Нижня і Середня Солом'янка. Авторський доробок корелюється із планом науково-дослідних польових досліджень кафедри екологічного моніторингу та геоінформаційних технологій ДЕА 2021 року.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рекогностування середньої течії дестинації басейну р. Либідь забезпечувалися сучасним, а також ретроспективним картографічним матеріалом київського географа та картографа І. Ушакова («Чертеш Киеву граду, как стоит с московску страну и кругом всего города и как церкви и как дворы и улицы в нем же все описаны», 1893 р.) [5], документом «План старокиевской или верхнего города Киева крепости, поручика Новгородцева» (1774 р.) [3]), а також відомими ретроспективними планами міста києвознавця М. Закревського (1858 р.) [2].

Науково-літературними джерелами, які надають повну ретротопографічну інформацію про території дестинації, є монографії І.Ю. Парнікози [4], В.І. Вишневського [1] та публікація києвознавця-діггера К. Степанця [7]. Розширений опис наукової проблеми представлений в авторській монографії [8].

Виділення невирішених частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Не досить висвітлені з погляду еколого-краєзнавчого опису атрактивні ділянки середньої течії р. Либідь, не досліджені кластери її туристичної і природоохоронної дестинаційності. Дослідження базуються на матеріалах еколого-географічних експедицій і порівняльного картографічного аналізу.

Новизна. Створена та обґрунтована нова еколого-географічна перцепція (асоціативна інтерпретація) нової туристичної дестинації (маршруту) м. Києва за найбільшою малою річкою столиці, котра має історичне та еколого-культурне значення в системі столичного урбану. Запровадження еколого-туристичного маршруту прискорить капіталовкладення задля повної ревіталізації долини та басейну р. Либідь. Практично запрацюють положення екологічного паспорту ріки щодо її муніципального захисту, що дозволить забезпечити екологічну безпеку вод та урочищ.

Методологічне або загальнонаукове значення. Розроблена нова інтерпретаційна програма моніторингу топографії середньої частини долини басейну р. Либідь за методикою Ф. Тілдена. Сформульована парадигма обсерваційного екологічного моніторингу басейну столичної ріки на основі еколого-географічних асоціацій і «ландшафтних вражень», що розвиває методологічні концепції інтерпретації природної і культурної спадщини м. Києва. Закладені нові фундаментальні підмурки теорії екологічного києвознавства, реалізовується еколого-туристичний потенціал малої природно-гідрографічної мережі м. Києва.

Виклад основного матеріалу. Еколого-туристичний інтерпретаційний маршрут еколого-атракційної дестинації «Басейн р. Либідь: Нова Забудова – Жилань – Солом'янка» має довжину екскурсійного коридору завдовжки 3,5 км. Коридор екоекспедиції має вигляд ламаного «висячого» полігонометричного рекогностувального ходу, що складається із двох рівнозначних за довжиною ходів (рис. 1).

Рис. 1. Маршрут еколого-туристичної екскурсії

Вихідним реперним пунктом є Троїцька площа, локалізована в міському топонімі »Нова Забудова»;вона є географічним центром м. Києва, про що свідчив геодезичний знак, розташований на узбіччі дороги неподалік від середньої школи № 78. Під час реконструкції НСК «Олімпійський» у 2011-2012 роках знак було втрачено. Але картометричні роботи, проведені автором, підтверджують відповідну ландмаркову відмітку: φ (географічна широта) = 50^0 26,'083 N; λ (географічна довгота) = 30^0 31,'116 E, H (геодезична ортометрична висота) = 128.111 м у Балтійській системи висот (далі – БСВ).

Топографічна висота вихідного пункту коридору екоінтерпретаційного рекогностування атрактивних дестинацій становить 128,00 м БСВ. Палеотопографічний аналіз карт і планів відповідної місцини доповнив еколого-гідрографічну характеристику урочища. Територія Троїцької площі є палеодолиною р. Клов, яка нині каналізована та колектерована. Планувалося, що річковий колектор буде зациркульований із роботою гідравлічної охолоджувально-вентиляціної мережі гіпермаркету, але не було враховано, що водяний потік поперечника колектора має значну швидкість течії. Це стало перешкодою будівництву великого гіпермаркету, яке здійснювалося протягом 2008–2009 років.

Після сильної зливи у липні 2008 р. швидкісний напір води зруйнував старий колектор, унаслідок чого піднялися підземні ґрунтові води та виникла загроза природно-техногенної надзвичайної ситуації. Реалізація відповідного будівельного проєкту спровокувала би трагедію на кшталт Куренівської катастрофи 1961 року. Крім того, були й політичні складові припинення будівництва, зумовлені зобов'язаннями адміністрації міста щодо дотримання безпеки уболівальників під час проведення ЄВРО-2012 на НСК «Олімпійський».

Будівництво було припинено, поверхи – демонтовані, підземна частина з надземною надбудовою законсервована і конструктивно нині представлена у вигляді невеликих сходів, що ведуть від виходів метро до самої Троїцької площі. Частина законсервованої конструкції стала Троїцьким підземним паркінгом.

Під час будівництва у 2009 р. новокловського колектора були значно розширені його гідротехнічні та гідравліко-технологічні функції: збільшений діаметр, удосконалені гідродинамічні та гідравлічні параметри водотоків. Окрім того, збудований новий Новопрозорівський портал виходу колектора до бетонованого гирла р. Либідь у районі вул. Ямської (рис. 1, А).

Пікетажні складники руху дослідницької групи інтерпретаційного еколого-туристичного рекогностування спрямовуються вздовж вул. Фізкультури, перетинають вул. Антоновича та виходять до торговельно-розважального містечка Баттерфляй Deluxe, за яким відкривається панорамний краєвид безіменного озера з очеретом, дикими качками та навіть із лебедями. Блогери м. Києва його іменують «котиком», тому що в картографічній інтерпретації його контури асоціюються з фауністичною перцепцією «кошеня з піднятим хвостом» (рис. 1, Б).

Гідрогеоморфологічно озеро утворилося протягом 2010–2017 років унаслідок підняття ґрунтових вод на місці будівельного котловану. Тут планувалося побудувати тридцятиповерховий житлово-

офісний центр. Води озера «Котлован» живлять води р. Клов і р. Либідь. Глибина гідрологічного об'єкту сягає понад шести метрів. Навколо озера сформувалася ендемічна біоекосистема із флорою та фауною. Ще з часів Київської Руси-України така місцевість ніколи не використовувалася в господарських цілях, оскільки навесні під час водопілля затоплювалася водами р. Либідь. Екоактивісти пропонують перетворити акваторію і територію навколо озера в екозону на кшталт Central Park (Центрального парку, Нью-Йорк Сіті парку – це парк, розташований у центрі острова Мангеттен, Нью-Йорк, США), інакше ґрунтові води знайдуть вихід і знищуватимуть навколишні споруди.

Наступною еколокацією коридору інтерпретаційної програми туристичного маршруту, що проходить вулицями Фізкультури та Короленківська, є початок стародавньої вулиці м. Києва, що збереглася до сьогодення; її топографія і топологія не зазнала значних змін – це вулиця Володимирська. Вона формує екотаксономічну геосакральну вісь міста «Ріка Либідь – Андріївська гора».

На розі вулиць Короленківська й Тарасівська експедиційна бригада екодослідників потрапляє на східні околиці топоніму Панківщина, де розташовується екозона скверу ім. Димитра Пешева (1894–1973 рр.), болгарського борця за права людини й чисте довкілля. Безіменний сквер отримав назву 23.03.2018 р. згідно з рішенням Київської міської ради № 325/4389 від 22.02. 2018 р. (рис. 1, В).

Повертаючи на вулицю Тарасівську, прямуючи вулицями В. Яна та І. Еренбурга, потрапляємо на вулицю Набережно-Жилянська у місцевість (топонім) Жилань, яка є безпосередньою заплавою долини р. Либідь. Річка тече паралельно вулиці Сім'ї Прахових. Із метою позначення всіх природно-техногенних атракцій ландшафту рекогностувальна група має рухатися проти течії ріки. Під час експедиції зустрічаються три місточки, під одним із них у р. Либідь впадає р. Мокра (Мокрянка), витік якої локалізований на Батиєвій горі в Солом'янському ландшафтному лісопарку. Поряд із локацією впадіння р. Мокрої знаходиться бетоноване гирло струмка Батиїв (Батиївський). Це урочище є найнижчою топографічною точкою заплави р. Либідь у коридорі екорекогностувального інтерпретаційного маршруту – 118,00 м БСВ.

Біля хмарочосу «101 Tower D.TEK» (на вулиці Льва Толстого, 37) облаштована ревіталізована частина у вигляді туристичної набережної із наявним еколого-туристичним і краєзнавчим аншлагом, який інформує про походження місцевості, географію її природних та антропогенних ексклюзивів у вигляді карти і світлин.

Каналізаційна труба, прокладена під шляхопроводом, замаскована за всіма технологіями екодизайну. На вулиці Л. Толстого, біля мосту, з обох боків руху транспорту встановлені таблички з гідронімічним позначенням «Ріка Либідь». Загальна панорама набережної Прилибідської Паньківщини (Жилані) показана на авторській світлині (рис. 2) та позначена на космофотокарті (рис. 1, Г).

Рис. 2. Ревіталізована набережна р. Либідь (квітень 2021 р.)

Наведемо огляд інтерпретації та рекогностування східного крила полігонометричного ходу. Це заплавна частина реалізованої еколого-туристичної геоекопросторової розвідки території дестинації. Вона найбільш насичена природними ексклюзивами й пам'ятками навколишнього природного середовища. Наприклад, з боку технологічного корпусу теплоелектростанції № 1 за північною платформою залізничного терміналу впадає у р. Либідь її лівий приток – р. Скоморох (рис. 1, Д), а неподалік – один із рукавів Панківського струмка. Води цього струмка протікають колектором під вулицею Л. Толстого і впадають у р. Либідь під шляхопроводом над бетонованим руслом.

Південно-західне крило полігонометричного рекогностувального ходу прямує вулицею Л. Толстого в напрямку Нижньої Солом'янки, південного напівкільця київської залізниці. З боку локомотивного депо зустрічається аналог котлованного антропогенного озера, що поповнюється водами р. Либідь та р. Мокра (Мокрянка). У спекотні дні літа озеро висихає, проте водна екосистема зберігається. Генезис виникнення озера ідентичний оз. Котлован (Котяче) в Новій Забудові (рис. 1, Є).

На пішохідній частині шляхопроводу, над північними платформами залізниці знаходиться унікальний об'єкт історії науки і техніки України – геодезичний кадастровий ландмарк. Центр знаку знаходиться в задовільному стані. Інформація, нанесена на ньому, є читабельною, тому вона є складником бібліотеки букету атракцій еколого-туристичної дестинації. Географічні координати пункту визначені за допомогою GPS-геодетики: φ (географічна широта) = 50^0 26' 17,"04509 N; λ (географічна довгота) = 30^0 29' 38,"46629 E, H (геодезична ортометрична висота) = 147.948 м. БСВ (рис. 1, Ж).

На площі П. Кривоноса (Нижня Солом'янка) знаходиться екологічна атракція (екозона) – сквер Залізничників. Із цього пікету в журналі інтерпретаційного екорекогностування значно зростають висотні показники експозицій Солом'янської гори. Перепад (ондуляція) висот коливається від 124,00 м. БСВ на розі вулиць Ползунова та Митрополита Василя Липківського до 178,00 м БСВ (біля будинку Міністерства захисту довкілля і природних ресурсів України).

Кінцева ланка дестинаційного рекогностування проходить територією Середньої Солом'янки. Праворуч коридора розташовуються урочища Залізнична Колонія (напроти Південного вокзалу), Кадетський гай (Повітрофлотський проспект), ліворуч – Кучмін яр (вул. Кудряшова) та Сичнівка (вул. Генерала Шаповала). Коридор рекогностування проходить скверами вздовж вул. Митрополита Василя Липківського із дослідженням флористичної характеристики дерев.

У суміжних до дестинаційного маршруту урочищах Солом'янського природно-територіального комплексу ростуть дерева-пам'ятки природи: Партизанський дуб (вул. Братів Зерових, 21), Перунів дуб (вул. Воробйова, 3; рис. 1, З), дуб Яковенка (вул. Патріараха Мстислава Скрипника, 40; рис. 1, І), дуб Фролкіна (вул. Авіаконструктора Антонова, 2/32, корп. 3). Партизанський дуб у часи Другої світової війни був природним домінантом місцевості – об'єктом стратегічної висоти Верхньої Солом'янки.

Природно-техногенні ексклюзиви локалізовані за такою адресою: вул. Митрополита Василя Липківського, 27/5. На цій вулиці ідентифіковано «танцююче дерево» із гвинтівними гілками. На вулиці Кубанський, 33-А, неподолік ЖК Adamant, знаходиться остання діюча у м. Києві колодязна колонка питної води – памятка інженерно-гідрологічного мистецтва.

Головні висновки. Еколого-атраційна дестинація охопила повний переріз середньої частини заплави та басейну р. Либідь із дослідженням повного букету природних і природно-антропогенних еколого-туристичних об'єктів, картографованих і включених до загальноміського переліку еколого-рекреаційних туристичних дестинацій; вона є складником авторського кейсу еколого-туристичних екскурсій містом Києвом.

Топографія урочищ еколого-атракційної дестинації міста Києва «Басейн ріки Либідь: Нова Забудова-Жилань-Солом'янка» – це інноваційний еколого-туристичний екскурсійний маршрут науково-пізнавального змісту та еколого-просвітницького напрямку. З еколого-топографічної точки зору інтерес представляє гідрографічна мережа басейну середньої заплави р. Либідь і її притоків (Клов, Мокра (Мокрянка), Скоморох).

Топографія коридору та пікетів полігонометричного ходу обсерваційного екорекогностування визначена з наступними топографо-геодезичними сталими:

• ортометричні показники: максимальні – 178,00 БСВ (вул В. Липківського, 35); мінімальні – 118,00 БСВ (місце впадіння р. Мокра (Мокрянка) в ур. Передлибідська Жилань / Жилань, вул. Сім'ї Прахових, 20); середні уздовж коридору рекогностуваня – 135, 00 БСВ;

• топографічний ухил підвищення – 69,9 м./км (вул. В. Липківського) та пониження (-23,2 м.)/км (вул. Сім'ї Прахових); ухил максимальний: +8,5‰/км (ділянка вул. Стадіонна – вул. Кубанська); ухил мінімальний: (-5,1 ‰)/км (ділянка вул. Сім'ї Прахових – вул. Антоновича); середній топографічний нахил підвищення / пониження рельєфу: від +2,0‰/км. до (-2,0 ‰)/км. (пл. П. Кривоноса – вул. Л. Толстого / вул. Короленківська – Троїцька площа).

Це максимально сприятливі топограф-геодезичні умови організації перманентного еколого-екскурсійного туристичного маршруту «Басейн ріки Либідь: Нова Забудова – Жилань – Солом'янка».

Під час реалізації екскурсійного проєкту за методикою інтерпретації Ф. Тілдена максимально залучаються екскурсанти задля створення ефекту їх присутності, співпереживання, отримання досвіду дослідження навколишнього природного й антропогенного середовища.

Уперше досліджені природні та антропогенні об'єкти в басейні середньої течії р. Либідь. Ці об'єкти включені до кадастру нових еколого-туристичних атракцій та інноваційних еколого-рекреаційних дестинацій м. Києва.

На прикладі наукового дослідження латентної високопотенційної еколого-туристичної дестинації «Басейн ріки Либідь: Нова Забудова-Жилань-Солом'янка» продемонстрована висока ефективність розроблення нових цікавих і привабливих еколого-туристичних маршрутів за природно-антропогенними і трансформованими ландшафтами великого міста.

Перспективи використання результатів дослідження. Відповідний досвід рекогностування та інтерпретації природної і культурної спадщини надалі апробовуватиметься на інших еколого-природоохоронних локаціях м. Києва, будучи еталоном для аналогічних досліджень в інших населених пунктах України.

Література

1. Вишневський В.І. Малі річки Києва. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2013. 84 с.
2. Закревский Н. Описание Киева [Електронна копія]. Москва: Тип. В. Грачева и комп., 1868 (Київ: НБУ ім. Ярослава Мудрого, 2015).
3. Новгородцев В. План старокиевской или верхнего города Киева крепости. Кіевъ, 1774.
4. Парнікоза І.Ю. Київські острови та прибережні урочища на Дніпрі – погляд крізь віки [Електронний ресурс]. 2016. Режим доступу: http://www.myslenedrevo.com.ua/uk/Sci/Kyiv/Islands.html
5. Планъ Кіева, составленный въ 1695 г. Кіевская коммиссія для разбора древніх актов. Кіевъ, 1893.
6. Посібник з інтерпретації. Проєкт «Шлях позначений сіллю». Робочий зошит. Бахмут, 2020. 60 с.
7. Степанец К. Энциклопедии киевских рек. Киев, 2015. 240 с.
8. Шевченко Р.Ю. Києвознавство: просторова інтерпретація урболандшафту. Монографія. Київ, 2021. 248 с.

УДК 504.064
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.21

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО ВИВЕЗЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ УСТАНОВАМИ, ПІДПРИЄМСТВАМИ, ОРГАНІЗАЦІЯМИ, ЩО ВХОДЯТЬ ДО СФЕРИ УПРАВЛІННЯ ЦЕНТРАЛЬНИХ ОРГАНІВ ВИКОНАВЧОЇ ВЛАДИ

Біушкін О.І.
Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України
вул. Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
Biushkin@mepr.gov.ua

Відзначено актуальність вирішення проблеми значного накопичення відходів у зв'язку з відсутністю результативної системи заходів, орієнтованих на зменшення негативних впливів на екологію країни. Охарактеризовано ситуацію з кількістю відходів в Україні порівняно з ситуацією в Європейському Союзі. Розглянуто недостатнє охоплення населення послугами з вивезення побутових відходів. Визначено проблеми наявності великої кількості незаконних звалищ і відсутності ефективної боротьби зі злочинами у сфері екологічного законодавства на рівні державного регулювання. Зауважено на змінах у термінології екологічного законодавства, що стосуються вивезення побутових відходів, та можливих варіантах цих змін за поточної ситуації. Охарактеризовано три системи вивезення відходів, які утворюються та накопичуються в населеному пункті, з оцінкою їхньої ефективності та сфери застосування. Відзначено масштаб впливу різноманітних підходів до вивезення відходів на екологічну ситуацію в регіоні. Розкрито проблематику транспортування таких побутових відходів, як акумулятори, батарейки та лампи, що мають підвищений рівень екологічної небезпеки. Відзначено невирішеність проведення якісної сертифікації та рекультивації сміттєзвалищ і вплив цієї проблеми на вивезення побутових відходів. Вказано на відсутність стимулів для суб'єктів господарювання та органів місцевого самоврядування переробляти відходи для мінімізації обсягів вивезення побутових відходів. Охарактеризовано позитивні заходи щодо вирішення ситуації з вивезенням побутових відходів завдяки ухваленню Закону «Про поводження з відходами» та формуванню пропозиції про запровадження служби збору сміття для надання окремої комунальної послуги на фоні неправильного формулювання норми і процедури укладання договору на вивезення побутових відходів в українському законодавстві. *Ключові слова:* екологія, побутові відходи, транспортування, сміттєзвалище, договір.

Problematic issues regarding the removal of household waste by institutions, enterprises, organizations within the scope of management of central executive bodies. Biushkin O.

The problematic issues related to the removal of household waste by institutions, enterprises, organizations, which fall under the responsibility of the management of central executive bodies. The urgency of solving the problem of significant waste accumulation due to the lack of an effective system of measures aimed at reducing the negative impact on the country's environment is noted. The situation with the amount of waste in Ukraine in comparison with the European Union is described. Insufficient coverage of the population with household waste removal services is considered. The problem of the presence of a large number of illegal waste landfills and the lack of effective fight against crimes in the field of environmental legislation at the level of state regulation is noted. Changes in the terminology of environmental legislation related to the removal of household waste and possible variants of these changes to the current situation are noted. Three systems of waste removal, which are formed and accumulated in the settlement with the assessment of their efficiency and scope, are characterized. The scale of the impact of various approaches to waste disposal on the environmental situation in the region is noted. The problems of transportation of such household waste as accumulators, batteries and lamps with a high level of environmental hazard are mentioned. The unsolved issue of the qualified certification and recultivation of waste landfills and the impact of this problem on the removal of household waste are noted. There is a lack of incentives for businesses and local governments to recycle waste in order to minimize the removal of household waste. Positive measures are noted in resolving the situation with household waste disposal due to the adoption of the Law on Waste Management and the formation of a proposal to introduce a garbage collection service to provide a separate utility service, against the background of incorrect wording and procedure for concluding a contract for household waste disposal in Ukrainian legislation. *Key words:* ecology, household waste, transportation, waste landfill, contract.

Постановка проблеми. Значна кількість накопичених в Україні відходів та відсутність ефективних заходів, спрямованих на запобігання їх утворенню, на сприяння утилізації і захороненню, поглиблюють екологічну кризу та гальмують розвиток національної економіки. Така ситуація вимагає створення і належного функціонування загальнодержавної системи для запобігання утворенню з метою збирання, переробки та утилізації відходів, враховуючи поточну екологічну ситуацію. Це повинно стати нагальним завданням навіть за умов порівняно обмежених економічних можливостей як держави, так

і основних виробників відходів. Таким чином, єдиний можливий спосіб вирішення ситуації – це створення комплексної системи поводження з відходами.

Актуальність дослідження. Питання, яке потребує термінового вирішення, полягає в необхідності зниження критичності ситуації, що виникла у зв'язку з утворенням, накопиченням, зберіганням, переробкою, утилізацією та захороненням відходів і характеризується подальшим розвитком екологічних загроз. Проблема відходів в Україні є особливо масштабною та значною як через домінування ресурсомістких технологій багатовідходного виробництва у національній економіці, так і через відсутність адекватної реакції на її виклики впродовж тривалого часу. Значні масштаби використання ресурсів, енергетичної та сировинної спеціалізації національної економіки разом із застарілою технологічною базою визначають і продовжують окреслювати високі темпи утворення та накопичення відходів. Такі обставини призводять до поглиблення екологічної кризи і загострення соціально-економічної ситуації у суспільстві та потребують реформування і розвитку з урахуванням внутрішнього й міжнародного досвіду всієї правової та економічної систем, що регулюють використання природних ресурсів загалом і поводження з відходами зокрема. Проблема відходів є однією з ключових екологічних проблем і важливою з точки зору ресурсів.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями полягає у необхідності розробки теоретично обґрунтованого методичного інструментарію дослідження ефективності процесу вивезення побутових відходів установами, підприємствами, організаціями, що входять до сфери управління центральних органів виконавчої влади.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективне вирішення екологічних й економічних проблем України, перспектив її соціального розвитку можливе лише за умови визначення основних напрямів та розв'язання основних завдань з реалізації державної політики у сфері вивезення побутових відходів установами, підприємствами, організаціями, що входять до сфери управління центральних органів виконавчої влади. Комплекс питань, пов'язаних із поводженням з побутовими відходами, вивчали і досліджували такі вчені: О.Р. Попович, О.Р. Ярема. В.М. Лапицький, О.О. Борисовська, О.М. Катічев, О.П. Ігнатенко, К.Г. Любешкіна, та інші.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених проблематиці надмірної кількості відходів та стратегіям вирішення зазначеної ситуації, ґрунтовних, системних досліджень, присвячених конкретно вивезенню побутових відходів установами, підприємствами, організаціями, що входять до сфери управління центральних органів виконавчої влади, не визначено, тому при написанні цієї статті акцент зроблено саме на чинну нормативно-правову базу.

Новизна представлених у дослідженні результатів наукової роботи полягає в обґрунтуванні, окресленні та аргументації актуальних проблем вивезення побутових відходів установами, підприємствами, організаціями, що входять до сфери управління центральних органів виконавчої влади.

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати наведеного у статті дослідження дозволяють реалізувати діяльнісний підхід до вирішення проблеми вивезення побутових відходів установами, підприємствами, організаціями, що входять до сфери управління центральних органів виконавчої влади, враховуючи загальнодержавні та регіональні тенденції. Використання подібного підходу до окреслення проблематики дослідження є важливою умовою визначення можливих шляхів покращення поточної ситуації як сфери наукового пізнання.

Виклад основного матеріалу. Проблема поводження з відходами існує в усіх країнах світу. Кількість побутових відходів, що утворюються людиною, зростає з кожним роком, і поки що неможливо змінити напрям цієї динаміки. Так, резидент ЄС має 489 кг відходів на рік. А на громадянина України за різними методами розрахунку в середньому припадає від 230 до 330 кг на рік. Різна кількість відходів у країнах пов'язана із загальним рівнем доходів людей, а також з особливостями способу життя, кліматом тощо.

Незважаючи на менший обсяг, показники ефективності поводження з відходами в Україні, на жаль, не на користь українців. І це стосується не лише сфер роздільного збирання та обробки сміття, а й загальнодержавної ситуації. Наприклад, 22% населення України взагалі не охоплено послугами з вивезення побутових відходів. І навіть там, де є відповідна інфраструктура, виникають інші проблеми, наприклад, несанкціоновані звалища.

У 2019 р. було виявлено близько 27 тис. таких незаконних звалищ. І проблема полягає не лише в цій цифрі, а й у тому, що держава не в змозі ефективно боротися зі злочинами у сфері екологічного законодавства. Однак проблеми України не є унікальними. Більшість країн, які успішно побудували сектор поводження з відходами, розпочинали свій шлях із нинішнього стану України [3].

Якщо раніше послуга називалася «вивезення побутових відходів», то наразі в усіх офіційних документах назву замінено на «поводження з побутовими відходами». Така зміна формулювань пов'язана зі спробою змінити ситуацію з побутовими відходами, яка в Україні набула катастрофічних масштабів, та окреслює дії, спрямовані на запобігання утворенню відходів, сприяння їх збиранню, транспортуванню, сортуванню, зберіганню, обробці, утилізації [1]. Відповідно, якщо раніше потрібно було лише

звільнити прибудинкову територію від накопичених відходів у сміттєзбиральниках, які обслуговують житлові будинки, то зараз планується залучення компаній до обслуговування будівель, що також зможуть забезпечити переробку сміття.

Існують три системи вивезення відходів, що утворюються та накопичуються в населеному пункті: сплавні, експортні та змішані.

Система сплавів використовується у повністю каналізованих населених пунктах, де рідкі та частково дрібні тверді відходи зливаються до очисних споруд за допомогою системи труб. Цей спосіб видалення рідких і частково дрібних твердих відходів називається каналізацією. Решту твердих відходів вивозять спеціальними автомобілями.

Система видалення використовується в населених пунктах без каналізації. При цьому рідкі та тверді побутові відходи вивозяться на місця утилізації й утилізуються спеціальними транспортними засобами. Такий спосіб видалення твердих відходів називається очищенням, а рідких – відновленням.

Змішана система використовується в частково каналізованому населеному пункті. За такої системи рідкі відходи видаляються з каналізаційної частини населеного пункту за допомогою каналізаційної мережі, з не з каналізаційної частини – за допомогою каналізаційного транспорту, а всі тверді відходи видаляються транспортом для санітарного очищення.

Таким чином, для всіх систем вивезення відходів у всіх населених пунктах характерне вивезення твердих відходів, тобто використовується експортна система санітарії.

У сучасних населених пунктах за наявності каналізації всі рідкі відходи сплавляються. Після нейтралізації вони потрапляють переважно до поверхневих вод. У разі застосування системи експорту рідкі та тверді відходи нейтралізуються переважно у ґрунті. Тому питання гігієнічних вимог під час збирання, вивезення, утилізації рідких і частково дрібних твердих відходів у системі сплавів (каналізації) розглядається в розділі про санітарний захист водних об'єктів. Ці ж питання в умовах експортної системи висвітлюються у розділі про санітарну охорону ґрунту [4].

Перевізники успішно видаляють пластикові пляшки, папір та скло. Ситуація з небезпечними відходами (електроніка, люмінесцентні та енергозаощаджувальні лампи, акумулятори) набагато складніша: збирання небезпечних відходів потребує ліцензування. А перевізники, які вивозять побутове сміття, не мають таких ліцензій. У Львові є компанії, які приймають електроніку на переробку за додаткову плату. Те саме – і з використаними освітлювальними елементами, хоча ці послуги досить дорогі. Контейнери для збору батарейок планується розмістити в дитячих садах, школах, вищих закладах освіти, житлових масивах. Проте така практика на сьогодні є виключно поодинокою та не носить системний характер. Сміттєвози візьмуть ці контейнери безкоштовно.

Існує проблема з вивезенням акумуляторів для подальшої переробки, оскільки в Україні немає жодного заводу, який утилізує відпрацьовані батареї. Обсяг утилізованого біогазу в 2020 р. склав 64,0 млн м³ (50% метану). Обсяг виробленої електроенергії у 2020 р. – 112,3 ГВт-год. Однак кількість перевантажених сміттєзвалищ становить 261 одиницю (4,3%), а 868 одиниць (14%) не відповідають стандартам екологічної безпеки.

Неналежними є роботи з сертифікації та рекультивації сміттєзвалищ. З 1 542 звалищ, які потребують сертифікації, 93 були фактично сертифіковані у 2020 р. (а взагалі потребують сертифікації 23,9% від загальної кількості сміттєзвалищ) [7]. орієнтовані на звалища та/або природні звалища, більшість з яких не відповідають вимогам екологічної безпеки, мають низький технологічний рівень, обмежені підходи до прийняття комплексних управлінських рішень та фінансових ресурсів; мають низький рівень впровадження інноваційних технологій. Це все здійснює безпосередній вплив на питання вивезення, оскільки кінцева точка маршруту є не фіксованою на унормованому законодавчому рівні.

Низькі тарифи на послуги з утилізації відходів не створюють стимулів для суб'єктів господарювання та органів місцевого самоврядування до переробки відходів, які потенційно можуть бути передані у комерційний обіг. Розвиток роздільного збирання та переробки відходів є невід'ємною частиною підвищення ефективності використання природних ресурсів та переходу до сталої економіки [6] усіма зацікавленими сторонами: центральними та місцевими органами влади, громадськістю, міжнародними партнерами і волонтерами. Отже, це може стати основою для зміни формату вивезення побутових відходів та їх подальшої долі.

Незважаючи на те, що такий діалог тільки починається, вже можемо спостерігати позитивні зміни, наприклад, роботу над ухваленням Закону України «Про поводження з відходами» [2]. Його основні завдання – забезпечення законодавчого та нормативного регулювання відносин у сфері поводження з відходами з урахуванням вимог європейських директив, поліпшення стану навколишнього середовища, створення інфраструктури та сприяння інвестиціям.

Доцільним є запровадження служби збирання сміття для надання окремої комунальної послуги. При цьому її слід вилучити зі списку послуг з обслуговування будинків та прилеглих територій. Це рішення дозволить спростити процес надання житлово-комунальних послуг відповідно до законодавства. Тарифна політика не зміниться. Тобто послуга вивезення сміття буде відокремлена від вартості житлово-комунальних послуг. Це справедливо, адже сьогодні вивезення сміття ґрунтується на кількості жителів на норму утворення побутових відходів,

тобто розраховується на будинок, а потім ділиться на квадратні метри. Відповідно, мешканці житлових будинків платять за квадратний метр, а не за фактичне накопичення відходів.

Щодо проблемних питань, то слід зазначити, що законодавством України визначено норму, яка наразі формулюється неправильно, а саме, відповідно до ст. 35-1 Закону «Про відходи» [1], власники або орендарі джерел побутових відходів, землі укладають угоди з юридичною особою, визначеною підрядником для вивезення побутових відходів, оплачують такі послуги і забезпечують роздільне збирання твердих побутових відходів. Збір та вивезення побутових відходів у межах певної території здійснюється юридичною особою, уповноваженою місцевою владою на конкурсних засадах у порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України, спеціально обладнаними транспортними засобами [1]. Це правило передбачає, що споживачі укладають договори з юридичною особою, яка є виконавцем. Виникає питання, чи може бути виконавцем ФОП, адже згідно з нормою це однозначно юридична особа. Більше того, це правило вказує на те, що споживач повинен укласти договір із підрядником, який виграв тендер на відповідній території, але існує порушення принципу вільного вибору підрядників. Відповідно, ця норма не може функціонувати належним чином, оскільки порушується принцип диспозитивності.

Відповідно до законодавства України про відходи відповідальність насамперед лежить на їх власникові. Існує велика проблема у відсутності механізму впливу на власників відходів, які відмовляються підписувати угоду про збирання та утилізацію побутових відходів. Через відсутність договору на збирання та вивезення відходів, які досі потрапляють у сміттєві контейнери, призначені для населення, неможливо визначити кількість відходів, що утворюються цими організаціями.

Для підвищення якості державної політики та державного управління потрібні не тільки суттєві і структурні зміни, а й значне підвищення функціональної ефективності їх реалізації. У зв'язку з цим виникає необхідність формування багаторівневої (держава – регіон – спільнота – особа) програми заходів щодо забезпечення ефективного державного управління цією сферою громадської діяльності у законодавчому, організаційному, функціональному та громадському аспектах контролю.

Впровадження в Україні сучасної системи поводження з побутовими відходами має покращити екологічну ситуацію та санітарний стан населених пунктів, мінімізувати відходи, викиди забруднювальних речовин в атмосферу, зменшити забруднення ґрунтів, стимулювати впровадження системи роздільного збирання твердих побутових відходів, сприяти підвищенню екологічної культури населення, підвищити контроль за рекультивацією сміттєзвалищ, збільшити будівництво сортувально-переробних комплексів з енергонезалежними носіями (з енергоблоками для виробництва електроенергії та тепла) [5].

Крім того, необхідно активніше працювати зі спільнотою, щоб укладати договори на вивезення сміття. Є можливість значно скоротити кількість несанкціонованих звалищ поза населеним пунктом або на його околицях, але комунальним службам необхідно забезпечити максимальну регулярність збирання сміття, яке накопичується на контейнерних майданчиках. Громада та засоби масової інформації також повинні долучитися до цієї роботи.

На жаль, можливості засобів масової інформації та інтернет-ресурсів не використовуються на повну силу. В Європі одним із обов'язкових податків є податок на сміття. Такого в Україні немає. Тому кожен громадянин й організація повинні розуміти, що за вироблене сміття і за його вивезення повинні бути заплачені гроші [8].

Головні висновки. Система вивезення побутових відходів установами, підприємствами, організаціями, що входять до сфери управління центральних органів виконавчої влади, недосконала. Відсутність співпраці з органами державної санітарно-епідеміологічної служби та охорони навколишнього середовища не забезпечує достатнього контролю за санітарним станом територій, а також збирання і вивезення побутових відходів. Ефективне вирішення комплексу питань, що стосуються поводження з побутовими відходами, можливе лише за умови, якщо реалізуються основні напрями і завдання державної політики у сфері поводження з відходами, визначені Програмою поводження з твердими побутовими відходами в Україні, яка повинна враховувати сучасний стан економіки країни, перспективи її суспільного розвитку. Дотримуючись чіткої стратегії, необхідно покращити екологічний розвиток України. Для цього слід зменшити шкідливий вплив побутових відходів на довкілля та здоров'я людей; створити умови для очищення населених пунктів від забруднення побутовими відходами; забезпечити виробництво додаткової товарної продукції за допомогою утилізації ресурсомістких компонентів побутових відходів; впроваджувати нові технології у сфері поводження з побутовими відходами; покращити якість обслуговування населених пунктів у сфері поводження з побутовими відходами; перетворити сферу поводження з побутовими відходами на самоокупну та прибуткову галузь комунального господарства.

Перспективи використання результатів дослідження. Представлені результати дослідження та зроблені висновки повинні бути враховані у плануванні державної і регіональної політики з метою вирішення актуальної екологічної проблеми з вивезення побутових відходів установами, підприємствами, організаціями, що входять до сфери управління центральних органів виконавчої влади.

Література

1. Про відходи : Закон України (зі змінами від 13 квітня 2020 р.) № 554-IX. *Відомості Верховної Ради.* 2020. № 37. Ст. 277. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр#Text.
2. Про управління відходами : Закон України від 3 червня 2020 р. № 2207-1-д. URL: https://ips.ligazakon.net/document/JI02286A?an=99.
3. Із третього світу в перший. Реформа управління відходами в Україні. Грудень, 2020. URL: https://www.pwc.com/ua/en/survey/2020/waste-management.pdf.
4. Методичні рекомендації для студентів з навчальної дисципліни «Гігієна та екологія». URL: https://doctrina.space/subjects/hygiene/2/12%20ОЦІНКА_ҐРУНТУ. pdf.
5. Радченко Л.М. Державне управління з проблеми твердих побутових відходів у сучасних умовах європейської інтеграції України. *Інвестиції: практика та досвід.* 2019. № 8. С. 125–129.
6. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 р. : розпорядження КМУ від 8 листопада 2017 р. № 820-р. URL: http: //search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR170820.html.
7. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2020 рік. URL: https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-v-ukrayini-za-2020-rik-2/.
8. У Пирятині вирішують проблеми зі збору та вивезення твердих побутових відходів. URL: https://np.pl.ua/2016/08/u-pyryatyni-vyrishuyut-problemy-zi-zboru-ta-vyvezennya-tverdyh-pobutovyh-vidhodiv/.

УДК 621.181.2
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.22

СТАЛЕ ФІНАНСУВАННЯ ТРАНСПОРТУ ЯК ПРЕРОГАТИВА ОНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ

Тірон-Воробйова Н.Б., Романовська О.Р., Тімофєєва В.О.
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»
вул. Фанагорійська, 9, 68607, м. Ізмаїл, Одеська область
natasha.vorobyova051982@gmail.com, formatirung@gmail.com, df.mm20.timofeeva.vo@dinuoma.com.ua

Сучасна інфраструктура, чесна ринкова конкуренція, розвиток та координація між різними видами транспорту разом із упровадженням ефективної системи управління стануть основою для розроблення і функціонального зростання національної транспортної стратегії України.

Поліпшення якості та рівня транспортних послуг стимулюватиме український експорт і сприятиме внутрішній торгівлі.

У статті розглянуто український досвід щодо розвитку транспортного сектору з метою аналізу ситуації та визначення можливостей для покращення. Автори розкривають сутність транспортної сфери послуг та її роль для соціально-економічного розвитку країни. Встановлено, що обсяги транспортного фінансування не повністю відповідають його потребам у модернізації, наближенні до сучасних вимог та європейських стандартів. Авторами запропоновано шляхи підвищення інвестиційної привабливості та подолання нестабільності фінансування транспортного сектору.

Мета нашої роботи - дослідження фінансування транспортного сектору України, визначення проблем і потреб сталого розвитку економіки держави, надання шляхів подолання нестабільності транспортного сектору.

Мета роботи досягається шляхом вирішення таких завдань: 1) дослідити стан питання за допомогою літературних джерел; 2) дослідити процес фінансування транспортного сектору кількох регіонів та України загалом; 3) проаналізувати Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року; 4) скласти таблиці і схеми із зазначенням джерел фінансування транспортної системи України; 5) запропонувати шляхи вирішення фінансової нестабільності.

Національна транспортна стратегія України до 2030 року визначає сфери покращення якості транспортних послуг, наближує рівень їх надання та інфраструктури до європейських стандартів, покращує безпеку транспорту, антикорупційну політику, розглядає необхідність децентралізації завдань та функцій центрального управління і керування виконавчими органами в державному секторі економіки. *Ключові слова:* транспортна система, транспортна стратегія України, стійке фінансування, економічний розвиток, лізинг.

Sustainable transport financing as a pregnant for updating the transport strategy of Ukraine. Tiron-Vorobiova N., Romanovska O., Timofieieva V.

Modern infrastructure, fair market competition, development and coordination between different modes of transport, together with the introduction of an effective management system, will provide the basis for the development and functional growth of Ukrainian national transport strategy.

Improving the quality and level of transport services will stimulate Ukrainian exports and promote domestic trade.

The article deals with the Ukrainian experience in the development of the transport sector in order to analyze the situation and identify opportunities for improvement. The authors reveal the essence of the transport sphere of services and its role for the socio-economic development of the country. It was found that the amount of transport funding does not fully meet its needs for modernization and approximation to contemporary requirements and European standards. The authors proposed the ways to increase investment attractiveness and overcome the instability of financing the transport sector.

Objective: Our aims with this paper are: to study the financing of the transport sector of Ukraine, to identify problems and needs for sustainable development of the state economy, to provide ways to overcome the instability of the transport sector.

The purpose of the work is achieved by solving the following problems:
– to study the state of the issue with the help of literary sources;
– to study the process of financing the transport sector of several regions and Ukraine as a whole;
– to analyze the National Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2030;
– to make tables and diagrams that indicate the sources of funding for transport system of Ukraine;
– to suggest the sources of solving the financial instability.

The National Transport Strategy of Ukraine until 2030 identifies areas for improving the quality of transport services, brings the level of their provision and infrastructure closer to European standards, improves transport safety, anti-corruption policy, considers the need to decentralize tasks and functions of central executive bodies management in the public sector of the economy. *Key words:* transport system, transport strategy of Ukraine, sustainable financing, economic development, leasing.

Постановка проблеми. Нині транспортний сектор загалом відповідає тільки основним потребам суб'єктів економічної діяльності та населення. Рівень безпеки, якості та ефективності пасажирських і вантажних перевезень, а також технологічно застарілі активи з низькою енергоефективністю не відповіда-

ють сучасним вимогам і стандартам Європейського Союзу (ЄС) та негативно впливають на навколишнє середовище.

Такий стан зумовлює зниження попиту на транспортні послуги серед зовнішніх і внутрішніх користувачів, скорочення транзиту та обсягів торгівлі, отже, втрачається вигода отримання додаткових доходів державою. Отже, відставання в розвитку транспортної інфраструктури, транспортно-логістичних технологій і мультимодальних перевезень знижує транзитний потенціал країни і впливає на конкурентоспроможність України, адже високі витрати на перевезення всією країною роблять вартість виробництва надзвичайно високим. Тому достатнє і стабільне фінансування розвитку транспортного сектору країни має вкрай важливе значення для розвитку економіки загалом.

Отже, саме визначення проблем фінансування транспортного сектору України в сучасних умовах та обґрунтування практичних рекомендацій щодо покращення його фінансового забезпечення задля стимулювання розвитку вітчизняної економіки є одним із напрямів Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року.

Актуальність дослідження. Загальна мета транспортної Стратегії полягає у визначенні концептуальних засад формування і реалізації державної політики в галузі транспорту, спрямованих на створення інтегрованого до світової транспортної мережі ефективного транспортного комплексу України, підвищення інвестиційної привабливості транспортної галузі, задоволення потреб населення у перевезеннях, покращення умов ведення бізнесу задля стійкого економічного та соціального розвитку країни [1; 2].

Для досягнення цієї мети реалізовуватимуться стратегічні цілі за такими пріоритетними напрямами: 1) впровадження ефективного державного управління у транспортній галузі; 2) забезпечення надання якісних транспортних послуг та інтеграція транспортного комплексу України з міжнародною транспортною мережею; 3) забезпечення сталого фінансування транспортного комплексу; 4) підвищення рівня безпеки на транспорті; 5) досягнення міської мобільності та регіональної інтеграції в Україні.

Більш детальніше нами запропоновано розгляд пріоритетного напряму 3: забезпечення сталого фінансування транспорту.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Відсутність останніми десятиліттями сталого фінансування транспорту призвело до масштабного зносу основних фондів транспортної інфраструктури.

Станом на 1 січня 2017 року обсяги фінансування транспортного сектору й дорожнього господарства за загальним і спеціальним фондами державного бюджету становлять 17,57 млрд. грн., або 2,57% до фактичних видатків зведеного бюджету України.

Державне фінансування технічного обслуговування та оновлення автомобільних доріг загального користування є недостатнім (лише 16,5% загальної потреби) порівняно з поточними потребами дорожнього господарства. Станом на 2017 р., за оцінкою Укравтодору, потреби дорожнього господарства становлять 40 млрд. грн. на рік.

Державний дорожній фонд України, створений Законом України у листопаді 2016 року, почав функціонувати з 1 січня 2018 року.

У 2016 році доходи ПАТ «Укрзалізниця» становили 78 млрд. грн., прибуток – 320 млн. грн., зокрема 75% чистого прибутку було спрямовано до державного бюджету. Решту чистого прибутку спрямовано до фонду розвитку товариства. Загалом державний бюджет отримав від ПАТ «Укрзалізниця» 6,8 млрд. грн. податків та обов'язкових платежів, ще 8,4 млрд. грн. було перераховано до інших цільових фондів і місцевих бюджетів.

Неотримання в повному обсязі компенсації за пільгові перевезення залізничним транспортом спричинює збитковість пасажирських залізничних перевезень.

Загальна потреба коштів на оновлення рухомого складу ПАТ «Укрзалізниця» становить 108,3 млрд. грн., потреба коштів на інфраструктуру залізничного транспорту – 196,7 млрд. грн.

У 2015 році чистий прибуток державного підприємства «Адміністрація морських портів України» (далі – ДП «АМПУ») становив 3,847 млрд. грн., 75% було сплачено до державного бюджету. У 2016 році чистий прибуток ДП «АМПУ» становив 3,854 млрд. грн., а чистий дохід від реалізації – 7,298 млрд. грн. Інвестиції в інфраструктуру досягли 650 млн. грн. (на 55 % більше, ніж у 2015 році).

На реалізацію інвестиційних проектів у морській галузі планується залучити понад 1,2 млрд. дол. США. Водночас ДП «АМПУ» розпочало та реалізує низку інфраструктурних проєктів із модернізації і створення стратегічних об'єктів портової інфраструктури загальною сумою 16 млрд. грн.

Міжнародні фінансові інституції відіграють вирішальну роль у розвитку транспортної інфраструктури. Протягом 1994-2016 рр. реалізовано 8 проєктів із фінансуванням від Європейського банку реконструкції та розвитку (ЄБРР), Європейського інвестиційного банку (ЄІБ), Міжнародного банку реконструкції та розвитку (МБРР) загальною вартістю 1368,1 млн. євро, з яких обсяг кредитних коштів становив 1024,37 млн. євро.

Нині на стадії реалізації перебуває 5 спільних проектів з ЄБРР, ЄІБ, МБРР, загальний обсяг кредитних коштів яких становить 2479,08 млн. євро, власних коштів – 94,86 млн євро, коштів державного бюджету – 250 млн. євро.

Транспортна інфраструктура в Україні потребує понад 30 млрд. євро інвестицій задля забезпечення ефективності безпеки й обслуговування зростаю-

чого попиту на транспортні послуги. Більша частина коштів для поліпшення інфраструктури очікується від зовнішніх ресурсів, переважно від міжнародних фінансових інститутів, приватних інвесторів і проєктів державно-приватного партнерства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Транспортна галузь України має велику кількість морських портів і річкових терміналів, аеропорти та широку мережу авіаційних сполучень, розвинуту мережу автомобільних шляхів, мережу маршрутів громадського пасажирського транспорту, автобусних станцій і вантажних митних терміналів. Це створює необхідні передумови для задоволення потреб населення у наданні транспортних послуг та розвитку бізнесу. Зокрема, у Чорноморському та Азовському басейнах, а також у дельті Дунаю працюють 13 морських портів, сукупна потужність вантажообробки яких становить близько 230 млн.т на рік. Територією України простягається 1562,6 тис. км судноплавних водних шляхів; функціонує розвинута мережа паромного сполучення, морських контейнерних ліній, які з'єднують Україну з країнами-партнерами в Чорноморському регіоні. Національна мережа автомобільних доріг загального користування становить 169 643 км. Залізнична мережа України є однією з найбільших у Європі та сягає близько 19 790 км, з яких 9 354,8 км (47,3%) електрифіковано. В Україні наявна диференційована мережа авіаційних сполучень. Галузь транспорту є важливою частиною економіки, що забезпечує обслуговування як внутрішніх, так і експортних/імпортних, а також транзитних перевезень вантажів і пасажирів. Транспорт є невід'ємною складовою загальної державної економічної політики та забезпечення обороноздатності країни.

Пріоритетним завданням для України є реалізація її транспортного потенціалу і створення транзитного транспортного мосту, що поєднуватиме країни Європи, Азії і Сходу завдяки Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року. Вона забезпечує комплексне бачення глобальних пріоритетів трансмодальної політики та визначає напрями розвитку галузі на період до 2030 року.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Загальними проблемами, що потребують розв'язання, є такі:

– брак фінансування транспортного сектору державної форми власності;

– недосконала фіскальна політика, яка призводить до відтоку коштів із підприємств транспортної галузі, зокрема державної форми власності, та не сприяє розвитку галузі;

– недостатній рівень приватних інвестицій у транспортний сектор, обмеженість інструментів для приватного інвестування в об'єкти інфраструктури, низький рівень інвестиційної привабливості транспортних підприємств;

– неефективне нормативно-правове регулювання питань державно-приватного партнерства;

– значне фінансове навантаження на транспортні підприємства, пов'язані зі здійсненням соціальних пасажирських перевезень;

– невизначеність порядку залучення приватного капіталу для будівництва та реконструкції доріг;

– відсутність механізму контролю ефективності використання коштів, передбачених на ремонт, реконструкцію та будівництво дорожньої інфраструктури;

– відсутність ефективного податкового механізму стимулювання оновлення флоту;

– відсутність механізмів компенсації інвестицій у стратегічні об'єкти портової інфраструктури.

Розв'язання проблем досягатиметься в рамках реалізації таких цілей:

– впровадження довгострокового фінансового планування відповідно до стратегічних пріоритетів, термінів реалізації та життєвого циклу об'єктів, з пріоритезацією проектів, пов'язаних із мережею TEN-T (Транс'європейські транспортні мережі);

– забезпечення публічності інформації про фінансове планування і використання коштів;

– забезпечення ефективного та цільового використання коштів відповідно до прозорого механізму визначення пріоритетів, зафіксованої економічної вигоди, аналізу витрат і доходів, прозорих правил публічних закупівель;

– забезпечення ефективного нормативно-правового регулювання питань реалізації проєктів державно-приватного партнерства в галузі транспорту;

– залучення приватних інвестицій у розвиток транспортної галузі, зокрема за проектами державно-приватного партнерства, та коштів міжнародних фінансових організацій (інституцій);

– розроблення і коригування інноваційних фінансових інструментів та механізмів залучення приватних інвестицій до транспортної галузі (зелених інвестицій, проміжного і проєктного фінансування, включаючи облігації та основні інструменти розподілу ризиків і приросту вартості) з державною підтримкою або підтримкою міжнародних фінансових інститутів;

– забезпечення цільового фінансування транспортної галузі;

– створення економічних механізмів, які сприятимуть оновленню рухомого складу;

– забезпечення стабільного фінансування утримання доріг місцевого значення за рахунок коштів місцевих бюджетів та з частковим фінансуванням з Державного дорожнього фонду;

– запровадження дієвого податкового механізму стимулювання оновлення флоту;

– залучення приватного капіталу у розвиток внутрішнього водного транспорту, зокрема підтримка довгострокових інвестицій в оновлення і будівництво річкових суден;

– визначення стабільних джерел фінансування для обслуговування та експлуатації судноплавних шлюзів.

Отже, щоб розв'язати всі вищезазначені проблеми, треба розглянути питання сталого фінансування транспортного сектору України зсередини.

Новизна. Згідно із Законом України транспорт є однією з найважливіших галузей суспільного виробництва, покликаний задовольняти потреби населення і суспільного виробництва у перевезеннях. Місце та роль транспорту у суспільному виробництві визначає необхідність його пріоритетного розвитку, державної підтримки задоволення його потреб у транспортних засобах, матеріально-технічних і паливно-енергетичних ресурсах [3].

Методологічне або загальнонаукове значення. Єдина транспортна система повинна відповідати вимогам суспільного виробництва та національної безпеки, мати розгалужену інфраструктуру для надання всього комплексу транспортних послуг, зокрема для складування і технологічної підготовки вантажів до транспортування, забезпечувати зовнішньоекономічні зв'язки України.

«Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» виступає нормативно-законодавчою базою визначення джерел та обсягів фінансування транспортного сектору, враховуючи особливості функціонування різних видів транспорту.

У розроблених стратегіях розвитку різних видів транспорту зазначена можливість залучення приватних інвестицій та розширення державно-приватного партнерства. На засаді практичної реалізації зазначених заходів постають проблеми недостатнього інформаційного забезпечення розвитку інноваційно-інвестиційної діяльності на транспорті.

Джерела фінансування транспорту поділяються на внутрішні та зовнішні, а також власні, позикові та залучені. Насамперед нами розглянуто зовнішні джерела фінансування транспортного сектору, основними з яких є кошти державного та місцевих бюджетів, міжнародних фінансових організацій, інвесторів, а також кредитні ресурси (табл. 1).

Згідно з наведеними в табл. 1 даними, за останні роки фінансування транспортного сектору України значно погіршилося та є недостатнім для сталого розвитку держави.

Викладення основного матеріалу. Одним із негативних наслідків постійного недофінансування транспортної галузі є руйнування і небезпека втрати стратегічної транспортної мережі. Українська транспортна система не відповідає європейським стандартам, а держава втрачає свій транзитний потенціал [5].

Україна є лідером з експорту соняшникової олії у світі і другим у світі експортером зерна після США, тому модернізована та розвинена транспортна інфраструктура забезпечує швидке та надійне транспортування товарів, отже, прямо впливає на розвиток торгівлі й економіки загалом. Зокрема, 91% від усього обсягу експортованого зерна транспортується морськими шляхами, а основними видами транспортування зерна в морські порти для експорту є залізниця (61%) й дороги (31%). У зв'язку з цим Міністерство інфраструктури України визначило пріоритетні напрями для інвестицій – морські

Таблиця 1

Зовнішні джерела фінансування підприємств транспортного сектору України [4]

Джерела фінансування	Роки				
	2012	2014	2016	2018	2020
Кошти державного бюджету, млн. грн.	12847,9	14202,6	14428,9	23104,2	24748,8
Капітальні інвестиції, млн. грн.	32422,4	18621,8	15368,2	18599,8	19576,6
Поточні фінансові інвестиції, млн. грн.	3042,8	2578,1	2511,8	3526,6	3257,4
Короткострокові кредити банків, млн. грн.	12663,2	11134,8	10491,8	11256,5	10645,4

Таблиця 2

Внутрішні джерела фінансування підприємств транспортного сектору України [4]

Джерела фінансування	Роки				
	2012	2014	2016	2018	2020
Зареєстрований капітал	61986,6	67942,3	290128,3	306658,5	315836,4
Додатковий капітал	99918,4	110190,7	581037,6	433358,6	412645,1
Резервний капітал	1003,4	1621,9	1240,0	1189,6	1278,7
Нерозподілений прибуток	12218,3	20867,1	78190,1	125723,2	132658,5
Доходи майбутніх періодів та відстрочені комісійні доходи від перестраховиків, млн. грн.	3529,5	3603,8	6267,7	5154,9	5756,2
Чистий дохід від реалізації продукції, млн. грн.	127625,7	202510,7	359911,7	425887,2	497674,7
Чистий прибуток (збиток), млн. грн.	3127,7	22591,6	7408,7	16796,7	20658,3

порти і внутрішні водні шляхи, залізничні та автомобільні дороги, очікуючи від інвестицій у розвиток інфраструктури близько 5% ВВП України (приблизно 131,8 млрд. дол. США від ВВП 2014 р.) [4]. Зокрема, дорожня галузь потребує інвестицій обсягом 4,5 млрд. дол. США, морські порти і внутрішні водні шляхи – 2,5 млрд. дол. США, а залізниця – 2,4 млрд. дол. США [6].

Важливу роль у забезпеченні фінансово-економічної стабільності транспортної галузі відіграють внутрішні джерела фінансового забезпечення суб'єктів господарювання. Головними джерелами сталого розвитку підприємств транспортної галузі є чистий прибуток, доходи майбутніх періодів, чистий дохід від реалізації продукції і власний капітал, структура і обсяг яких наведено в таблиці 2.

Головні висновки. Слід зазначити, що за досліджуваний період власний капітал підприємств транспортної галузі України зазнав значних змін. Позитивна динаміка зростання цих показників свідчить про суттєве нагромадження підприємствами транспортної галузі України своїх власних коштів.

Показники чистого доходу суб'єктів господарювання транспортної галузі України демонструють стале зростання. Порівняно з показниками 2012 р. (127 625,7 млн. грн.) чистий дохід від реалізації продукції збільшився на 370 049 млн. грн. і становить у 2020 р. 497 674,7 млн. грн. Отже, зовнішніми джерелами фінансового забезпечення транспортної галузі України є міжнародна підтримка, кредитування і державна підтримка підприємств транспортної галузі.

Сучасний стан транспортної галузі України та фінансове забезпечення міського громадського транспорту зобов'язує здійснювати заходи щодо залучення іноземних інвестицій у розвиток галузі. Адже кроки з оновлення рухомого складу громадського транспорту, будівництво нових та реконструкція старих трамвайних і тролейбусних ліній майже не здійснювалася. Така ситуація зумовлена недостатнім фінансовим забезпеченням галузі як на державному рівні, так і з боку місцевих бюджетів.

Негативну роль в акумулюванні коштів на забезпечення основних фондів галузі відіграє пільгова категорія населення, проїзд яких не компенсується (або компенсується частково) з державного бюджету України.

Значне зростання інвестицій в основний капітал транспорту, на думку авторів статті, взаємопов'язане із процесами децентралізації в Україні. З 2016 року спостерігається збільшення частки бюджетних коштів серед джерел фінансування капітальних інвестицій і частки вкладень із коштів місцевих бюджетів у загальних бюджетних інвестиціях. Саме із цього року капітальні інвестиції в Україні демонструють потужну динаміку за всіма видами економічної діяльності. Посилення співпраці між державою і приватним сектором, органами державної влади та місцевого самоврядування, запровадження децентралізації шляхом скоординованих ініціатив державної політики забезпечує сталий розвиток транспортної галузі України і створення вільного та конкурентного ринку транспортних послуг.

Підсумовуючи все вищезазначене, можна стверджувати, що транспортна галузь України перебуває у складному становищі та потребує радикальних змін і фінансових інвестицій для позитивних зрушень. Одним із головних джерел фінансового забезпечення у провідних країнах світу з розвиненою транспортною інфраструктурою є лізинг. Розвиток цього аспекту знайде відображення в останньому розділі статті.

Перспективи використання результатів дослідження. Лізинг упевнено можна назвати одним із головних джерел вирішення проблеми нестабільного фінансування транспортного сектору України, адже він підвищує рівень конкурентоспроможності суб'єкта господарювання транспортної галузі та виводить його на якісно новий рівень на ринку. З макроекономічної точки зору, лізинг – це фінансовий інструмент, який стимулює фінансове забезпечення реновації застарілого рухомого складу та оновлення інфраструктури загалом. Міністерство інфраструктури звернулося до ЄІБ із пропозицією ініціювати у 2020 році новий проєкт «Міський громадський транспорт України II» [7; 8]. У рамках цього проєкту планується надати містам сучасний екологічний транспорт: оновити парки трамваїв, тролейбусів, електробусів, а також вагони метрополітену міських комунальних підприємств. Ним передбачено реалізацію 21 підпроєкту з розвитку міського пасажирського транспорту в 11-ти містах України. Нині ЄІБ вже погодив виділення фінансування 13-тьом із зазначених підпроєктів на загальну суму 176,2 млн. євро, які після проведення тендерних процедур (до кінця 2020 року та на початку 2021 року) спрямовуватимуться на придбання понад півтисячі одиниць міського транспорту для комунальних підприємств Запоріжжя, Києва, Луцька, Львова, Одеси, Сум, Тернополя, Харкова та Чернігова.

Отже, важливими є невирішені питання розвитку державно-приватного партнерства, залучення іноземних інвестицій і впровадження новітніх технічних інновацій. Проведення подальших досліджень особливостей фінансового забезпечення транспортної галузі України є важливим для досягнення позитивної динаміки економічного розвитку країни загалом.

Література

1. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/NT3297.html.
2. Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту. Колективна монографія. За редакцією В.Чимшир. Ізмаїл: ДІ НУ «ОМА», 2020. Київ: Міленіум, 2020. 472 с. (Тірон-Воробйова Н.Б. Нові інновації в управлінні морськими водними ресурсами: інтегрований шлях до Європейського Союзу, С. 327-338).
3. Закон України «Про транспорт» від 10.11.1994 № 232/94-ВР. URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws//232/94-%D0%B2%D1%80.
4. Державна служба статистики України. URL: http://www.ukr)stat.gov.ua.
5. Звіт про результати аудиту ефективності використання бюджетних коштів на будівництво, реконструкцію та капітальний ремонт доріг державного значення при виконанні Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування на 2013–2018 роки. Рахункова палата, 2016. URL: http://www.ac-rada.gov.ua/doccatalog/document/16749919/Zvit_15-1.pdf?subportal=main.
6. Інвестиційні можливості України. Кабінет міністрів України, 2015. URL: www.kmu.gov.ua/document/248325848/03_Andriy%20Pyvovarskiy.pdf.
7. Ініційовано другий проект з оновлення міського громадського транспорту в лізинг спільно з ЄІБ. URL: https://uul.com.ua/2020/initsijovano-drugyj-proekt-z-onovlennya-miskogo-gromadskogo-transportu-v-lizyng-spilno-z-yeib.
8. Підсумки діяльності фінансових компаній, ломбардів та юридичних осіб (лізингодавців) за 2010–2020 роки. URL: https://nfp.gov.ua.

УДК 582.675.1+581.41:581.5(477.63)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.23

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІВОНІЇ ТРАВ'ЯНИСТОЇ (*PAEONIA* × *HYBRYDA* HORT.) ЗА ІНТРОДУКЦІЇ В УМОВАХ КРИВОРІЖЖЯ

Лінкевич О.О.
Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України
вул. Маршака, 50, 50089, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область
alonalinkevich@gmail.com

У статті подано результати дослідження особливостей фенологічного розвитку сортів трав'янистої півонії у 2000-2020 роках в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України. В якості об'єктів вибрані сорти *Paeonia* × *hybryda* hort раннього, середнього та пізнього термінів квітування, інтродуковані у 1995 році. Встановлено, що ранні сорти в умовах Криворіжжя починають цвітіння на 76-78 день весни, а через 15-20 діб (початок червня) цю фазу розвитку зафіксовано на пізніх зразках. Дослідження впливу змін клімату (підвищення річної температури повітря на Криворіжжі за останні 30 років) на особливості цвітіння інтродукованих сортів протягом 2000-2020 років показало, що ранньо- та пізньоквітучі сорти достовірно не змінили терміни цвітіння і характеризувалися незначними межами варіювання його початку (від 1,5 до 4 діб), тоді як окремі сорти групи середньоквітучих сортів у 2016-2020 роках починали квітування пізніше на 6-14 діб, ніж у 2000-2005 роках, а межі варіювання показника значно розширилися – з 2-5 до 7-8 діб. Виділено інтродуковані зразки, які виявляють консерватизм і майже не реагують на кліматичні зміни, – це 'Madame Marine', 'Edulis superba'. Квітування цих сортів протягом останніх 20 років незмінно починалося 23-25 травня з незначним варіюванням у 3-4 доби. Дослідження тривалості квітування показало, що за останні роки воно скоротилося на 4-5 діб і у 2016-2020 роках тривало 8-9 діб на відміну від 2000-2005 років (до 14 діб). Тільки сорти раннього терміну 'The Bride' та'Червоний оксамит' не скорочують тривалість квітування. Загалом можна констатувати, що підвищення річної температури повітря на Криворіжжі призводить до зменшення тривалості декоративного ефекту, притаманного інтродукованим сортам. Але за рахунок збільшення кількості сортів півонії раннього та пізнього терміну цвітіння можна прикрасити пейзажні квітники у травні – червні протягом 30-35 діб. Окрім того, завдяки пишним листкам різних відтінків (від ніжно-зелених до зелено-коричневих) кущі півонії можуть слугувати розкішним фоном для різноманітних квітниково-декоративних видів упродовж усього вегетаційного сезону. *Ключові слова: Paeonia* × *hybryda* hort, особливості розвитку, декоративний ефект, Криворіжжя.

Ecological and biological features of grass peony (*Paeonia* × *hybryda* hort.) for introduction in the conditions of Kryvyi Rih. Linkevych O.O.

The paper presents the results of study of the features of phenological development of the herbaceous peony varieties in 2000-2020 in the conditions of the Kryvyi Rih Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Paeonia* × *hybryda* hort varieties of the early, middle and late periods of flowering introduced in 1995 were taken as the object of study. It is found that early varieties in the conditions of Kryvorizhzhya begin flowering on the 76th-78th day of spring, and after 15-20 days (in early June) this phase of development is recorded in the late samples. Study of the impact of climatic changes (increase in the annual air temperature in Kryvorizhzhya over the past 30 years) on the features of flowering of the introduced varieties during 2000-2020 showed that early and late flowering varieties did not significantly change the periods of flowering and were characterized by insignificant limits of variation of its beginning (from 1.5 to 4 days). By comparison, some varieties of the group of medium flowering in 2016-2020 began flowering 6-14 days later than in 2000-2005, and variation limits for this indicator have expanded significantly, i.e. from 2-5 to 7-8 days. There are introduced specimens, such as 'Madame Marine', 'Edulis superba', showing conservatism and almost no response to climatic changes. Flowering of these varieties during the last 20 years invariably began on May 23-25 with a slight variation of 3-4 days. Analysis of the duration of flowering showed that in recent years it reduced by 4-5 days and in 2016-2020 lasted for 8-9 days, compared to up to 14 days in 2000-2005. 'The Bride' and 'Red Velvet' early varieties were the only ones with no reduction of the duration of flowering. Generally, it can be stated that increase of the annual air temperature in Kryvorizhzhya leads to reduced duration of the decorative effect inherent in the introduced varieties. However, owing to increase in the number of peony varieties of the early and late flowering periods it is possible to decorate the landscape flower gardens in May – June for 30-35 days. Besides, due to lush leaves of different shades (from light green to green-brown), peony bushes can serve as a luxury background for many flowering and ornamental plants throughout the growing season. *Key words: Paeonia* × *hybryda* hort, features of development, decorative effect, Kryvorizhzhya.

Постановка проблеми. Вагоме місце в оптимізації урбанізованих ландшафтів посідають квітниково-декоративні культури, а в оформленні весняних пейзажів – представники роду *Paeonia* L., які культивуються багато століть, мають значну екологічну пластичність та різноманітні декоративні якості. Рівень декоративності використовуваних сортів півонії залежить від їхньої життєздатності і спроможності відтворювати притаманні їм сортові ознаки: забарвлення листків (від ніжно-зелених до корич-

нево-зелених), габітус куща (висота 75-115 см, ширина – до 50 см), колір (від білих до винних) та розмір квітки (10-20 см). Але під час оформлення квітників особливо важливо знати період і тривалість квітування використовуваних сортів у конкретних кліматичних умовах. Вирішення цих питань можливе за інтродукції сортів *Paeonia* L. у різних кліматичних зонах та визначення кращих із них, що дає можливість поповнити районований промисловий сортимент цієї культури. Саме тому сортовивчення трав'янистої півонії є актуальним, що доводять її сучасні дослідження в різноманітних природних зонах та за різними напрямами. Зокрема, в умовах Західного Сибіру, Башкирського Передуралля та Білорусі вивчали культивування і розмноження сортів [1; 2; 3]. В умовах України довготривалими інтродукційними дослідженнями та селекцією півонії займаються у НБС ім. М.М. Гришка НАН України [4]; останнім часом проводиться комплексна оцінка представників роду *Paeonia* L. в умовах Правобережного лісостепу України та Поділля [5; 6; 7]. Дослідження культури в умовах Криворіжжя спричинено необхідністю визначення особливостей її розвитку в умовах степової зони України та відмінностей, які відбуваються останні роки внаслідок впливу кліматичних змін. Виходячи з вищеозначеного, **мета роботи** – визначення еколого-біологічних особливостей розвитку інтродуцентів колекції *Paeonia* L. в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України (КБС) за впливу кліматичних змін.

Матеріали та методи дослідження. Район інтродукції (Криворіжжя) розташований на південному заході Дніпропетровської області, у степовій природній зоні та відноситься до посушливих районів України. Кількість річних атмосферних опадів становить 425-450 мм; літо відзначається тривалими посухами за наявності високої аномальної температури повітря до +38,5^{0}С [8] У теплий період спостерігаються суховії за дуже низької відносної вологості повітря (25-30%). Зимовий період характеризується складними кліматичними умовами: ожеледь, застій води на поверхні ґрунту, часті відлиги, після яких бувають короткочасні, але великі від'ємні температури (-27-30^{0}С). Згідно зі спостереженнями метеостанції, розташованої на території Кривого Рогу, за останні 30 років середньорічна температура повітря піднялася на 2^{0}С, що призвело до зміни сталих кліматичних показників [9].

Інтродукція півонії трав'янистої у Криворізькому ботанічному саду НАН України (далі КБС) проводиться з 1983 року (завезено перші 30 сортів), а нині колекція містить 82 сорти вітчизняної і зарубіжної селекції. Як об'єкти дослідження вибрані сорти, що проходять інтродукційне дослідження з 1995 року, отримані із НБС ім. М.М. Гришка НАН України (м. Київ) та ДБС НАН України (м. Донецьк). Під час вивчення біології видів рослин в умовах інтродукції важливе значення мають фенологічні дослідження, завдяки чому можна визначити оптимальні терміни висадки рослин, тривалість цвітіння, період найвищої декоративності. Фенологічні спостереження у 2000–2020 роках проводили на колекційній ділянці за рекомендаціями Г.Н. Зайцева відповідно до загальноприйнятої методики [10; 11]. Отримані результати згруповані по п'ять років і подані в середніх показниках. Декоративні характеристики

Таблиця 1

Декоративні якості сортів півонії в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України

Сорт	Оригінатор	Декоративні якості квітки
'Albatre'	Crousse, 1887	напівмахрова, біла, діаметр 14 см
'Amabilis superbissima'	Jacgues Calot, 1856	напівмахрова, ніжно-рожева з кремовим центром, діаметр 12 см
'Edulis superba'	N. Lemon, 1824	махрова, насичено-рожево-бузкова, діаметр 14 см
'Edward Andre'	Mechin, 1874	напівмахрова, бузково-червона діаметр до 15 см
'Felix Crousse'	Crousse, 1881	махрова, рожева, діаметр 12 см
'Felix Supreme'	Kriek, 1955	махрова, рожева, діаметр 14 см
'Madame Marine'	Crousse, 1881	не махрова, ніжно-рожева, діаметр 15 см
'Madame Rene Desert'	Desert,1909	махрова, ніжно-рожева, діаметр 15 см
'President Taft'	Blaauw, 1909	махрова, біло-рожева, діаметр 14см
'Primevere'	Lemoine, 1907	махрова, біла, діаметр 13 см
'Rosea elegans'	Colot, 1873	махрова, лососево-рожева, діаметр 13 см
'Rubens'	Delesh, 1854	махрова, рожева з темно-рожевим штрихуванням, діаметр до 16 см
'Sarah Bernhart'	Lemoine, 1906	махрова, рожева, діаметр 16 см
'The Bride'	Desert, 1902	не махрова, біла, діаметр до15 см
'Берегиня'	Горобець, 1992	махрова, рожева з ліловою основою, діаметр 15 см
'Пам'ять о Паустовском'	Сосновец, 1960	махрова, рожева з бузковим відтінком, діаметр 16 см
'Червоний оксамит'	Горобець, 1984	не махрова, червона, діаметр 15 см

колекційних сортів *Paeonia* × *hybryda* hort., які визначали за Н. М. Дудик і В. Ф. Горобцем [12; 4], представлені в табл. 1.

Виклад основного матеріалу. За результатами довгострокових інтродукційних досліджень фенологічних фаз розвитку встановлено, що протягом 2000-2020 років інтродуценти *Paeonia* x hybrida hort. починали вегетацію у квітні, але якщо у 2000-2005 роках це ІІІ декада місяця, то останні п'ять років рослини відростають на початку квітня. Відповідно до кліматичних змін вегетацію зразки завершують значно пізніше – в середині-наприкінці листопада, тоді як 15 років тому вегетаційний період завершувався в кінці жовтня – на початку листопада. Можна стверджувати, що нині період вегетації збільшився на 15-28 діб (до 224-235 днів), і ця фаза відзначається значними межами варіювання (± 24 діб).

Оскільки декоративність досліджуваних сортів виявляється під час цвітіння, ми розподілили сорти на фенологічні групи за терміном початку фази цвітіння: ранньоквітучі, середньоквітучі та пізньоквітучі сорти. Аналіз багаторічних досліджень доводить, що цвітіння зразків *Paeonia* x hybrida hort. на колекційних ділянках КБС починається у другій декаді травня (76-80 день весни) і продовжується до другої декади червня (табл. 2).

Різниця між термінами початку цвітіння кожної з феногруп становила від 7 до 10 діб. Чітко можна було відрізняти терміни початку фази у сортів раннього і пізнього цвітіння – на 76-78 та 93-95 дінь весни відповідно. На рослинах сортів середнього квітування відзначали початок фази впродовж 81-88 дня весни, і за цвітінням вони могли наближатися до різних сортів.

З'ясовано, що початок фази квітування досліджених зразків ранньоквітучої та пізньоквітучої груп протягом 20 останніх років достовірно не змінився і відрізнявся незначними межами варіювання (від 1,5 до 4 діб), тоді як для окремих сортів середньоквітучої групи ('Feleks Crousse', 'Felix Supreme', 'Albatre', 'Amabilis superbissima', 'Edward Andre', 'Primavera') були характерні зміни розвитку генеративної сфери. Зокрема, у 2016–2020 роках рослини починали квітувати пізніше на 6-14 діб, ніж у 2000–2005 роках, а межі варіювання показника значно розширилися – з 2-5 до 7-8 діб. Виділено інтродуковані зразки, які виявляють консерватизм і майже не реагують на кліматичні зміни, – це 'Madame Marine', 'Edulis superba'. Квітування цих сортів за останні 20 років незмінно починалося 23-25 травня з незначним варіюванням у 3-4 доби.

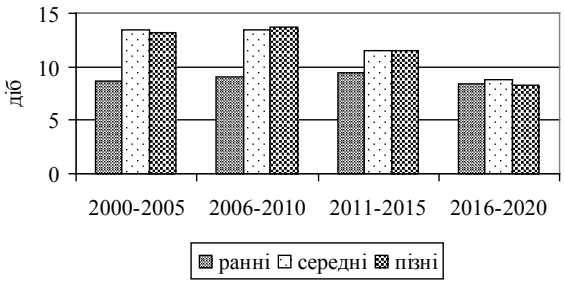


Рис. 1. Тривалість квітування сортів зразків Paeonia x hybrida hort. в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України протягом 2000–2020 рр.

Таблиця 2

Терміни цвітіння зразків *Paeonia* x hybrida hort. в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України протягом 2000–2020 років

Назва сорту і термін цвітіння (Р – ранній, С – середній, П – пізній)	2000–2004		2006–2010		2011–2015		2016-–2020	
	$Ц_1$	діб	$Ц_1$	діб	$Ц_1$	діб	$Ц_1$	діб
'The Bride' – Р	15.05 ± 3,5	8,4	15.05 ± 2,5	8,8	16.05 ± 4	9,4	18.05 ± 2	8,8
'Червоний оксамит' – Р	16.05 ± 2	9,0	17.05 ± 1,5	9,2	17.05 ± 2	9,4	17.05 ± 2	8,0
'Felix Crousse' – С	17.05± 1,5	14,0	26.05 ± 4,5	13,2	27.05 ± 6,5	11,4	29.05 ± 7,5	9,0
'Albatre' – С	20.05 ± 5	12,4	24.05 ± 3	13,0	23.05 ± 2,5	12,0	3.06 ± 5,5	9,0
'Amabilis superbissima' – С	22.05 ± 2,5	13,8	23.05 ± 2,5	14,4	21.05 ± 5	12,0	28.05 ± 7,5	8,2
'Felix Supreme' – С	22.05 ± 2	14,0	25.05 ± 4,5	13,0	29.05 ± 8,5	10,8	29.05 ± 7,5	8,6
'Берегиня' – С	22.05 ± 2	13,8	26.05 ± 4,5	13,2	26.05 ± 4,5	11,0	26.05 ± 5	8,8
'Edward Andre' – С	23.05 ± 2,5	13,6	24.05 ± 2,5	13,6	21.05 ± 2,5	11,6	28.05 ± 7,5	8,2
'Madame Marine' – С	23.05 ± 3,5	13,8	24.05 ± 2	13,8	21.05 ± 5	12,2	25.05 ± 4,5	9,2
'Edulis superba' – С	24.05 ± 3	13,4	23.05 ± 3,5	13,6	20.05 ± 6	10,6	25.05 ± 4,5	8,8
'Primavera' – С	24.05 ± 4	13,4	24.05 ± 4	13,4	23.05 ± 2,5	12,0	30.05 ± 6	9,4
'Rubens' – С	24.05 ± 1,5	13,6	26.05 ± 4	13,5	23.05 ± 3	11,6	27.05 ± 4	8,6
'Madame Renee Dessert' – С	26.05 ± 4,5	13,6	24.05 ± 2	13,2	27.05 ± 6,2	11,8	29.05 ± 8	8,6
'Память о Паустовском' – П	1.06 ± 2	12,8	3.06 ± 1,5	14,2	3.06 ± 1,5	11,2	3.06 ± 2	8,6
'Rosea elegans' – П	2.06 ± 1	13,2	3.06 ± 2	13,2	4.06 ± 2	11,8	3.06 ± 2	8,4
'Sarah Bernhardt' – П	3.06 ± 2	13,4	4.06 ± 2	13,8	4.06 ± 2	11,6	4.06 ± 2	8,0

Дослідження тривалості квітування показало, що за останні роки воно скоротилося на 4-5 діб і у 2016–2020 роках тривало 8-9 діб на відміну від 2000–2005 років (до 14 діб) (рис. 1). Тільки сорти раннього терміну 'The Bride' та 'Червоний оксамит' не скорочують тривалість квітування.

На нашу думку, кліматичні зміни (збільшення середньорічної температури повітря на Криворіжжі на 2^0С) негативно впливають на тривалість декоративного ефекту колекційних рослин півонії, оскільки різке підвищення температури в кінці травня – на початку червня призупиняє утворення квіткових бруньок і призводить до підсихання пелюсток квітів. Однак, незважаючи на підвищену температуру повітря і зниження ґрунтової та атмосферної вологи, переважна більшість зразків *Paeonia* x *hybrida* hort. за інтродукції в КБС зберігає габітус, притаманний сорту, пишно квітне у середині травня, не пошкоджується суховіями та літньою спекою, а взимку – морозами та відлигами, стійка до пошкодження хворобами і шкідниками.

Головні висновки. Узагальнюючи результати дослідження особливостей розвитку інтродуцентів колекції *Paeonia* L. в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України (КБС) під час впливу кліматичних змін, можна констатувати, що підвищення температури повітря на Криворіжжі призводить до зменшення тривалості декоративного ефекту, притаманного інтродукованим сортам. Однак за рахунок збільшення кількості сортів півонії раннього та пізнього терміну цвітіння можна прикрасити пейзажні квітники у травні – червні протягом 30-35 діб. За рахунок використання черговості цвітіння сортів півонії у поєднанні з іншими видами створюється ефект безперервності квітування, забезпечується динамізм та багатоаспектність квітникових композицій. Окрім того, завдяки пишним листкам різних відтінків кущі півонії можуть слугувати розкішним фоном для різноманітних квітниково-декоративних видів упродовж усього вегетаційного сезону.

Перспективи використання результатів дослідження. Вважаємо за доцільне здійснювати подальшу роботу з мобілізації і поповнення колекції Криворізького ботанічного саду НАН України зразками *Paeonia* × *hybryda* hort. груп раннього та пізнього цвітіння, особливо української селекції, задля подальшого дослідження і впровадження нових сортів. Комплексне дослідження півонії (фенологічний розвиток, декоративні якості, рівень пластичності) в умовах Степу України дозволить оновити сортимент півонії за рахунок перспективних, адаптованих до посушливих умов сортів із різними термінами і тривалістю цвітіння, яким притаманні високі декоративні властивості.

Література

1. Разумова Г.А. Агроэкологические основы культивирования сортов травянистых пионов в Лесостепи Западной Сибири: автореф. дис….канд. сельскохоз. наук. Новосибирск, 2006. 21 с.
2. Гайшун В.В. Пионы. Практическое пособие по выбору сортов, выращиванию, размножению, защите от болезней и вредителей. Москва: Издательский дом МСП, 2005. 31 с.
3. Реут А.А. Биология и размножение представителей рода *Paeonia* L. при интродукции в Лесостепной зоне Башкирского Предуралья: автореф. дис. … канд. биол. наук. Уфа, 2010. 20 с.
4. Горобець В.Ф. Пионы (биология, селекция, сорта): монография. Киев: Велес, 2015. 160 с.
5. Шиян Н.М.. Рід *Paeonia* L. (Paeoniaceae) у флорі України. *Український ботанічний журнал.* 2011. Т. 68. № 1. С. 35-44. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/UBJ_2011_68_1_5.
6. Панцирева Г. В. Дослідження сортових ресурсів трав'яних видів Paeonia L. в Україні. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2018. Т. 28. № 8. С. 74-78. DOI: https://doi.org/10.15421/40280815.
7. Величко Ю.А., Пушка І.М., Парубок М.І., Поліщук В.В. Ботанічна характеристика та перспективи використання інтродукованих представників роду *Paeonia* L. для озеленення в умовах Правобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник:* науковий журнал. 2019. Вип. 107. С. 322-328.
8. Казаков В.Л., Паранько І.С., Сметана М.Г. Природнича географія Кривбасу. Кривий Ріг. КДПУ, 2005. 156с.
9. Сайт прогнозу погоди 2020. Електронний ресурс. URL: http://rp5.ua.
10. Зайцев Г.Н. Фенология травянистых многолетников. Москва: Наука, 1978. 150 с.
11. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. Москва: ГБС АН СССР, 1975. 27 с.
12. Дудик Н.М., Харченко Е.Д. Пионы. Каталог справочник. Киев. Наукова думка, 1987. 127 с.

УДК 606:621.3+ 620.951/952+574.46
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.24

ЗАЛЕЖНІСТЬ БІОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОБІОСИСТЕМ ВІД ПЛОЩІ ЕЛЕКТРОДІВ

Русин І.Б., Дячок В.В.
Національний університет «Львівська Політехніка»
вул. Степана Бандери, 12, 79013, м. Львів
rib7@i.ua

Катастрофічні наслідки глобальної зміни клімату, відчутні в кожному куточку планети, останніми роками змушують людство шукати нові енергоефективні технології зі скорочення викидів парникових газів. До таких альтернативних біотехнологій належить генерація біоелектрики за допомогою рослинно-мікробних електробіосистем. Цей метод є екологічно безпечним, перспективним і таким, що швидко розвивається, починаючи з XXI століття. Електробіосистема – це комбінація технологічних елементів, зокрема електродних систем, та біологічних елементів, таких як рослини та кореневі електроактивні мікроорганізми. Електродні системи збирають біоелектричну енергію, що продукується мікроорганізмами, які мешкають на коренях рослин. Технічні параметри електробіосистем, зокрема площа електродних систем, відіграють важливу роль у діяльності рослинно-мікробних електробіосистем.

У статті представлено дослідження залежності біоелектричних параметрів електробіосистем, що базуються на рясці *Lemna minor L.* з природним водним субстратом, від площі електродних систем за різних навантажень у лабораторних умовах із метою виявлення ефективних електродних конструкцій. Дослідження електробіосистеми з *L. minor* у разі довготривалого застосування резисторів показало зростання показників біоелектрики в середньому в 2,46 разів у разі збільшення площі електродів у 2,5 разів під час використання резисторів 130 Ом та в 1,76 разів у разі навантаження 1130 Ом. Генерація струму внаслідок підключення резисторів протягом кількох діб характеризувалася підйомами та падіннями, очевидно пов'язаними з різним залежним від освітлення рівнем фотосинтезу як джерела донорів електронів для електроактивних мікроорганізмів. Виявлений ефект позитивного впливу збільшення площі електродів на вольтаж і силу струму має важливе значення для конструювання ефективних схем електробіосистем з *L. minor* та розкриває можливості збільшення отриманої біоелектрики в разі конструювання електробіосистем. *Ключові слова:* відновлювана енергія, біоелектрика, електрод, електробіосистема, рослина

Dependence of bioelectric parameters of electro-biosystems on the area of electrodes. Rusyn I., Djachok V.

The catastrophic effects of global climate change, which have become felt in every corner of the planet in recent years, are forcing humanity to look for new energy-efficient technologies with reduced greenhouse gas emissions. Such alternative biotechnologies include the generation of bioelectricity using plant-microbial electro-biosystems. This method is environmentally friendly, highly promising and rapidly developing since the beginning of the 21st century. Electro-biosystem is a combination of technological elements, such as electrode systems and biological elements, such as plants and root electro-active microorganisms. Electrode systems collect bioelectric energy produced by microorganisms that develop on the roots of plants. Technical parameters of electro-biosystems, in particular, the area of electrode systems play an important role for the operation of plant-microbial electro-biosystems. The article presents a study of the dependence of bioelectric parameters of electro-biosystems based on duckweed *Lemna minor L.* with natural aqueous substrate on the area of electrode systems at different loads in the laboratory to identify effective electrode structures. Studies of the electro-biosystem with *L. minor* with long-term use of resistors have shown an increase in bioelectricity by an average of 2.46 times with an increase in electrodes area by 2.5 times when using resistors 130 Ohms and by 1.76 times with a load of 1130 Ohms. The generation of current when resistors were connected for several days was characterized by ups and downs, apparently due to different levels of light-dependent photosynthesis as a source of donors of electrones for electro-active microorganisms. The studied effect of the positive effect of increasing the area of the electrodes on the voltage and current is important for the design of effective schemes of electro-biosystems with *L. minor* and reveals the way of increasing the obtained bioelectricity by electro-biosystems. *Key words:* renewable energy, bioelectricity, electrode, electro-biosystem, plant

Постановка проблеми та актуальність дослідження. Електротехнологічні особливості електробіосистем, зокрема електродні матеріали і міжелектродна відстань [1; 2], розташування електродів [3-5], площа електродних систем [6] відіграють важливу роль для ефективної роботи рослинно-мікробних електробіосистем. Оптимізація технологічних параметрів електробіосистем, зокрема площі аноду та катоду, є важливим для підвищення їх потужності та зменшення вартості, а також може бути кроком до розширення їх використання як джерела відновлюваної енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робіт, присвячених впливу електродної площі на генерацію біоелектрики, небагато. В. Янг та інші у 2018 році представили результати дослідження ролі співвідношення площі катоду й аноду для роботи седиметаційних електробіосистем, в яких показали реверсію вольтажу в неоптимізованих за електродною площею електробіосистемах [7]. У 2020 році дослідники з Філіпін Памінтуан та інші показали, що зі зростанням кількості електродів і збільшенням їх сумарної площі зростає і генерована біоелектрика в біоелектросистемах з *Cynadon dactylon* і грунтом як субстра-

том [6]. Аналогічні тренди зафіксовано нами також у роботі [8]. Проте вищезазначені дослідження стосувалися більшою мірою кількості електродів, а не вивчення впливу площі окремої електродної пари.

Мета та завдання дослідження. Беручи до уваги важливість електротехнологічних параметрів електробіосистем для генерації біоелектрики та недостатній рівень їх вивчення, ми поставили перед собою завдання дослідити вплив площі електродів на біоелектричний потенціал та силу струму електробіосистем з *Lemna minor* у лабораторних умовах з метою виявлення ефективних електродних конструкцій і способу максимізації отриманих значень біоелектрики.

Виклад основного матеріалу. Методи дослідження. Дослідження проводилися в лабораторних умовах. Для конструювання електробіосистем використовували пластикові контейнери діаметром 120 мм і висотою 120 мм, в які поміщали рослину *L. minor L.*, взяту із забруднених канав околиць м. Львова в кількості 60 листків/мл, та забруднену воду канав із додаванням свіжої води як середовища для її розвитку. В якості електродних систем використовувалися моно-макросистеми з парою електродів [9] таких розмірів: катоду – 87 мм х 28 мм х 14 мм, аноду – 78 мм х 36 мм х 1 мм+ а також моно-мінісистеми з розмірами катоду 55 мм х 14 мм х 5 мм та аноду 58 мм х 29 мм х 1мм. Електроди повністю занурювали в субстрат. Резистори приєднували до дротів, які виходили з електродів, та залишали їх підключеними протягом 7 днів. Електробіосистеми отримували природне освітлення і були розміщені прямо біля вікон.

Показники біоелектричного потенціалу реєстрували за допомогою цифрового мультиметра UT890C UNIT-T. Біоелектричний потенціал і силу струму фіксували з приєднаними резисторами 130 Ом і 1130 Ом. Силу струму визначали як теоретично, використовуючи залежність закону Ома, так і за допомогою амперметра. Сумарну електродну площу визначали додаванням площі катода до площі анода. Густину ряски обчислювали шляхом прямого підрахунку кількості листків в одному мілілітрі середовища. Наведені в роботі результати представлені як середнє значення для всіх повторюваних експериментів та їхні стандартні похибки (x ± SE).

Предмет дослідження – коливання біоелектричного потенціалу та сили струму рослинно-мікробних асоціацій *L. minor* електробіосистем.

Результати дослідження **та їх обговорення.** Електробіосистеми з *L. minor* із збільшеною електродною площею демонстрували вищі показники середньої сили струму та біоелектричного потенціалу, ніж електробіосистеми з двома електродами меншої площі, як під час вищого, так і за нижчого навантаження.

За даними рис. 1, середня сила струму в електробіосистемах із електродною площею 0,006 м^2 становила 0,129 мА проти 0,317 мА в електробіосистемах із електродною площею 0,015 м^2 у разі підключення резисторів 130 Ом.

За більшого опору ефект збільшення площі електродів на ріст біоелектричних показників виявлявся меншою мірою (рис. 2). Зокрема, збільшення електродної площі в 2,5 рази за підключення резисторів 1130 Ом призвело до зростання середнього біоелектричного потенціалу у 1,76 разів порівняно зі зростанням сили струму в 2,46 разів під час використання навантаження нижче 1 000 Ом. Очевидно, що за вищого навантаження в електробіосистемах слабшає потік електронів порівняно

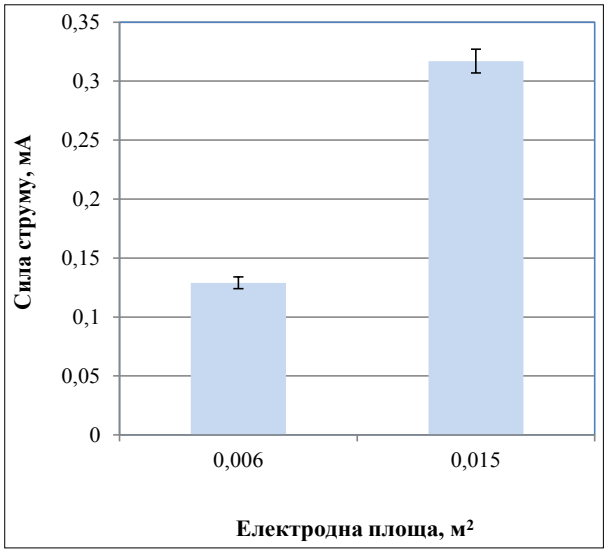


Рис. 1. Вплив збільшення електродної площі на показники середньої сили струму електробіосистеми з L. minor у разі підключення резисторів 130 Ом протягом 7 діб (x ± SE, n = 10)

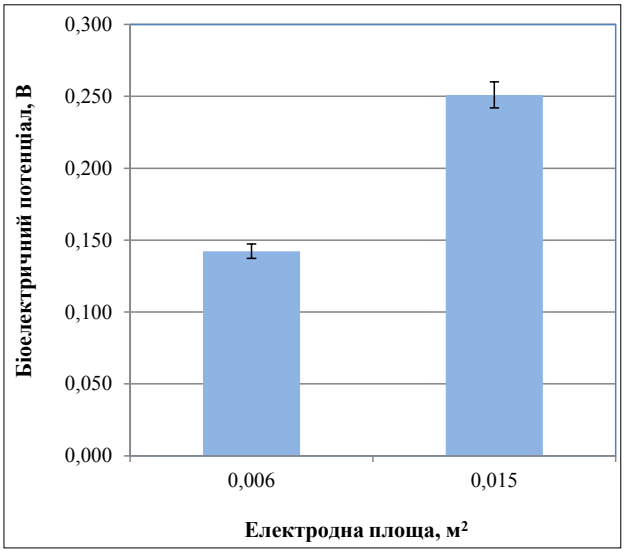


Рис. 2. Вплив збільшення електродної площі на показники середнього біоелектричного потенціалу електробіосистеми з L. minor за підключення резисторів 1130 Ом протягом 7 діб (x ± SE, n = 10)

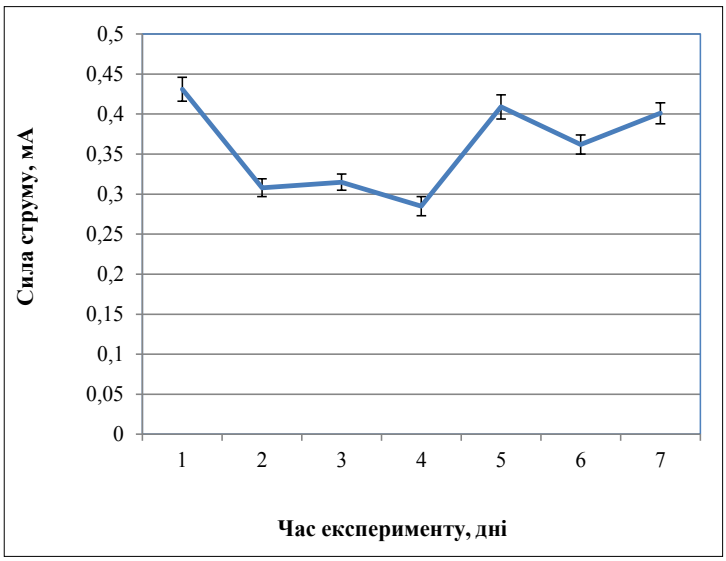


Рис. 3. Коливання біоелектричних параметрів електробіосистеми з L. minor у разі підключення резисторів 130 Ом протягом 7 діб (x ± SE, n = 10)

з нижчим навантаженням і менш інтенсивно відбувається метаболізм, за яким мікроорганізми віддають електрони на анод, результатом чого є генерація біоелектрики [2].

Генерація струму електробіосистемами з *L. minor* характеризувалася підйомами та падіннями. Протягом 7 днів реєстрована сила струму коливалася від 0,285 мА до 0,431 мА в електробіосистемах із площею електродів 0,015 м^2 за підключення резисторів 130 Ом (рис. 3).

Оскільки продукування біоелектрики залежить від постачання їх субстратами від рослин, які є донорами електронів для електроактивних мікроорганізмів [10], очевидно, що динамічні коливання сили струму зумовлені різною інтенсивністю фотосинтезу та відповідним рівнем кореневої екскреції речовин, котрі змінюються залежно від інтенсивності природного освітлення.

Головні висновки. Збільшення площі електродів є способом максимізації отриманої біоелектрики в електробіосистемах із *L. minor* у їх природному субстраті. За нижчих навантажень електробіосистеми працюють більш ефективно. Під час використання резисторів 130 Ом збільшення площі електродів у 2,5 рази призводило до зростання біоелектричних параметрів у 2,46 разів, а за навантаження 1130 Ом – у 1,76 разів.

Література

1. Kalathil S., Patil S.A., Pant D. Microbial Fuel Cells: Electrode materials/ K. Wandelt, P. Vadgama. Encyclopedia of Interfacial Chemistry: Surface science and Electrochemistry. Amsterdam: Elsevier, 2017. 5560 p. doi: 10.1016/B978-0-12-409547-2.13459-6.
2. Sangeetha T., Muthukumar M. Influence of electrode material and electrode distance on bioelectricity production from sago-processing wastewater using microbial fuel cell. *Environmental Progress & Sustainable Energy.* 2013. Vol. 32, № 2. P. 390-395. doi: 10.1002/ep.11603.
3. Helder M., Strik D.P.B.T.B., Hamelers H.V.M., Buisman C.J.N. The flat-plate plant microbial fuel cell: The effect of a new design on internal resistances. *Biotechnology for Biofuels*. 2012. Vol. 5, № 70. doi: 10.1186/1754-6834-5-70.
4. Timmers R.A., Strik D.P., Hamelers H.V., Buisman C.J. Electricity generation by a novel design tubular plant microbial fuel cell. *Biomass & Bioenergy.* 2013. Vol. 51. P. 60-67. doi: 10.1016/j.biombioe.2013.01.002.
5. Wetser K., Dieleman K., Buisman C., Strik D.P.B.T.B. Electricity from wetlands: Tubular plant microbial fuels with silicone gas-diffusion biocathodes. *.Applied Energy*. 2017. Vol. 185. P. 642-649. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.10.122
6. Pamintuan K.R.S., Reyes C.S.A., Lat D.K.O. Compartmentalization and polarization studies of a Plant-Microbial Fuel Cell assembly with *Cynodon dactylon*. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 181, № 01007. doi: 10.1051/e3sconf/202018101007.
7. Yang Y., Yan L., Songa J., Xu M. Optimizing the electrode surface area of sediment microbial fuel cells. *RSC Adv*. 2018. Vol. 8, № 25319. doi: 10.1039/c8ra05069d.
8. Rusyn I.B., Medvediev O.V., Valko B.T. Enhancement of bioelectric parameters of multi-electrode plant–microbial fuel cells by combining of serial and parallel connection. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2021. Vol. 18, № 6. P. 1323-1334. doi: 10.1007/s13762-020-02934-3.
9. Русин І.Б., Медведєв О.В. Спосіб отримання біологічної електрики з глибинних шарів ґрунту: пат. 112093 Україна: МПК 2016.01, H05F 7/00, H01M 8/16; заявл. 9.03.2016; опубл. 12.12.2016. Бюл. № 23. 5 с.
10. Strik D.P.B.T.B., Hamelers H.V.M., Snel J.F.H., Buisman C.J. Green electricity production with living plants and bacteria in a fuel cell. *International Journal of Energy Research*. 2008. Vol. 32, № 9. P. 870-876. doi: 10.1002/er.1397.

УДК 504.064
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.25

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Ричак Н.Л.[1], **Кізілова Н.М.**[2]
[1] Навчально-науковий інститут екології
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна
пл. Свободи, 6, 61022, м. Харків
[2] Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
пл. Свободи, 4, 61022, м. Харків
rychak@ukr.net; n.kizilova@gmail.com

Глобальні зміни клімату, як зазначено в Новій Стратегії адаптації до змін клімату, вимагають пришвидшити та поглибити підготовку до неминучих наслідків кліматичної кризи. Зміни клімату спричинятимуть ріст ризиків у багатьох життєвих сферах. Нами розглянуто екологічні наслідки кліматичної кризи на урбанізованих територіях. Міста першими прийматимуть екологічних біженців. Перенаселення, нестача робочих місць, житла, інші соціальні потреби призведуть до загострення екологічних проблем у містах: збільшення споживання води (питної води), енергії, продовольчих ризиків, незбалансованого природокористування, зокрема землекористування. Тому нині є актуальним переключення фокусу із розуміння екологічних міських проблем, спричинених глобальною зміною клімату, на вироблення рішень і перехід від планування до реалізації, що допоможе побудувати кліматично стійке майбутнє.

На основі огляду літератури останніх років розглянуто й систематизовано відомості на основі спостережень, а також головні факти, тенденції, математичні моделі й оцінки перспектив впливу глобальних змін клімату на забруднення повітря, води і ґрунтів, підвищення солоності поверхневих вод, якість технічної і питної води, частоту катастрофічних подій, таких як зливи, підтоплення, снігопади, торнадо, масштабні пожежі, смертельні спекотні хвилі. Всі ці зміни цілковито негативно впливають на здоров'я людини, тварин, рослин, що призводить до довготривалих нелінійних впливів первинних факторів, які діють у різних комбінаціях як синергетичні. Тому моделі останніх років націлені як на вирішення локальних проблем питної води, якості повітря, забрудненості ґрунту, так і на проблеми існування життя у планетарному масштабі. Результати огляду найсучасніших підходів, методів і математичних моделей використано для аналізу як власних даних, так і відомостей із відкритих джерел для аналізу проблем урбаністичної території м. Харків і Харківської області порівняно з іншими промисловими областями України. Підсумовуючи матеріал, виявлено недостатність результатів моніторингу природних компонентів у рамках загальноприйнятого списку, задокументованих методів дослідження і статистичного аналізу. Визначено необхідність проведення чисельних розрахунків за математичними моделями кожного із забруднювачів та їх впливом на довкілля.
Ключові слова: Екологічна безпека, глобальні зміни клімату, урбанізовані території, якість атмосферного повітря, якість води, засолення річок.

Ecological aspects of global climate change on urbanized territories. Rychak N., Kizilova N.

Global climate change, as outlined in the New Climate Change Adaptation Strategy, requires accelerating and deepening preparations for the inevitable consequences of the climate crisis. Climate change will increase risks in many areas of life. We have considered the environmental consequences of the climate crisis over urban areas. Cities will primarily accept environmental refugees. Overpopulation, lack of jobs, housing, and other social needs will exacerbate environmental problems in cities: increased consumption of water (drinking water), energy, food risks, unbalanced nature management and especially land use. Therefore, it is important today to shift the focus from understanding the environmental problems in cities caused by global climate change to decision-making and the transition from planning to implementation, which will help build a climate-sustainable future.

Based on a review of the literature of recent years, the observed data, main facts, trends, mathematical models and assessments of the prospects of global climate change on air, water and soil pollution, increasing surface water salinity, quality of industrial and drinking water, frequency of catastrophic events, such as showers, floods, snowfalls, tornadoes, large-scale fires, deadly hot waves. All these changes have a completely negative impact on human, animal and plant health. This leads to long-term nonlinear effects of primary factors, which act in different combinations as synergistic, so that the models of recent years are aimed at solving local problems of drinking water, air quality, soil pollution and the existence of life on a planetary scale. The results of the review of the most modern approaches, methods and mathematical models are used to analyze both own data and data from open sources, to analyze the problems of the urban area of Kharkiv and Kharkiv region in comparison with other industrial regions of Ukraine. Summarizing the material, the insufficiency of monitoring data of natural components within the framework of the generally accepted list, documented research methods, statistical analysis is established. The need for numerical calculations based on mathematical models of each of the pollutants and their impact on the environment is determined. *Key words:* Ecological safety, global climate change, urbanized territories, atmospheric air quality, water quality, salinization of rivers.

Постановка проблеми. Протягом останніх десятиліть природні й антропогенні чинники, зокрема промислова революція, призвели до постійного збільшення викидів парникових газів (CO_2 та інших), спричиненого спалюванням викопного палива [1; 2]. Накопичення CO_2 в атмосфері сприяє вловлюванню інфрачервоного (ІЧ) випромінювання поверхнею Землі після поглинання сонячного світла, що нагріває планету, спричинюючи постійне підвищення температури поверхні суходолу, океану й атмосфери. Глобальне потепління, підвищення денних і нічних температур у свою чергу спричинюють різкі зміни клімату, які супроводжуються збільшенням частоти та інтенсивності хвиль тепла, злив і посух, а також інших абіотичних стресових умов, таких як повені, солоність, торнадо, пожежі, напади комах, зникнення видів та інших. Постійний екологічний моніторинг, статистичне оброблення, візуалізація й аналіз даних є важливою проблемою, вирішення якої дозволить прогнозувати та контролювати складні взаємопов'язані процеси, спричинені змінами клімату.

Актуальність дослідження. У публікаціях останнього десятиліття наведені обґрунтовані відомості про: 1) наявність поступового потепління клімату і його конкретних ознак; 2) необхідність колективних зусиль із накопичення глобального масиву даних задля їх подальшого використання в статистичному аналізі методами Big Data; 3) розроблення і валідацію математичних моделей для подальшого прогнозу екологічної ситуації на конкретній території залежно від локальної кліматичної, демографічної, економічної, інших ситуацій на цій території. У нашому дослідженні наведено як результати критичного огляду опублікованих даних, так і наявної інформації про розв'язання цієї актуальної задачі з використанням результатів власних досліджень урбаністичної території м. Харків і Харківської області.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Наслідки глобальних змін клімату вкрай важливі для м. Харкова і Харківської області як урбаністичних територій. Авторський доробок [3-6] дозволяє, ґрунтуючись на результатах найновіших статистичних досліджень і математичного моделювання екологічної ситуації на території країн Європи, Азії, Канади, США та інших країн, використати одержану інформацію для керування і вирішення проблем, спричинених кліматичними й антропогенними чинниками на території України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз пошукової активності в Інтернеті в 2015–2020 рр. на десяти мовах показав, що населення всіх континентів занепокоєно недостатністю детальної інформації про зміни клімату та їхній вплив на ноосферу Землі, а кількість запитів про зміни клімату, вимірюваних пошуковими запитами в Інтернеті протягом 2019–2020 років, помітно збільшилася порівняно з попередніми роками [7]. З'явилася ціла низка публікацій за результатами екологічного моніторингу й математичного моделювання для різних країн: Японії [8], Азії [9], Китаю [10], Єгипту [11] та інших. Вплив задокументованого потепління клімату та пов'язаних із ним змін у масштабі планети, а також можливість виникнення глобальної катастрофи досліджується на математичних моделях [12]. Відповідно до результатів розрахунків на моделях слід очікувати подальшого збільшення частоти та інтенсивності різних наслідків абіотичного стресу, таких як посухи, аномальна спека, похолодання і повені, разом із поступовим підвищенням середньої глобальної температури. В останні роки з'являються онлайн сервіси з візуалізацією результатів таких розрахунків у реальному часі (із запізненням приблизно 15-30 хвилин після отримання результатів супутникового моніторингу [13-18].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Малодослідженими залишаються наслідки впливу глобальних змін клімату, особливо помітні протягом останніх 3-5 років на території країн Східної Європи, оскільки в цих країнах технічна база для детального екологічного моніторингу є відносно слабкою порівняно з країнами Європейського Союзу, а також із США та Канадою.

Виклад основного матеріалу. Систематичний огляд публікацій і результатів аналізу баз даних моніторингу й математичного моделювання дозволяє визначити загальні ознаки та наслідки глобального потепління. Перманентне підвищення температури та концентрації CO_2 проходить настільки швидко, що навіть різкі геофізичні події, які відбувалися в історії Землі, не відповідають нинішнім темпам зростання [19]. Збільшилися частота й інтенсивність сильних опадів, танення снігу й наземного льоду, а також вологість атмосфери [20]. Зафіксовано охолодження стратосфери, яке демонструє, що парникові гази утримують тепло біля поверхні Землі [21]. За останні 50 років більше 90% додаткової енергії накопичено в океані за рахунок того, що вода має більшу теплоємність. Решта енергії (приблизно 10%) нагріває атмосферу, сприяє таненню льоду й нагріву континентів [22; 23]. Північна півкуля нагрівається набагато швидше, ніж Південна за рахунок більшої частини суходолу, сезонного снігового покриву та морського льоду [24]. Потепління в Арктиці спричинило збільшення відкладень сажі на сніг і лід. Танення крижаних щитів в Арктиці порушує циркуляцію океану, зокрема послаблення Гольфстріму, що спричинює ще більші зміни клімату [25]. Більш високі температури збільшують швидкість випаровування, спричинюючи сильніші шторми й екстремальні погодні умови, такі як сильні опади, зливи, підтоплення, торнадо, а також частіші періоди аномальної спеки, масштабні лісові та сільськогосподарські пожежі [21].

Водночас загальне зростання чисельності населення разом із розширенням використання житлової і комерційної землі призводить до перманентного зниження доступності сільськогосподарських земель [26; 27]. Втрата орних земель вимагає постійного збільшення врожайності з кожного гектара землі задля того, щоб прогодувати стійко зростаючу кількість населення. Однак доступність прісної води для використання в сільському господарстві також знижується через глобальне потепління, загальне зростання населення і збільшення попиту на прісну воду для житлового та комерційного використання [28]. Внаслідок цього якість води, що використовується для зрошення сільськогосподарських культур (її pH, рівень солоності, вміст забруднюючих речовин), постійно знижується. Отже, масштабні пожежі, пересихання джерел води, вирубка лісів, розширення пустель і часті періоди аномальної спеки призводять до недостатнього об'єму та якості продуктів харчування, особливо у країнах із відсутньою продовольчою безпекою і дефіцитом питної води.

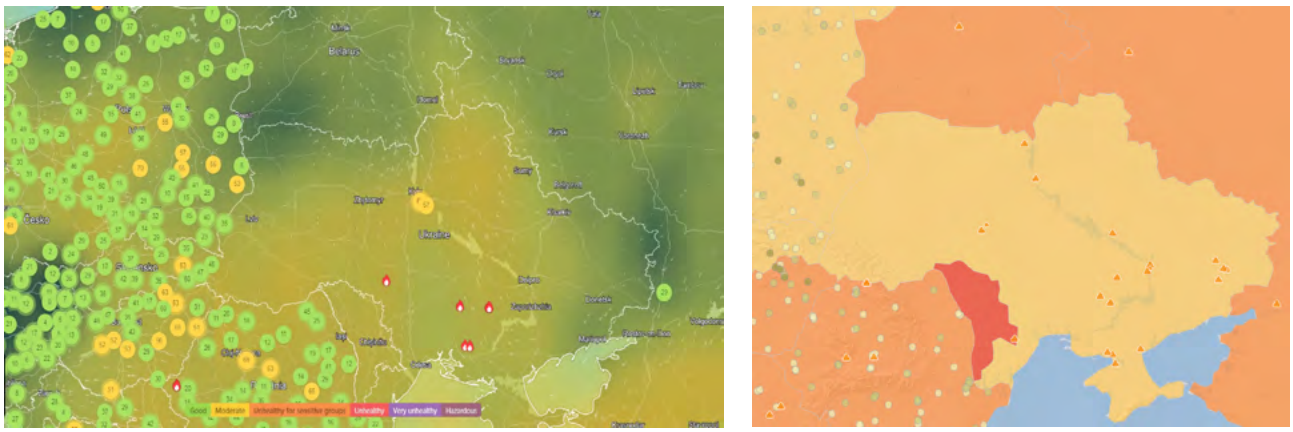
Тварини й рослини піддаються поступовому посиленню впливу концентрації багатьох антропогенних забруднювачів. Ці побічні продукти людської діяльності містять важкі метали, пестициди, гербіциди, мікропластики, антибіотики, стійкі органічні забруднювачі, тропосферний озон, дизельне паливо і тверді мікрочастинки (PM10, PM2.5). Більшість цих забруднювачів здатна спричинювати зміни pH і засоленість ґрунтів, а також пошкоджувати стратосферний озоновий шар і збільшувати рівень ультрафіолетового (УФ) випромінювання, що досягає поверхні Землі, впливаючи тим самим і на здоров'я людини. Вже у 2015 році ВООЗ визнала, що зміна клімату є найбільшою загрозою здоров'ю людей у XXI столітті, оскільки вона спричинює спалахи захворювань унаслідок недоїдання і поширення таких інфекційних хвороб, як малярія, лихоманка денге і холера, а також захворювань, спричинених забрудненням навколишнього середовища (онкологічних, респіраторних, серцево-судинних та інших) [29].

Глобальне потепління, зміна клімату, забруднення навколишнього середовища створюють для рослин унікальне поєднання різних абіотичних і біотичних стресів, до кожного з яких рослини здатні адаптуватися, але комбінації цих стресових чинників, які виникають разом (багатофакторні стреси), призводять до пригнічення розвитку та виживання рослин [30]. Окрім того, виявлено підвищення вразливості рослин до атак різних патогенів і шкідників, що призводить до порушення запилення їх комахами і занепаду багатьох лісових екосистем [31-33]. Нині спостерігається раннє цвітіння рослин [21]. Вплив на екосистеми супроводжується переміщенням або зникненням багатьох видів.

Зазначені вище чинники мають складний нелінійний вплив на всі процеси в ноосфері, причому в сукупності ці параметри синергетично діють [34] на якість повітря, води, ґрунтів, на стан екосистем окремих територій [30]. В останні роки з'явилися технічні можливості для детальнішого лабораторного аналізу проб повітря, води і ґрунтів, складні математичні моделі, які налічують сотні диференціальних рівнянь, а також сучасна комп'ютерна техніка (багатопроцесорні кластери та сучасний софт) для чисельного розв'язання цих проблем у реальному часі (тобто із запізненням отримання поточних супутникових даних та виведенням результатів чисельних розрахунків і їхньої візуалізації у реальному часі у вигляді 4D мап [3,4]. Це вносить в екологічні науки нову розмірність, тому що статистичне оброблення багато параметричних часових рядів (концентрації кожного забруднювача як функції часу, виміряні з періодом дискретизації 5-15 хвилин) потребує підходів до «великих даних» (Big Data analysis) [4-6].

Для всебічного аналізу проблеми потрібні результати моніторингу якості повітря, води, ґрунтів як на міських територіях, так і на території країн світу в рамках загальноприйнятого списку показників і задокументованих методів їх вимірювання [35; 36]. Потрібні також результати статистичного аналізу з використанням підходів Big Data [11] і чисельні розрахунки за математичними моделями, які враховують динаміку кожного забруднювача та його синергетичного впливу на довкілля разом із іншими забруднювачами [37,38].

Детальний огляд електронних ресурсів показує, що Україна порівняно з сусідніми країнами Європи має недостатню кількість сертифікованих станцій екологічного моніторингу (рис.1а), результати якого надходять у всесвітні бази даних [13-18]. На жаль, відкриті результати екологічного моніторингу якості повітря в містах України протягом 2020–2021 років мають значні розбіжності у використаних методах, списках забруднювачів; існують пропущені результати вимірювань у вихідні дні, протягом новорічних свят і літніх відпусток, що не дозволяє проводити якісний моніторинг екологічного стану за такими даними навіть на території обласних центрів України [40]. Водночас згідно з даними відкритих джерел 2005–2013 років у південних і південно-східних областях України мінералізація поверхневих вод залишається високою [39]. Донецька, Луганська і Харківська області лідирують у рейтингу потреб у питній і технічній воді [5]. Водночас Харківська область має максимальний індекс ризику посухи (0.8-1) та високі значення індексів водного стресу (2-3) й ризику прибережної повені (2-3). Подальший аналіз екологічної ситуації на території України і її найближчих сусідів (Польщі, Словаччини, Угорщини, Румунії, Молдови) проведено з використанням онлайн сервісу Google Earth Engine та можливістю додавання відомостей однією із вбудованих баз даних супутникової інформації про випромінювання і температуру поверхні, атмосферні опади й погоду, карти ландшафтів і земного покриву, якість



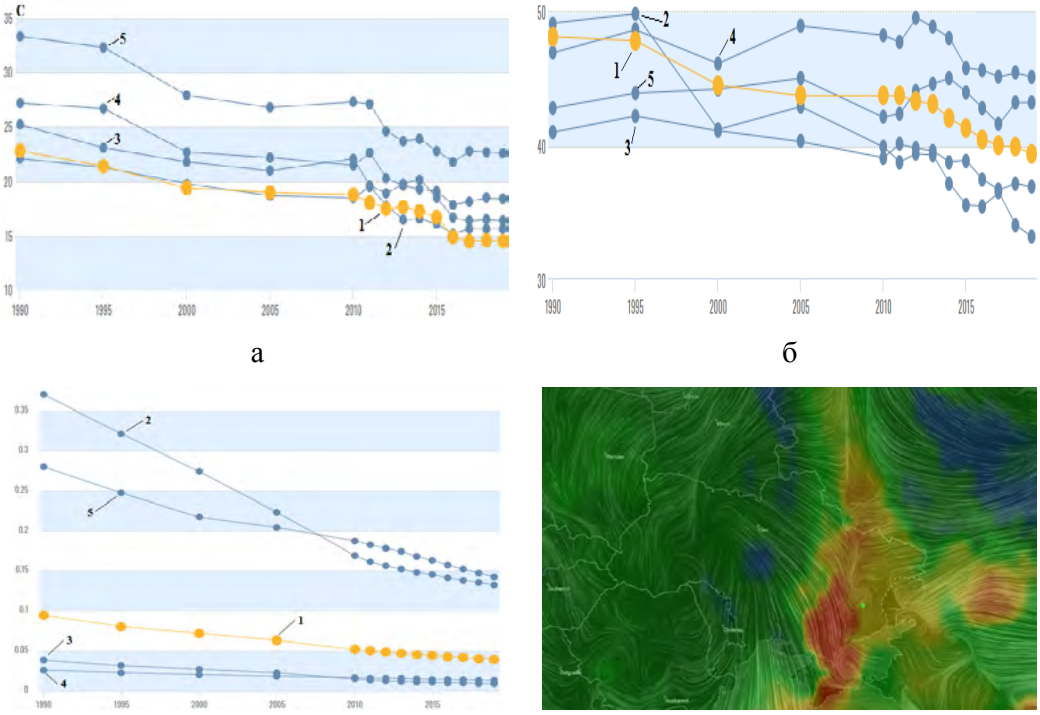
а б

Рис. 1. Інформація від онлайн мап забруднення повітря (а), ґрунту і води (б) на території Україні та сусідніх країн (станом на 7.08.2021 р.)

орних земель, індекси забруднення повітря, поверхневих і ґрунтових вод, ґрунтів та інше.

Бази даних статистичної інформації [13-18] показують, що протягом 2010-2020 років показник урбанізації України (тобто частка міського населення в загальній кількості населення країни) зросла з 68,6% до 69,61%, тоді як загальна чисельність населення зменшилася з 42,42 до 41,48 мільйонів. Рівень смертності від забруднення довкілля становить в Україні 1603 чоловік на 1 мільйон населення, тоді як у сусідній Молдові – 1260, в Білорусі – 1626, у Польщі – 1047, в Румунії – 1500, у Словаччині – 818. Україна має індекс 1-2 забруднення свинцем (basic lead level, BLL), а також небезпечно забруднені міста Донецької області (Краматорськ, Лисичанськ, Микитівка, Горлівка), фабрики Дніпра, Кривого Рогу, Вінниці, сховища пестицидів у Херсонській і в Одеській областях, радіаційне забруднення в Чорнобильській зоні з високим індексом Blacksmith (BI) ризику життя на території у діапазоні BI=5-6 (рис. 2).

Концентрація небезпечних для здоров'я і життя частинок PM2.5 з 1990 по 2020 рік зменшується (рис.2а), причому Україна має кращі показники порівняно із сусідніми країнами, але й дуже неве-



а б

в г

Рис. 2. Концентрації частинок PM2.5 (а), озону (б), частинок від спалення твердого палива (в) та сумарної концентрації забруднень (г) у повітрі на території України (1), Румунії (2), Білорусі (3), Словаччини (4) і Польщі (5) станом на 7.08.2021 р.

лику кількість сертифікованих лабораторій, які подають свої дані до загальноєвропейських екологічних мереж. За рівнем концентрації озону Україна знаходиться між більш забрудненими Румунією і Словаччиною та менш забрудненими Польщею і Білоруссю (рис.2б). За концентрацією забруднень від спалення твердого палива Україна знаходиться між більш забрудненими Румунією і Польщею та менш забрудненими Білоруссю і Словаччиною (рис. 2в). Математичні моделі глобальної циркуляції повітря навколо Землі показують різні типи впливів перенесення забруднень як від сусідніх країн до території України, так і навпаки (рис. 2г).

В окремі дні такі глобальні потоки в атмосфері можуть утворювати фронти зіткнень, які формують сталі за часом області зі значно підвищеною сумарною концентрацією забруднень (рис. 2г). За даними рис.2г, у деякі дні мешканці окремих регіонів піддаються значному негативному впливу твердих мікро/наночастинок (станом на 7.08.2021 р. такою є значна територія Східної України). Аналогічні висновки отримано шляхом обробки власних результатів оцінки якості поверхневих вод на території Харківської області [39], а також якості повітря на території Харківської і сусідніх областей [40].

Головні висновки. Детальний огляд літератури останніх років показав, що глобальні зміни клімату протягом останніх років мають такі ознаки: перманентне підвищення температури та концентрації парникових газів; збільшення частоти та інтенсивності опадів; танення снігу та льоду; підвищення вологості атмосфери, охолодження стратосфери; акумуляція додаткової енергії в океані, танення крижаних щитів і нагрів континентів, порушення циркуляції і збільшення випаровування в океанах; сильні шторми, зливи, підтоплення, торнадо, часті періоди аномальної спеки, масштабні пожежі. Разом із постійним зростанням чисельності населення ці зміни призводять до зниження доступності та якості орних земель і прісної води, об'єму та якості продуктів харчування. Все це спричинює спалахи захворювань від наслідків недоїдання, а також інфекційних хвороб, онкологічних, респіраторних, серцево-судинних захворювань унаслідок забруднення довкілля.

Для всебічного аналізу проблеми необхідні результати моніторингу якості повітря, води, ґрунтів на території кожної країни світу в рамках загальноприйнятого списку показників і задокументованих методів їх вимірювання [35,36]; потрібні також результати статистичного аналізу з використанням підходів Big Data [11] і чисельні розрахунки за математичними моделями, які враховують динаміку кожного забруднювача та їх синергетичний вплив на навколишнє середовище [37; 38]. Майбутнє потепління залежить від рівнів зворотних зв'язків викидів парникових газів і клімату, котрі оцінюються з використанням суттєво різних математичних моделей, розроблених різними науковими установами. Моделі клімату – це уявлення фізичних, хімічних і біологічних процесів, які впливають на всі показники кліматичної системи планети. Цей ефект повинен слугувати попередженням для суспільства і спонукати до рішучих дій, спрямованих на скорочення викидів забруднюючих речовин, боротьбу із глобальним потеплінням, на підвищення стійкості сільськогосподарських культур до дії багатофакторних стресів.

Перспективи використання результатів дослідження. Подальші дослідження зосереджуватимуться на створенні онлайн системи екологічного моніторингу стану повітря, води і ґрунтів для міст із населенням більше 500 тисяч на території України.

Література

1. Global biodiversity scenarios for the year 2100 / Sala O.E., Chapin F.S., Armesto J.J. et al. *Science.* 2000. № 287. P 1770-1774. doi:10.1126/science.287.5459.1770.
2. Mazdiyasni O., AghaKouchak A. Substantial increase in concurrent droughts and heatwaves in the United States. *Proceedings of the Natlional Academy of Sciences USA*. 2015. № 112 (37). P.11484-11489. doi:10.1073/pnas.1422945112.
3. Кізілова Н.М., Ричак Н.Л., Руднєв Ю.І. Підхід системної динаміки до контролю за якістю води на урбанізованих територіях. *Системи обробки інформації*. 2019. №4 (159). С. 87-92. doi: 10.30748/soi.2019.159.10.
4. Кізілова Н.М., Ричак Н.Л. Інформаційне супроводження системи менеджменту водними ресурсами на урбанізованих територіях. *Системи обробки інформації*. 2020. №4(163). С. 37-47. doi:10.30748/soi.2020.163.04
5. Кізілова Н.М., Ричак Н.Л., Чебукін Д.С., Лукієнко М.В. Екологічна оцінка якості поверхневих вод у бездощовий період в умовах міського водозбору. *Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна, сер. Геологія. Географія. Екологія*. 2021. № 54. С. 289-305. doi:10.26565/2410-7360-2021-54-22.
6. Кізілова Н.М., Ричак Н.Л. Імовірнісні моделі менеджменту водними ресурсами на урбанізованих територіях. *Вісник КНУ ім. Т.Г.Шевченко, сер. Фізико-математичні науки*. 2021. № 4. С. 20-27. doi: 10.17721/1812-5409.2020/4.3.
7. Siscoad M.R., Pianta S., Weber E.U., Bosetti V. Global climate marches sharply raise attention to climate change: Analysis of climate search behavior. *J. Environ. Psychol*. 2021. № 76(6). P. 101596. doi:10.1016/j.jenvp.2021.101596.
8. Fujibe F. Urban warming in Japanese cities and its relation to climate change monitoring. *Intern. J. Climatol*. 2011. № 31. P. 162–173. doi:10.1002/joc.2142.
9. Kataoka K., Matsumoto F., Ichinose T., Taniguchi M. Urban warming trends in several large Asian cities over the last 100 years. *Sci. Total Environ*. 2009. № 407. P. 3112–3119. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.09.015.
10. Wang X., Li Z., Li M. Impacts of climate change on stream flow and water quality in a drinking water source area, Northern China. *Environ. Earth Sci*. 2018. №77. P. 410. doi:10.1007/s12665-018-7581-5.
11. Hereher M.E. Time series trends of land surface temperatures in Egypt: a signal for global warming. *Environ. Earth Sci*. 2016. № 75. P. 1218. doi:10.1007/s12665-016-6024-4.

12. Assessing climate change's contribution to global catastrophic risk / Beard S.J., Holt L., Tzachor A., Kemp L., Avin Sh., Torres Ph., Belfield H. *Futures*. 2021. № 127(3). P. 102673. doi:10.1016/j.futures.2020.102673.
13. Environmental Pollution. Statistics and Facts on Pollution. *Statista.* URL: https://www.statista.com/topics/4739/environmental-pollution/ (Last accessed: 4.06.2021).
14. Pollution Map. *GAHP*. URL: https://www.pollution.org/ (Last accessed: 4.06.2021).
15. National Environmental Public Health Tracking. *Centers for Disease Control and Prevention*. URL: https://www.cdc.gov/nceh/tracking/topics/ (Last accessed: 10.06.2021).
16. OECD Green Growth Indicators. Air pollution, health risks and costs. *OECDiLibrary*. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/ (Last accessed: 12.06.2021).
17. Global warming. Air pollution. *Berekley Earth.* URL: http://berkeleyearth.org/ (Last accessed: 22.06.2021).
18. Air Pollution in Asia: Real-time Visual Map. *Air Pollution in the World.* URL: https://aqicn.org/map/ (Last accessed: 23.06.2021).
19. Chapter 1: Framing and Context. In: IPCC SR15 /Allen M.R., Dube O.P., Solecki W., et al. 2018. P. 49–91.
20. Kennedy J.J., Thorne W.P., Peterson T.C., et al. How do we know the world has warmed? *Bulletin of the American Meteorological Society* / Arndt D.S., Baringer M.O., Johnson M.R., (eds.). 2010. № 91(7), P. 26-27. doi:10.1175/BAMS-91-7
21. Global Warming Climate Change. NASA JPL 2020. *NASA: Global Climate Change*. URL : https://climate.nasa.gov/ (Last accessed: 27.06.2021).
22. Johnson, G.C.; Lyman, J.M.; Boyer, T.; et al. Ocean heat content. Capter 3. In: *State of the Climate in 2019 Bulletin of the American Meteorological Society*. 2020. №/ 101(8). P. 140–144. doi:10.1175/BAMS-D-20-0105.1.
23. Climate Change: The Physical Science Basis. *The Intergovernmental Panel on Climate Change.* URL: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/. (Last accessed: 27.06.2021).
24. Collins M., Knutti R., Arblaster J.M. et al. Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. Chapter 12. *IPCC AR5 WG1*. 2013. P. 1029–1136.
25. Carlowicz M. Watery heatwave cooks the Gulf of Maine. *NASA's Earth Observatory.* Retrieved 1 September 2018. URL: https://climate.nasa.gov/news/2798/. (Last accessed: 25.06.2021).
26. McCarthy M.P., Best M.J., Betts R.A. Climate change in cities due to global warming and urban effects. *Geophysical Research Letters*. 2010. № 37. L09705. doi:10.1029/2010GL042845
27. Satterthwaite D. Cities' contribution to global warming: notes on the allocation of greenhouse gas emissions. *Enviromental and Urbanization*. 2008. № 20. P. 539–549. doi:10.1177/0956247808096127
28. Wang Z., Wu J., Liu C., Gu G. Integrated Assessment Models of Climate Change Economics. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017. P. 181. doi : 10.1007/978-981-10-3945-4_1 *Springer* URL: springer.com/gp/book/9789811039430. (Last accessed: 5.02.2021).
29. AR5 Synthesis Report: Climate Change. *The Intergovernmental Panel on Climate Change.* URL: https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/ (Last accessed: 27.06.2021).
30. Zandalinas S.I., Fritschi F.B., Mittler R. Global warming, climate change, and environmental pollution: recipe for a multifactorial stress combination disaster. *Trends in Plant Science*. 2021. № 26(6). P. 588-599. doi: 10.1016/j.tplants.2021.02.011.
31. Cohen S.P., Leach J.E. High temperature-induced plant disease susceptibility: more than the sum of its parts. *Current Opinion in Plant Biology*. 2020. № 56. P. 235-241. doi:10.1016/j.pbi.2020.02.008.
32. De Laender F. Community- and ecosystem-level effects of multiple environmental change drivers: beyond null model testing. *Global Change Biology*. 2018. № 24. P. 5021-5030. doi:10.1111/gcb.14382.
33. Desaint H., Aoun N., Deslandes L., Vailleau F., Roux F., Berthomé R. Fight hard or die trying: when plants face pathogens under heat stress. *New Phytologist*. 2021. № 229. P. 712-734. doi:10.1111/nph.16965.
34. Taniguchi M., Uemura T., Jago-on K. Combined effects of urbanization and global warming on subsurface temperature in four Asian cities. *Vadose Zone J.* 2007. № 6. P. 591–596. doi:10.2136/vzj2006.0094.
35. Бордюг Н.С., Ращенко А.В., Лесь А.В. Розробка проекту системи моніторингу атмосферного повітря. *Екологічні науки*. 2021. №2(35). С. 15-19. doi:10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.2.
36. Фінін Г.С., Шевченко Р.Ю. Спеціальні геодезичні мережі в екологічному моніторингу. *Екологічні науки*. 2021. №2(35). С. 20-24. doi:10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.3.
37. Abulibdeh A. Analysis of urban heat island characteristics and mitigation strategies for eight arid and semi-arid gulf region cities. *Environment Earth Science*. 2021. №80. P. 259. doi:10.1007/s12665-021-09540-7
38. Makinde E.O., Agbor C.F. Geoinformatic assessment of urban heat island and land use/cover processes: a case study from Akure. *Environment Earth Science*. 2019. № 78, P. 483. doi:10.1007/s12665-019-8433-7.
39. Кізілова Н.М., Ричак Н.Л. Засолення річкових вод в умовах урболадшафтної геосистеми і потеплення клімату. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського.* 2021. Вип. 3 (128). (прийнято до публікації).
40. Ричак Н.Л., Кізілова Н.М., Майструк В.А., Макаренко О.С., Прогнімак О.С. Математичний аналіз забруднення повітря на території України з використанням даних з відкритих джерел. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. №3. (прийнято до публікації).

УДК 574.583
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.26

РІД *DIAPTOMUS* WESTWOOD, 1836 (*COPEPODA* : *CALANOIDA* : *DIAPTOMIDAE*) У ДОСЛІДЖЕННЯХ ПРОФЕСОРА А. ВЕЖЕЙСЬКОГО НА ТЕРЕНАХ ГАЛИЧИНИ

Іванець О.Р.
Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, 79005, м. Львів
oleh_ivanets@ukr.net

Історичні аспекти вивчення роду *Diaptomus* на теренах Галичини донині залишаються не досить дослідженими. За матеріалами А. Вежейського рід *Diaptomus* Галичини представлений дев'ятьма таксонами: *D. castor*, Jurine; *D. coeruleus*, Fischer; *D. zachariasi*, Poppe; *D. gracilis*, Sars; *D. graciloides*, Lilleborg; *D. bacillifer*, Koelbel; *D. tatricus*, Wierzejski, 1883; *D. denticornis*, Wierzejski; *D. pectinicornis*, Wierzejski, 1887. Зокрема А. Вежейський описав три нових для науки таксони роду *Diaptomus*, які з урахуванням синоніміки є нині валідними та зареєстрованими у фауні України, складаючи 11% у родині *Diaptominae*.

З урахуванням сучасних досліджень у царині таксономії види, описані А. Вежейським, мають такий таксономічний статус: *Diaptomus denticornis – Acanthodiaptomus denticornis* (Wierzejski, 1887); *Diaptomus pectinicornis – Arctodiaptomus* (*Arctodiaptomus*) *pectinicornis* (Wierzejski, 1887); *Diaptomus tatricus – Mixodiaptomus tatricus* (Wierzejski, 1883).

На честь А. Вежейського Ж. Рішар назвав один із уперше ним описаних таксонів *Diaptomus Wierzejskii* (Richard, 1888), який нині має таксономічний статус *Arctodiaptomus* (*Arctodiaptomus*) *wierzejskii* (Richard, 1888). Цей вид також зареєстрований у фауні України в межах підродини *Diaptominae*.

Відомості, отримані А. Вежейським, мають важливе значення для сучасних досліджень, спрямованих на вивчення історії розвитку зоологічної науки, систематики і таксономії роду *Diaptomus.*

З урахуванням сучасних досліджень доцільно переглянути систематичний статус таксонів, зареєстрованих А. Вежейським. Такі відомості можуть слугувати основою реконструкції динаміки гідроекологічних змін у водоймах, спричинених антропогенними та мікрокліматичними факторами, що допоможе з'ясувати головні характеристики гідробіоценозів, обумовлені регіональними закономірностями.

Ретроспективний аналіз порівняння сучасних досліджень з отриманими матеріалами дозволить установити рівень антропогенної трансформації середовища протягом значних періодів часу. *Ключові слова:* А. Вежейський, *Diaptomus,* Галичина, *Copepoda*.

The genus *Diaptomus* Westwood, 1836 (*Copepoda* : *Calanoida* : *Diaptomidae*) in the researches of professor A. Wierzejski in Galicia. Ivanets O.

Historical aspects of the study of the genus *Diaptomus* in Galicia to this day remain insufficiently studied. The genus *Diaptomus* of Galicia according to A. Wierzejski is represented by 9 taxa: *D. castor*, Jurine; *D. coeruleus*, Fischer; *D. zachariasi*, Poppe; *D. gracilis*, Sars; *D. graciloides*, Lilleborg; *D. bacillifer*, Koelbel; *D. tatricus*, Wierzejski, 1883; *D. denticornis*, Wierzejski; *D. pectinicornis*, Wierzejski, 1887. In particular, A. Wierzejski described three new for science taxa of the genus *Diaptomus*, which, taking into account the synonyms are still valid today, they are registered in the fauna of Ukraine and make up 11% in the family *Diaptominae*.

Taking into account modern research in the field of taxonomy, the species described by A. Wierzejski have the following taxonomic status: *Diaptomus denticornis* Wierzejski, 1887 – *Acanthodiaptomus denticornis* (Wierzejski, 1887); *Diaptomus pectinicornis* Wierzejski, 1887 – *Arctodiaptomus (Arctodiaptomus) pectinicornis* (Wierzejski, 1887); *Diaptomus tatricus* Wierzejski, 1883 – *Mixodiaptomus tatricus* (Wierzejski, 1883).

In honor of A. Wierzejski, J. Richard named one of the taxa *Diaptomus Wierzejskii* (Richard, 1888), which he first described, which today has the taxonomic status of *Arctodiaptomus* (*Arctodiaptomus*) *wierzejskii* (Richard, 1888). This species is also registered in the fauna of Ukraine within the subfamily *Diaptominae.*

The data obtained by A. Wierzejski are important for modern research aimed at studying the history of zoological science and taxonomy of the genus *Diaptomus*.

In the future, taking into account current research, it is advisable to review the systematic status of taxa, registered by A. Wierzejski. Such data can be the basis for the reconstruction of the dynamics of hydroecological changes in water bodies caused by anthropogenic and microclimatic factors. This will help to determine the main characteristics of hydrobiocenoses, due to regional patterns.

Retrospective analysis, comparison of modern research with the obtained materials, will establish the level of anthropogenic transformation of the environment over significant periods of time. *Key words:* A. Wierzejski, *Diaptomus*, Galicia, *Copepoda*.

Постановка проблеми. Належне знання фауни зоопланктону, і, зокрема, роду *Diaptomus* є основою успішного вивчення біології представників фауни, розвитку фауністики, зоогеографії, екології угруповань водойм різного типу.

Прісноводні *Calanoida* є досить поширеними у внутрішніх водах і відіграють важливу роль у гідробіоценозах. Вони переважно харчуються фітопланктоном і становлять важливу ланку між первинними продуцентами та консументами наступних ланок трофічних ланцюгів.

Узагальнення відомостей щодо систематики цього таксону є важливим для подальшого розвитку гідроекологічного моніторингу стану довкілля, вдосконалення методів біологічної індикації якості води. Дослідження такого спрямування дозволять систематизувати роботи в цих напрямах.

Актуальність дослідження. Водночас дослідження історичних аспектів вивчення регіональної фауни представлене не досить повно. Проте саме такі матеріали дають можливість прослідкувати за різноманітними етапами змін гідроекосистем, що спостерігаються під час їх становлення в окремих регіонах [1; 2; 3; 4; 5].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Це дослідження проводилося в межах науково-дослідницьких тем «Оптимізація екологічної мережі транскордонних об'єктів природно-заповідного фонду заходу України в рамках Програми ЮНЕСКО «Людина та біосфера» та «Ценотичні зв'язки ключових видів як основа збереження і відтворення біорізноманіття водотоків Європейського вододілу».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом минулих десятиліть рівень вивченості роду *Diaptomus* значно підвищився. Це стосується таких аспектів, як морфологія й анатомія, ембріологія, поведінка, фізіологія, генетика. Принципово змінилися підходи та методи систематичних досліджень.

Нині *Calanoida* родини *Diaptomidae* і, зокрема, роду *Diaptomus* знаходяться в центрі уваги дослідників. Зокрема, уточнюється видовий склад *Calanoida* окремих регіонів та їх поширення. Показано, що його видове багатство обумовлене насамперед комплексом кліматичних умов, особливостями гідрографічної мережі, гідрохімічною характеристикою водного середовища та акліматизацією видів [6; 7; 8].

Нині уточнюється таксономічний статус тих чи інших видів. Проведені спеціальні дослідження, які дозволили стверджувати, що *Arctodiaptomus dampfi* Brehm насправді є синонімом *A. Dorsalis*, тому його слід виключити з регіональних списків, що було зроблено після дослідження і порівняння таксономічно відповідних структур в обох групах [9].

Нині досліджуються особливості впливу раціону на життєвий цикл *Diaptomus* [10], показана роль пігментів у життєдіяльності *Diaptomus*. Зазначено, що вертикальна міграція і поведінка *Diaptomus* зумовлена концентрацією каротиноїдів у їх організмі, оскільки ці пігменти відіграють важливу роль у фотозахисті [11].

Науковці досліджують яйцеві мішки *Diaptomus* в осадових породах. Ними наголошується, що ідентифікація яйцевих мішків *Diaptomus*, які добре зберігаються в осадах, є важливою, оскільки *Copepoda* – це вагома група безхребетних прісних водойм. Водночас є не вистачає інформації про цей таксон з озерних відкладень [12].

Дослідники звертають увагу на особливості філогенетики *Diaptomus sicilis.* Зокрема використання молекулярних технологій показало, що вид *D. sicilis* близький до *D. castor* та *D. keniraensis* [13].

За допомогою панбіогеографічного підходу трекового аналізу представлено особливості поширення роду *Diaptomus* в Європі та в Африці, а також досліджено особливості поширення 13 видів *Diaptomus* [14].

На основі морфологічної та молекулярної ідентифікації описано першу знахідку *Eudiaptomus gracilis* (G.O. Sars, 1863) у водоймі на острові Мадейра (Португалія). Припускається, що цей вид був інтродукований у регіон [15].

Науковці повідомляють про знаходження в тимчасових водоймах Піренейського півострова *Metadiaptomus chevreuxi* (Guerne & Richard, 1894). Ними відзначено, що тимчасові водойми характеризуються своєрідними екосистемами з багатою фауною ракоподібних та високим рівнем ендемізму [16].

Дослідники розглядають патерни різноманітності та біогеографію родини *Diaptomidae* західної Палеарктики. Ними зазначено, що веслоногі раки родини *Diaptomidae* є важливою складовою біорізноманіття внутрішніх вод екосистем в усьому світі. Проте не вистачає відомостей про історичні та екологічні фактори, які зумовлюють їх поширеність. Науковцями подається критичний огляд наявної літератури стосовно поширення видів родини *Diaptomidae* в західній Палеарктиці; здійснено біогеографічний аналіз ролі, яку відіграють просторові, екологічні та історичні (палеокліматичні) чинники їх фактичного поширення на цій великій території [17]; підготовлено фауністичний огляд *Calanoida* України; оцінено відносну фауністичну схожість каляноїдних копепод континентальних вод за індексом Сьоренсена. Водночас фауна України порівнювалася з фауною Білорусі, Росії, Румунії, Туреччини, Польщі, Словакії [18].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Мета нашого дослідження – аналіз наукової спадщини А. Вежейського у сфері дослідження роду *Diaptomus* Галичини. Досягнення цієї мети передбачає вирішення таких завдань: 1) провести ретроспективний аналіз таксономічної структури роду *Diaptomus* Галичини за матеріалами А. Вежейського з урахуванням чинної на той час систематики;

2) проаналізувати синоніміку таксонів роду *Diaptomus*, вперше описаних А. Вежейським з урахуванням сучасних таксономічних досліджень цієї групи; 3) визначити значимість таксонів, які вперше описав А. Вежейський у підродині *Diaptominae* фауни України та схарактеризувати особливості їх екології.

Новизна. Нами проаналізовано наукову спадщину професора А. Вежейського у сфері дослідження роду *Diaptomus* Галичини; проведено ретроспективний аналіз таксономічної структури цього таксону з урахуванням чинної на той час систематики; проаналізовано синоніміку таксонів роду *Diaptomus*, вперше описаних А. Вежейським з урахуванням сучасних таксономічних досліджень цієї групи; визначено значимість таксонів, уперше описаних А. Вежейським у підродині *Diaptominae* фауни України; схарактеризовано особливості їх екології.

Методологічне або загальнонаукове значення. Така робота є важливою для аналізу стану гідробіоценозів Галичини, для визначення динаміки їх гідроекологічних характеристик протягом тривалого періоду. Ця робота є актуальною і з огляду на сучасні дослідження регіональної фауни роду *Diaptomus* [5; 19; 20]. Така робота є вагомою для подальшого розроблення систематики і фауністики цієї групи.

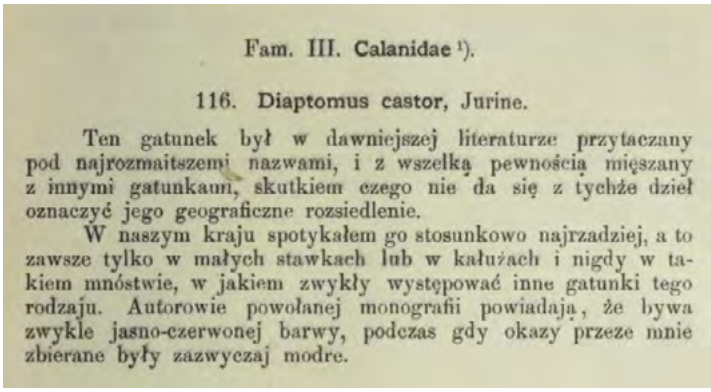
Виклад основного матеріалу. Видатний польський гідробіолог із багатогранними науковими інтересами, професор Ягеллонського університету А. Вежейський із 1880 року розпочав комплексні гідробіологічні дослідження водойм Татр, приділяючи увагу їх екологічній характеристиці [21; 22; 23; 24; 25]. Матеріали своїх досліджень він виклав у низці публікацій [26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35]. У його роботах знаходимо і перші згадки про рід *Diaptomus* на теренах Галичини.

Зважаючи на сучасні дослідження, спрямовані на вивчення історичних аспектів зоологічної науки, систематики й таксономії, матеріали професора А. Вежейського мають особливе значення, оскільки рід *Diaptomus* на теренах Галичини і донині лишається не досить дослідженим.

З огляду на характеристику цього таксону особливу увагу привертають такі публікації А. Вежейського, як "Übersicht der Crustaceen-Fauna Galiziens" [34], "Przegląd fauny skorupiaków galicyjskich" [35] і "O krajowych skorupiakach z rodziny *Calanidae*" [28], в яких А. Вежейський здійснює історичний аналіз досліджень планктону та подає нарис фауни ракоподібних Галичини, зокрема роду *Diaptomus* (Рис. 1, 2).

Загалом рід *Diaptomus*, за матеріалами А. Вежейського, представлений дев'ятьма таксонами. Зазначимо їхній перелік із дотриманням чинної на той час систематики:

1. *D. castor*, Jurine.
2. *D. coeruleus*, Fischer.
3. *D. Zachariasi*, Poppe.



Fam. III. Calanidae [1]).

116. Diaptomus castor, Jurine.

Ten gatunek był w dawniejszej literaturze przytaczany pod najrozmaitszemi nazwami, i z wszelką pewnością mięszany z innymi gatunkami, skutkiem czego nie da się z tychże dzieł oznaczyć jego geograficzne rozsiedlenie.

W naszym kraju spotykałem go stosunkowo najrzadziej, a to zawsze tylko w małych stawkach lub w kałużach i nigdy w takiem mnóstwie, w jakiem zwykły występować inne gatunki tego rodzaju. Autorowie powołanej monografii powiadają, że bywa zwykle jasno-czerwonej barwy, podczas gdy okazy przeze mnie zbierane były zazwyczaj modre.

Рис. 1. Фрагмент публікації А. Вежейського "Przegląd fauny skorupiaków galicyjskich" [35]

4. *D. gracilis*, Sars.
5. *D. graciloides*, Lilljeborg.
6. *D. bacillifer*, Koelbel.
7. *D. tatricus*, Wierzejski, 1883.
8. *D. denticornis*, , Wierz.
9. *D. pectinicornis*, Wierz. 1887.

Схарактеризуємо таксони роду *Diaptomus* за А. Вежейським, зберігаючи термінологію автора (рис. 1).

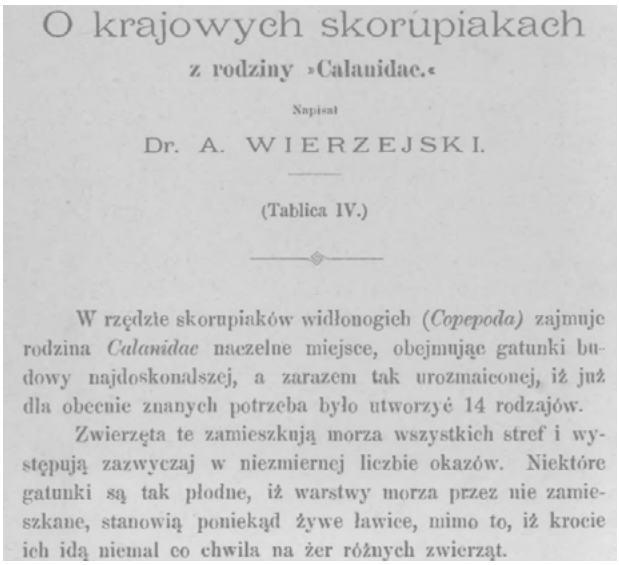
***Diaptomus castor*, Jurine.**

Як зазначає А. Вежейський, цей таксон подається в публікаціях під різними назвами і мабуть помилково визначався як інший вид, унаслідок чого важко визначити його географічну поширеність.

А. Вежейський найчастіше знаходив *D. castor* у малих ставах і в калюжах; цей вид ніколи не траплявся у масових кількостях (рис. 2).

2. *Diaptomus coeruleus*, Fischer.

Цей вид трапляється в чистих водах, в лісових озерах і ставах. А. Вежейський звертає увагу на особливості будови третього членика (якщо рахувати з кінця) генікулюючої антенули самця цього таксону і подає



O krajowych skorúpiakach

z rodziny »Calanidae.«

Napisał

Dr. A. WIERZEJSKI.

(Tablica IV.)

W rzędzie skorupiaków widłonogich (*Copepoda*) zajmuje rodzina *Calanidae* naczelne miejsce, obejmując gatunki budowy najdoskonalszej, a zarazem tak urozmaiconej, iż już dla obecnie znanych potrzeba było utworzyć 14 rodzajów.

Zwierzęta te zamieszkują morza wszystkich stref i występują zazwyczaj w niezmiernej liczbie okazów. Niektóre gatunki są tak płodne, iż warstwy morza przez nie zamieszkane, stanowią poniekąd żywe ławice, mimo to, iż krocie ich idą niemal co chwila na żer różnych zwierząt.

Рис. 2. Фрагмент публікації А. Вежейського з "O krajowych skorupiakach z rodziny Calanoidae" [28]

відповідний рисунок (рис. 3). Морфологія цього членика є важливою для таксономічних досліджень.

Рис. 3. Особливості будови третього членика з кінця генікулюючої антенули самця D. coeruleus (за А. Вежейським) [35]

3. *Diaptomus Zachariasi*, Poppe.

А. Вежейський зазначає, що під час діагностики цього виду не враховується мінливість третього з кінця членика генікулюючої антенули самця, що має важливе значення для систематики. Тому А. Вежейський у своїй публікації подає низку мінливих ознак цього членика (рис. 4).

На рисунках, виконаних А. Вежейським, можна побачити перехід від форм із ледь помітною пластинкою на цьому членику, до форм, які мають на кінці такої пластинки сформований зубчик (шиповидний відросток) (рис. 4).

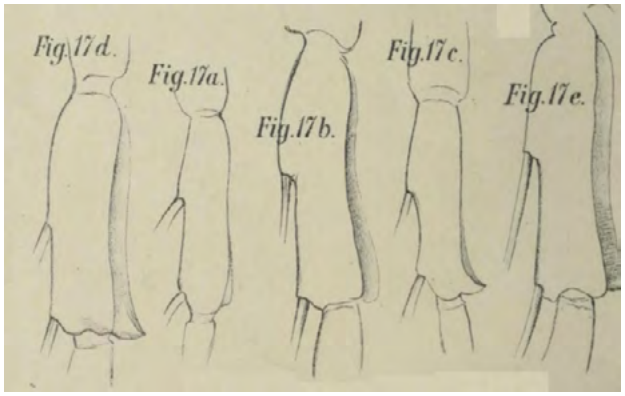


Рис. 4. Мінливість третього членика з кінця генікулюючої антенули самця D. Zachariasi (за А. Вежейським, пояснення в тексті) [35]

4. *Diaptomus gracilis*, Sars.

Цей вид трапляється відносно рідко, він є космополітом. Зокрема, за матеріалами А. Вежейського, *D. gracilis* трапляється в Альпах, Угорщині, Франції, Фінляндії, Швейцарії, а також у Сибіру.

5. *Diaptomus graciloides*, Lilljeborg.

Відноситься до видів, що зустрічаються в Альпах. У Татрах А. Вежейський зареєстрував цей вид у двох озерах: Чорне озеро під горою Костелець і Велике озеро, що лежить у долині П'ять Ставів.

А. Вежейський припускає, що *D. graciloides* є альпійською видозміною *D. gracilis*.

6. *Diaptomus bacillifer*, Koelbel.

Цей вид зареєстрований у таких озерах Татр, як Двоїсте озеро під горою Костенець і Чорне Кезмарське озеро.

7. *Diaptomus tatricus*, Wierzejski, 1883

А. Вежейський зазначає, що зазначений вид знайдений ним у Малому Собковому Ставу, у Мокрому Ставу під Бабиною горою і в Чорногірських озерах. Ним акцентовано, що дослідники мало звертали увагу на малі водойми, в яких і трапляється цей вид. Науковець подає рисунок абдомена і фуркальних гілок самки цього таксону (рис. 5).

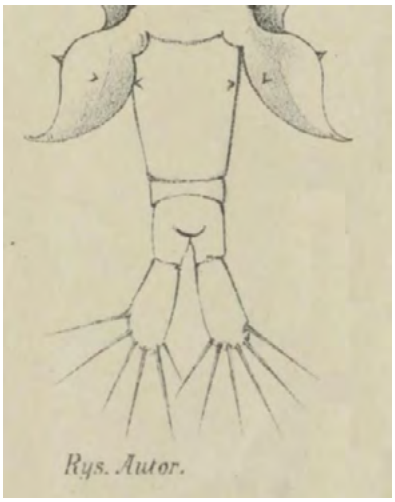


Рис. 5. Морфологія абдомена і фуркальних гілок із щетинками самки D. tatricus (за А. Вежейським) [35]

8. *Diaptomus denticornis*, Wierz.

А. Вежейським зазначено, що це дуже характерний вид, зареєстрований у Топоровому Ставу на Чорногорі, а також в озерцях на Погорільцю, під Попом Іваном, на Дземброні. Цей вид характеризується значним поширенням і трапляється, зокрема, на висоті 2400 м.

9. *Diaptomus pectinicornis*, Wierz. 1887.

Цей вид, за даними А. Вежейського, трапляється з гіллястовусим раком *Moina rectirostris*. У публікації [28] А. Вежейський подає рисунок самця і самки цього таксону (рис. 6).

Загалом, характеризуючи науковий доробок професора А. Вежейського в царині досліджень роду *Diaptomus*, зазначимо, що цей науковець описав нові таксони роду *Diaptomus*: *Diaptomus denticornis* (Wierz., 1887), *Diaptomus pectinicornis* (Wierz., 1887), *Diaptomus tatricus* (Wierzejski, 1883).

Ми подамо екологічну характеристику цих таксонів на основі літературних джерел і власних даних [1; 4; 5; 20; 36; 37; 38; 39; 40; 41], проаналізуємо їх синоніміку з урахуванням сучасних досліджень. Зокрема, сучасний таксономічний статус описаних А. Вежейським нових видів роду *Diaptomus* представлений у фундаментальному визначнику «Прісноводний ракоподібний зоопланктон Європи» [4]. Автори цього видання

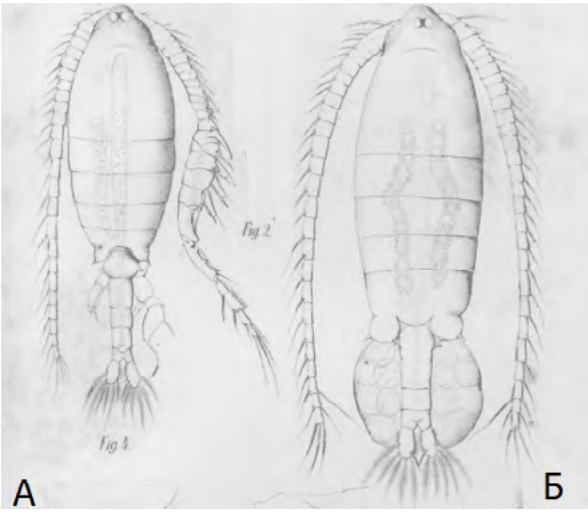


Рис. 6. Фрагмент публікації А. Вежейського [28] D. pectiniformis spec. nov.: А – самець; Б – самка

подають матеріали щодо синонімів зазначених таксонів, описаних нижче.

***Acanthodiaptomus denticornis* (Wierzejski, 1887)**

Diaptomus castor (non Jurine) (Sars, 1863)

Diaptomus affifinis (Uljanin, 1875)

Diaptomus gracilis var. γ (Wierzejski, 1882)

Diaptomus denticornis (Wierzejski, 1887; Rylov, 1930)

Diaptomus denticornis and forma: *major* and *minor* (Sars, 1903)

Diaptomus Zichyi (Daday, 1901)

Diaptomus zichi (Tollinger, 1911)

Acanthodiaptomus denticornis molvenensis (Stella, 1933).

Acanthodiaptomus denticornis – це евритопний та евритермний вид, часто реєструється у великих та малих водоймах; відзначений у тимчасових водоймах, водоймах на болотах, у глибоких озерах на низинах і в горах на висоті до 2500 м. Організм цього виду містить фотозахисні сполуки, які відіграють важливу роль у мінімізації згубного впливу сонячного ультрафіолетового випромінювання. Цей вид зазвичай має невисоку чисельність, але в деяких випадках може домінувати в зоопланктоні; харчується інфузоріями, коловертками, водоростями та нанопланктоном. Одна кладка яєць може продукуватися протягом 11 днів, причому за життєвий цикл продукується 4-5 кладок. Загалом одна самка може продукувати до 582 яєць.

Розміри цих рачків є більшими восени і меншими навесні та на початку літа. Розмір тіла негативно корелює з температурою. Ці рачки можуть зникнути в деяких низовинних водоймах із січня по вересень.

Дорослі рачки адаптовані до проживання в більш глибоких, збіднених на кисень горизонтах водної товщі вдень та в оксигенованому верхньому шарі вночі, що дозволяє їм уникати тиску хижаків. Цей таксон занесено до Червоного списку ракоподібних Словаччини як «вразливий».

***Arctodiaptomus* (*Arctodiaptomus*) *pectinicornis* (Wierzejski, 1887)**

Diaptomus pectinicornis (Wierzejski, 1887)

Arctodiaptomus (s.str.) *pectinicornis* (Mann, 1940; Damian-Georgescu, 1966),

Arctodiaptomus pectinicornis (Naidenow, 1967).

Цей вид характеризується обмеженим поширенням у Південно-Східній Європі; він зареєстрований у невеликих, мілких водоймах, калюжах, болотах, ставках та озерах.

***Mixodiaptomus tatricus* (Wierzejski, 1883)**

Diaptomus laciniatus (Wierzejski, 1832)

Diaptomus tatricus (Wierzejski, 1883)

Diaptomus auredanus (Lorenzi, 1897)

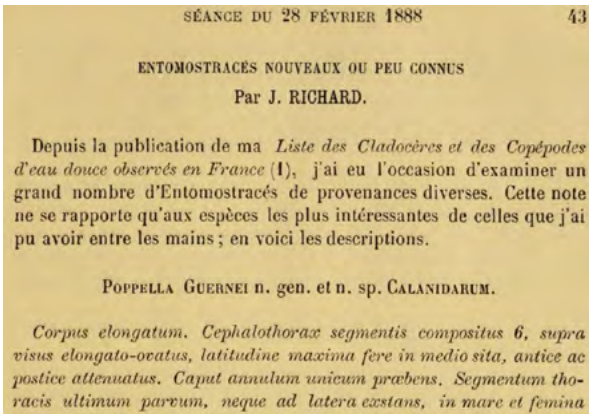
Diaptomus apenninicus (Brehm, 1927).

Mixodiaptomus tatricus – це стенотопний гірський вид Південно-Східної Європи; зареєстрований у тимчасових та постійних ставках, в озерах у горах на висоті до 2365 м. Іноді домінує в зоопланктоні за високої концентрації розчиненої органічної речовини. Занесений до Червоного списку ракоподібних Словаччини як «вразливий».

Нині таксони, описані А. Вежейським, відзначені також у фауні континентальних вод України [18] та занесені в підродину *Diaptominae*, що належить до родини *Diaptomidae*. Загалом до цієї підродини в межах України належать 28 таксонів [18], причому описані А. Вежейським таксони становлять 11% від цієї кількості.

Відзначаючи вагому наукову діяльність професора А. Вежейського в царині досліджень роду *Diaptomus,* на його честь відомий французький зоолог Ж. Рішар назвав один із уперше ним описаних таксонів *Diaptomus Wierzejskii* (Richard, 1888).

Уперше описання цього виду подане у 1888 році в роботі «Нові та маловідомі нижчі ракоподібні», опублікованій у «Віснику зоологічного товариства Франції» (рис. 7, 8) [42]. Цей таксон нині валідний і також зареєстрований у фауні України в межах підродини *Diaptominae* [18].



SÉANCE DU 28 FÉVRIER 1888 43

ENTOMOSTRACÉS NOUVEAUX OU PEU CONNUS

Par J. RICHARD.

Depuis la publication de ma *Liste des Cladocères et des Copépodes d'eau douce observés en France* (1), j'ai eu l'occasion d'examiner un grand nombre d'Entomostracés de provenances diverses. Cette note ne se rapporte qu'aux espèces les plus intéressantes de celles que j'ai pu avoir entre les mains ; en voici les descriptions.

POPPELLA GUERNEI n. gen. et n. sp. CALANIDARUM.

Corpus elongatum. Cephalothorax segmentis compositus 6, supra visus elongato-ovatus, latitudine maxima fere in medio sita, antice ac postice attenuatus. Caput annulum unicum præbens. Segmentum thoracis ultimum parvum, neque ad latera exstans, in mare et femina

Рис. 7. Титульна сторінка публікації Ж. Рішара "Entomostráces nouveaux ou peu connus", в якій описано Diaptomus Wierzejskii (Richard, 1888) [42]

Ми подаємо синоніміку цього таксону з урахуванням матеріалів [**12**]:

***Arctodiaptomus* (*Arctodiaptomus*) *wierzejskii* (Richard, 1888)**

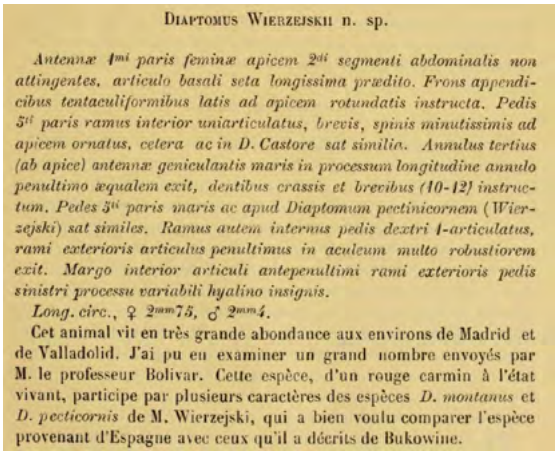
Diaptomus Wierzejskii (Richard, 1888)

Diaptomus serricornis (Lilljeborg, 1888)

Diaptomus wierzejskii (Schmeil, 1896)

Arctodiaptomus Wierzejskii (Kiefer, 1932)

Arctodiaptomus wierzejskii (Rylov, 1935; Damian-Georgescu,1966).



DIAPTOMUS WIERZEJSKII n. sp.

Antennæ 1mi paris feminæ apicem 2di segmenti abdominalis non attingentes, articulo basali seta longissima prædito. Frons appendicibus tentaculiformibus latis ad apicem rotundatis instructa. Pedis 5ti paris ramus interior uniarticulatus, brevis, spinis minutissimis ad apicem ornatus, cetera ac in D. Castore sat similia. Annulus tertius (ab apice) antennæ geniculantis maris in processum longitudine annulo penultimo æqualem exit, dentibus crassis et brevibus (10-12) instructum. Pedes 5ti paris maris ac apud Diaptomum pectinicornem (Wierzejski) sat similes. Ramus autem internus pedis dextri 1-articulatus, rami exterioris articulus penultimus in aculeum multo robustiorem exit. Margo interior articuli antepenultimi rami exterioris pedis sinistri processu variabili hyalino insignis.

Long. circ., ♀ 2mm75, ♂ 2mm4.

Cet animal vit en très grande abondance aux environs de Madrid et de Valladolid. J'ai pu en examiner un grand nombre envoyés par M. le professeur Bolivar. Cette espèce, d'un rouge carmin à l'état vivant, participe par plusieurs caractères des espèces *D. montanus* et *D. pecticornis* de M. Wierzejski, qui a bien voulu comparer l'espèce provenant d'Espagne avec ceux qu'il a décrits de Bukowine.

Рис. 8. Фрагмент публікації Ж. Рішара "Entomostráces nouveaux ou peu connus" з описом Diaptomus Wierzejskii (Richard, 1888) [42]

Головні висновки. Отже, рід *Diaptomus* Галичини, за матеріалами А. Вежейського, представлений дев'ятьма таксонами, зокрема цей науковець описав три нових для науки таксони роду *Diaptomus*, які з урахуванням синоніміки й нині валідні. Ці описані нові для науки таксони зареєстровані нині у фауні України і складають 11% у родині *Diaptominae*.

З урахуванням сучасних досліджень у царині таксономії види, описані А. Вежейським, мають такий таксономічний статус:

– *Diaptomus denticornis* (Wierzejski, 1887) – *Acanthodiaptomus denticornis* (Wierzejski, 1887);

– *Diaptomus pectinicornis* (Wierzejski, 1887) – *Arctodiaptomus* (*Arctodiaptomus*) *pectinicornis* (Wierzejski, 1887);

– *Diaptomus tatricus* (Wierzejski, 1883) – *Mixodiaptomus tatricus* (Wierzejski, 1883).

На честь А. Вежейського Ж. Рішар назвав один із уперше ним описаних таксонів *Diaptomus Wierzejskii* (Richard, 1888), який нині має таксономічний статус *Arctodiaptomus* (*Arctodiaptomus*) *wierzejskii* (Richard, 1888). Цей вид також зареєстрований у фауні України в межах підродини *Diaptominae*.

Відомості, отримані А. Вежейським, мають важливе значення для сучасних досліджень, спрямованих на вивчення історії розвитку зоологічної науки, систематики, таксономії роду *Diaptomus*, які й донині на теренах Галичини лишаються не досить дослідженими.

Перспективи використання результатів дослідження. З огляду на сучасні дослідження зоопланктоценозів заходу України дослідження А. Вежейського не втрачають своєї актуальності [5; 19; 20]. Матеріали, отримані А. Вежейським, потребують ретельного аналізу з урахуванням сучасних досягнень у царині систематики й таксономії веслоногих раків. Вони є важливими для ретроспективного аналізу стану гідробіоценозів Галичини, визначення динаміки їхніх гідроекологічних характеристик протягом тривалого періоду часу.

Надалі доцільно провести систематичну ревізію таксонів, зареєстрованих А. Вежейським, з урахуванням змін у сучасній систематиці. Отримані результати дозволять провести реконструкцію стану гідробіоценозів попередніх періодів існування, встановити динаміку гідроекологічних змін, викликаних антропогенними та мікрокліматичними чинниками. Визначення спектрів таксономічних родів дозволить виділити певні регіональні закономірності, що обумовлюють головні риси структури гідробіоценозів різних територій. Порівняльна характеристика таких матеріалів із результатами сучасних досліджень дасть можливість установити рівень антропогенної трансформації довкілля.

Література

1. Іванець О.Р. Вільноживучі *Copepoda* (*Crustacea*, *Arthropoda*) прісноводних екосистем: перспективи та стратегія досліджень. *Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку:* матеріали наук. конф. (Шацьк, 6–9 вересня 2012 року). Львів, 2012. С. 24-28.
2. Іванець О.Р. Гарпактикоїди (*Copepoda, Harpacticoida*) як об'єкти моніторингу гідроекосистем. *Наукові читання пам'яті професора Ф.Й. Страутмана.* 7 березня 2013 року. Львів, 2013. С. 26-27.
3. Іванець О.Р. Гіллястовусі раки (*Cladocera*) Галичини в дослідженнях професора А. Вежейського. *Екологічні науки.* 2019. № 4 (27). С. 166-170. DOI: https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-25
4. Błędzki L.A., Rybak J.I. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe: *Cladocera* & *Copepoda (Calanoida*, *Cyclopoida*). Key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland. 2016. 918 p.
5. Kovalchuk A.A., Ivanets O.R. The impact of damming and water poundage on the formation and structure of zooplanktocoenoses in the conditions of rivers in the Ukrainian Roztocze (the "outer" or "chunk" Carpathians). *Issues and challenges of small hydropower development in the Carpathians region (hydrology, hydrochemistry, and hydrobiology of watercourses): Collective monograph.* Uzhgorod; L'viv; Kyiv: Biological Faculty of L'viv National University & Hydroecological society "Uzh", 2016. P. 138-151.
6. Krupa E., Aubakirova M. Checklist and Distribution of *Calanoida* (*Crustacea*: *Copepoda*) in Kazakhstan (Central Asia). *Water.* 2021.No 13. 2015. P. 1-4. https://doi.org/10.3390/w13152015.
7. Gaviria S. Los Copépodos (*Arthropoda*, *Crustacea*) de vida libre de las aguas continentales de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Sanate de Bogota.* 1994. Vol. 19 (73). P. 361-385.

8. Gaviria S. Checklist and distribution of the free-living copepods (*Arthropoda*: *Crustacea*) from Austria. *Annalen des Naturhistorischen . Museums in Wien. Serie B. Botanik und Zoologie.* 1998. Vol. 100. P. 539-594.
9. Suárez-Morales E., Elias-Gutiérrez M. On the taxonomical status of *Arctodiaptomus dampfi* Brehm (*Crustacea*: *Copepoda*: *Diaptomidae*) with comments on *A. dorsalis* (Marsh). *J. Limnol.* 2001. Vol. 60 (1). P. 11-18.
10. Villar-Argaiz M., Sterner R. Life history bottlenecks in *Diaptomus lavipes* induced by phosphorus-limited algae. *Limnol. Oceanogr.* 2002. Vol. 47(4). P. 1229-1233.
11. Hairston N.G. Jr. Photoprotection by carotenoid pigments in the copepod *Diaptomus nevadensis. Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 1976. Vol. 73, No 3. P. 971-974.
12. Bennike O. Fossil egg sacs of *Diaptomus* (*Crustaceae*: *Copepoda*) in Late Quaternary lake sediments. *Journal of Paleolimnology.* 1998. No 19. P. 77-79.
13. Mookkaiah G.J., Ravichandran R. Phylogenetic information of freshwater copepod (*Diaptomus sicilis*) with special reference to 18S rRNA. *International Journal of Biological Research*. 2016. No 4 (1). P. 25-28.
14. Santos-Silva E.N., Brandorff G.-O., Cavalcanti M.J. Distribution of European and African species of genus *Diaptomus* (*Copepoda*: *Calanoida*: *Diaptomidae*): a track analysis. *Nauplius.* 2018. Vol. 26, No 1-12. P. 1-17. DOI: 10.1590/2358-2936e2018028
15. Vecchioni L., Sala J., Arculeo M. Marrone F. On the occurrence of *Eudiaptomus gracilis* (G.O. Sars, 1863) (*Copepoda*: *Diaptomidae*) in Madeira (Portugal). *Limnetica*. 2020. Vol. 39(2). P. 571-578. DOI: 10.23818/limn.39.37
16. Marrone F., Ortega F., Mesquita-Joanes F., Guerrero F. On the Occurrence of *Metadiaptomus chevreuxi* (*Calanoida*, *Diaptomidae*, *Paradiaptominae*) in the Iberian Peninsula, With Notes on the Ecology and Distribution of its European Populations. *Water.* 2020. No 12. P. 1-16. Doi:10.3390/w12071989
17. Marrone F., Alfonso G., Naselli-Flores L., Stoch F. Diversity patterns and biogeography of *Diaptomidae* (*Copepoda*, *Calanoida*) in the Western Palearctic. Springer International Publishing Switzerland. *Hydrobiologia*. 2017. Vol.800. P. 45-60. DOI 10.1007/s10750-017-3216-1
18. Samchyshyna L. Faunistical Overview of Calanoid Copepods (*Crustacea*) from Continental Waters of Ukraine. *Vestnik zoologii*. 2011. Vol. 45(4). P. 9-15.
19. Ivanets O.R. Zooplankton of the water vegetation in the ponds of west forest-steppe of Ukraine. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.* 2011. Вип. 56. С. 148-156.
20. Ivanets O.R. The fauna of *Rotatoria* and microcrustaceans (*Cladocera*, *Copepoda*) of the Ukrainian Roztocze and its surroundings. *Development of natural sciences in countries of the European Union taking into account the challenges of XXI century: Collective monograph.* Lublin: Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2018. P. 183-196.
21. Іванець О.Р. А. Вежейський – фундатор ротаторіологічних досліджень на теренах Галичини. *Матеріали першої міжнародної науково-практичної конференції «Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень»,* 10-12 квітня 2014 р. Хотин. Чернівці: Друк Арт, 2014. С. 352-355.
22. Іванець О.Р. Гідробіологічні дослідження А. Вежейського на теренах Карпат. *Матеріали наукової конференції, присвяченої 60-річчю Високогірного біологічного стаціонару Львівського національного університету імені Івана Франка*. Львів, 27-30 липня 2015 р. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2015. С. 78-80.
23. Іванець О.Р. Родина *Daphniidae* Straus, 1820 у видовій структурі кладоцероценозів Галичини за матеріалами досліджень професора А. Вежейського. *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів: Збірник матеріалів VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України, присвяченого 110–річчю заснування Дніпровської біологічної станції*. Київ, 2019а. С. 40-43.
24. Ivanets O.R. *Cyclopidae* (*Crustacea* : *Copepoda*) Family in the researches of professor A. Wierzejski on the territory of Galicia. *Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 4th International scientific and practical conference*. Liverpool, United Kingdom: Cognum Publishing House, 2019б. P. 819-822.
25. Fedorowicz Z. Antoni Wierzejski (1843–1916). *Memorabilia Zoologica*. Wrocław–Warszawa–Kraków: Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich. Wydawnictwo PAN. 1970. 82 s.
26. Wierzejski A. O faunie jezior tatrzańskich. *Pamiętn. Tow. Tatrzańsk*., T. VI. 1881. S. 99-110.
27. Wierzejski A. Zarys fauny stawów tatrzańskich. *Pamiętn. Tow. Tatrzańsk*., T. VIII. 1883. S. 95-125.
28. Wierzejski A. O krajowych skorupiakach z rodziny *Calanoidae*. *Rozprawy i sprawozdania z posiedzeń Wydziału Matematyczno Przyrodniczego Akademii Umiejętnosci.* Kraków. 1887. Tab. III–IV. No 16. S. 232-244.
29. Wierzejski A. Liste des Rotiferes observes en Galicie (Autriche-Hongrie). *Bull. soc. zool. France.* 1891. No 16. P. 49-52.
30. Wierzejski A. Zur Kenntnis der Asplanchna-Arten. *Zool. Anz*. Bd. 1892. No 15. S. 345-349.
31. Wierzejski A., Zacharias O. Neue Rotatorien des Süβwassers. *Zeitschr. f. wiss. Zool*. Bd. 1893a. Vol.56. S. 236-244.
32. Wierzejski A. *Atrochus tentaculatus* nov. gen. et sp. Ein Rädertier ohne Räderorgan. *Zeitschr. f. wiss. Zool*. 1893b. Bd. 55. S. 696-712.
33. Wierzejski A. *Rotatoria* (wrotki) Galicyi. Kraków: Akademia Umiejętności. Druk Uniw. Jag, 1893. 112 s.
34. Wierzejski A. Übersicht der Crustaceen-Fauna Galiziens. *Bull. int. Acad. Sc. Cracovie. Ann*. 1895. S. 170-178.
35. Wierzejski A. Przegląd fauny skorupiaków galicyjskich. *Sprawozd. Kom. Fiz. Akad. Umiej. w Krakowie.* 1896. T. XXXI. S. 160-215.
36. Іванець О.Р. Зоопланктон водойм мішано лісових екосистем малого Полісся. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.* 2002. Вип. 28. С. 211-217.
37. Іванець О.Р. Динаміка популяцій планктонних організмів у антропогенно трансформованих гідроекосистемах. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.* 2003. Вип. 32. С. 157-164.
38. Einsle U. *Crustacea*: *Copepoda*: *Calanoida* und *Cyclopoida*. *Sübwasserfauna von Mitteleuropa*. 8/4–1. Stuttgart. Gustav Fischer Verlag: 1993. 209 s.
39. Kiefer F. Das Zooplankton der Binnengewässer, 2 Teil: Freilebende *Cop-epoda. Die Binnengewässer*. 1978. Vol. 26. S. 1-343.
40. Рылов В.М. Пресноводные *Calanoida* СССР. *Определители организмов пресных вод СССР. Пресноводная фауна.* Вып. 1. Ленинград: Ин-т рыбного хозяйства и промысловых исследований. 1930. 288 с.
41. Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С. Определитель *Calanoida* пресных вод СССР. Ленинград: Наука, 1991. 504 с.
42. Richard J. Entomostráces nouveaux ou peu connus. Bulletin de la Société Zoologique de France. 1888. Vol.13 (1). P. 43-48.

УДК 634.662:5812.165
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.27

ЗВ'ЯЗОК БІОМОРФОЛОГІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗИЗИФУСУ СПРАВЖНЬОГО (*ZIZYPHUS JUJUBA* MILL.) ЗА ВЕГЕТАТИВНОГО РОЗМНОЖЕННЯ ЩИТКОМ ВПРИКЛАД В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

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

Показано *Zizyphus jujuba* Mill. як полікарпну рослину, котра успішно пройшла інтродукційне випробування, утворює їстівні плоди, які споживаються свіжими та у вигляді продуктів їх переробки. Підкреслено, що через трансформацію в атмосфері Землі, а саме аридизацію клімату, інтродукція цього ксерофіту має винятково важливе наукове та економічне значення для процесу коригування переліку вирощуваних у лісостеповій зоні України плодових культур на користь посухо- та жаростійких видів.

Суттєво гальмує поширення культиварів *Z. jujuba* в лісостеповій зоні України складність отримання місцевого господарсько-цінного посадкового матеріалу, тому вид упроваджується локально як аматорська культура почасти завезеними з Південних областей України саджанцями, не адаптованими до нових умов вирощування. Насіння крупноплідних сортів і форм *Z. jujuba* практично не дає сходів, через що розмножувати культивари слід лише вегетативно щепленням або вирощувати нові рослини з частини вегетативного органу материнської особини.

Зазначено, що *Z. jujuba* має своєрідну біоморфологічну та екологічну організацію, їх зв'язок має бути врахований за вегетативного розмноження виду у кліматичних умовах Лісостепу України.

Відмічено, що під час виконання окулірування в якості підщепи використовують сіянці дрібноплідних форм *Z. jujuba*, вирощених у лісостеповій агрокліматичній зоні України, оскільки вони характеризуються високими адаптивними властивостями.

Встановлено, що під час розмноження культиварів *Z. jujuba* з-поміж відомих способів перевагу слід надавати способу щеплення окуліруванням щитком вприклад, виконаному навесні та вдосконаленому. Суть удосконалення полягає в окуліруванні рослин *Z. jujuba* двома щитками вприклад в один надріз, що включає виконання на підщепі надрізу, зріз двох щитків із пагона або живця і прикладання в один надріз двох паралельно розміщених щитка. Як показує практика, вдосконалений спосіб підвищує вихід окулянтів. *Ключові слова: Zizyphus jujuba*, щеплення, окулірування, брунька, щиток, камбій.

Connection of biomorphological and ecological features *Zizyphus jujuba* Mill. during vegetative reproduction by shield for example in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. Krasovsky V.

Zizyphus jujuba Mill. is represented as a polycarp plant that has successfully passed the introduction test, forms edible fruits that are consumed fresh and in the form of products of their processing. It is emphasized that due to the transformation in the Earth's atmosphere, namely climate aridization, the introduction of this xerophyte is extremely important scientifically and economically important for the process of adjusting the list of fruit crops grown in the forest-steppe zone of Ukraine in favor of more thermophilic and drought-resistant.

The distribution of *Z. jujuba* cultivars in the forest-steppe zone of Ukraine is significantly hampered by the difficulty of obtaining local economically valuable planting material, so the species is introduced as an amateur crop and partly imported from the southern regions of Ukraine seedlings not adapted to new growth conditions. Seeds of large-fruited varieties and forms of *Z. jujuba* do not germinate, so they should be propagated only vegetatively: by grafting, ie merging of one plant with another or growing a new plant from part of the vegetative organ of the mother, for example by rooting green or woody cuttings.

It is noted that *Z. jujuba* has a peculiar biomorphological and ecological organization and their connection should be taken into account in the vegetative reproduction of the species in the climatic conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

It was found that when propagating cultivars of *Z. jujuba* among the known methods, preference should be given to the method of grafting by budding with a shield, for example, made in the spring and which is improved.

The essence of improvement is the budding of plants *Z. jujuba* two shields for example in one incision, and as practice shows increases the yield of occultists. *Key words: Zizyphus jujuba*, vaccination, budding, bud, shield, cambium.

Постановка проблеми. Розмноження інтродукованих субтропічних плодових культур у нових умовах вирощування є джерелом розширення асортименту плодів як харчового продукту, так і лікарської сировини, оскільки плоди та інші частини їх мають профілактичну та лікувальну дію [1; 2].

До нових плодових культур Лісостепу України належить зизифус справжній (*Zizyphus jujuba* Mill.) – полікарпна рослина, котра успішно пройшла інтродукційне випробування, утворює їстівні плоди, які споживають свіжими та у вигляді продуктів переробки. Через трансформацію в атмосфері Землі, а саме прояви аридизації клімату, інтродукція цього ксерофіту має винятково важливе наукове та економічне значення для процесу коригування переліку вирощуваних у лісостеповій зоні України плодових культур на користь посухо- та жаростійких видів.

Суттєво гальмує поширення культиварів *Z. jujuba* у лісостеповій зоні України складність отримання місцевого господарсько-цінного посадкового матеріалу, через що вид упроваджується локально як аматорська культура почасти завезеними з Південних областей України саджанцями, не адаптованими до нових умов вирощування. Насіння крупноплідних сортів і форм *Z. jujuba* практично не дає сходів через недорозвинений ендосперм, тому розмножувати культивари слід лише вегетативно: щепленням (тобто зрощенням частини однієї рослини з іншою) або вирощування нових рослин із частини вегетативного органу материнських форм завдяки вкоріненню зелених або здерев'янілих живців.

Варто зазначити, що вид *Z. jujuba* дуже відрізняється від типових плодових культур Лісостепу України, таких як яблуня домашня (*Malus domestica* Borkh.), груша звичайна (*Pyrus communis* L.), абрикоса звичайна (*Prunus armeniaca* L.), слива домашня (*Prunus domestica* L.), вишня звичайна (*Prunus cerasus* L.), черешня (*Prunus avium* (L.) L.) за своїми зовнішніми формами та зв'язками з навколишнім середовищем [3; 4; 5]. Найбільш характерними відмінностями є своєрідне пагоноутворення *Z. jujuba* з нерозвиненими бруньками і досить пізній початок вегетаційного періоду, котрий за фенологічними спостереженнями співпадає з початком фази цвітіння *M. domestica*. Рослина *Z. jujuba* стійка до вірусних і грибкових хвороб, не вражається комахами-шкідниками. В окремі роки молоді рослини *Z. jujuba* можуть страждати від низьких зимових температур і навіть вимерзати до кореневої шийки, але за рахунок регенерації швидко відновлюються. Отже, *Z. jujuba* має своєрідну біоморфологічну та екологічну організацію, їх зв'язок має бути врахований під час вегетативного розмноження виду у кліматичних умовах Лісостепу України.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тема дослідження прямо пов'язана із плановою тематикою науково-дослідних робіт сектору акліматизації плодових, ягідних та лікарських культур Хорольського ботанічного саду, а саме інтродукцією й акліматизацією екологічно пластичних та економічно важливих субтропічних плодових культур, із їхнім поширенням у Лісостепу України.

Результати проведених досліджень можуть застосовуватися у практиці виробництва посадкового матеріалу *Z. jujuba* з підвищеним виходом окулянтів за одночасного зниження їх собівартості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що вегетативне розмноження рослин як один із способів нестатевого розмноження може здійснюватися природним шляхом. Усі природні способи вегетативного розмноження можуть застосовуватися під час штучного розмноження рослин. У плодівництві штучне вегетативне розмноження рослин передбачає збільшення кількості форм культиварів, а саме груп культурних рослин, які внаслідок селекції отримали певний набір корисних ознак і відрізняються від інших рослин того ж самого виду. Водночас зберігаються всі властивості материнської культурної рослини, що дуже важливо, оскільки в разі насіннєвого розмноження спеціально виведені селекцією ознаки можуть бути втрачені.

Доведено, що більшість плодових культур розмножують живцюванням – частинами кореня або стебла. Після відділення частини вегетативного тіла рослина деякий час живе самостійно, а потім за рахунок регенерації відновлює організм або втрачені його частини. Зокрема, після зрізування пагона на раневому кінці його спочатку з'являється плівка, яка затягує рану. Пізніше під плівкою утворюється корок, який остаточно закриває зріз. Під захистом корка, що утворився, за рахунок живих клітин у місцях зрізу формується калюс. Унаслідок подальшої диференціації у калюсі закладається камбій, який утворює комплекс тканин, зокрема й додаткові корені. Варто зазначити, що за рахунок відповідної агротехніки можна пришвидшити природний процес укорінення живців. До штучного вегетативного розмноження належить розмноження відсадками. Для цього гілки материнської рослини нагинають і прикопують, через деякий час на прикопаній частині рослини утворюються корені.

У практиці плодівництва досить поширеним способом штучного вегетативного розмноження є щеплення або трансплантація, яка природним шляхом не може здійснитися. Під час щеплення бруньку з частиною прилеглої до неї кори у вигляді щитка або частину стебла у вигляді живця однієї рослини (прищепи) переносять на іншу рослину – підщепу, яка має кореневу систему. Поєднані певним способом частини приживаються, утворюючи новий єдиний організм зі спільним метаболізмом [6; 7], адже між ними відбувається взаємний обмін речовинами, зокрема прищепа забезпечує кореневу систему продуктами асиміляції, а коренева система, зі свого боку, поставляє прищепі елементи мінерального живлення та органічні сполуки, які в ній синтезуються. Під час зрощення біологічно сумісних прищепи та підщепи виділяють такі фази [8]:

1 – виливання протоплазми з перерізаних клітин на поверхню рани;

2 – дедиференціація, ріст і поділ клітин приранових шарів;

3 – злипання оболонок суміжних клітин;

4 – зрощення злиплих оболонок клітин підщепи і прищепи;

5 – диференціація клітин тканин зрощення, завершення формування цілісності всіх тканин прищепленого організму.

Враховуючи те, що у тканинах кореня відбуваються важливі процеси метаболізму, специфічні для підщепи, ймовірно, що рослина, отримана шляхом щеплення, не може бути абсолютно тотожною материнській рослині прищепи, однак вплив кореня підщепи на пагонову систему прищепи зазвичай не настільки сильний, щоб суттєво змінити її госпо-

дарські якості. Отже, щеплення – це найпоширеніший у садівництві спосіб розмноження культивару з максимальним збереженням усіх його якостей, які можуть втрачатися під час розмноження насінням через широкий спектр розщеплення за основними господарсько-корисними ознаками.

Нині відомо багато способів щеплення плодових культур, досвід застосування яких накопичений століттями. Серед них досить відомі щеплення живцем за кору з шипом, вприклад, в розщіп, містком тощо. Спосіб щеплення копулюванням застосовують за однакової товщини прищепи і підщепи. Найпоширенішим способом щеплення є окулірування – перенесення сплячої бруньки з пагона або живця рослини, що розмножується, на підщепу з подальшим їх зрощенням. У прищепи-культивару зрізують вегетативну бруньку зі смужкою кори із прилеглим до неї камбієм і тонким шаром деревини або без неї. На підщепі роблять відповідні надрізи, потім трансплантанти з'єднують так, щоб їх камбіальні шари щільно прилягали один до одного. Для щільної фіксації та запобігання висиханню прищепи місце з'єднання огортають спеціальною стрічкою [2]. Якщо зрощення тканин відбулося і встановився зв'язок провідних судин підщепи і прищепи, то нова щеплена рослина розвивається надалі, утворюючи систему пагонів виключно за рахунок підщепи.

Важливе значення у плодівництві мають такі способи щеплення: окулірування (щеплення в Т-подібний розріз сплячою або проростаючою брунькою), щеплення вприклад і дудкою-манжетом; останнє використовується для окремих видів, а саме горіха волоського (*Juglans regia* L.) та бузку звичайного (*Syringa vulgaris* L.).

Виконують щеплення під час активного сокоруху, коли кора легко відділяється від деревини. Активний сокорух відбувається навесні під час розпускання листя або влітку (третя декада липня – перша декада серпня). У разі весняного окулірування прищеплюють бруньку, що утворилася в попередньому році, тоді в поточному вона розпуститься і дасть приріст; окремі види зацвітуть і зав'яжуть плоди.

Відсоток приживання прищеп залежить від низки факторів, серед яких є біотичні, абіотичні й технологічні. До біотичних факторів належить сумісність підщепи і прищепи, до абіотичних – погодні умови та полив рослин, проте біохімічна відповідь рослини на полив є біотичним фактором. До технологічних факторів відносять способи щеплення і процес їх виконання, адже щеплення є проявом творчого процесу, який потребує особливих знань і практичних навичок із науковим обгрунтуванням. Наприклад, чим швидше будуть приєднані зрізані частини рослин, тим менше вологи вони втратять, не підсохнуть і з більшою ймовірністю зростуться.

Нашими дослідженнями встановлено, що під час розмноження культиварів *Z. jujuba* з-поміж відомих способів [9-14] перевагу слід надавати способу щеплення окулірованням щитком вприклад, виконаному навесні. Варто зазначити, що під час подальших досліджень цього способу розмноження *Z. jujuba* ми виявили деяку залежність морфологічних особливостей виду та прийому виконання окулірування, яка певною мірою впливає на приживання щитка і проростання бруньки. Виявлена залежність дозволила вдосконалити вищезазначений спосіб щеплення, суть якого полягає в огортанні еластичною стрічкою щитка у два прийоми, що запобігає підсиханню бруньки та відшаровуванню щитка [15].

Незважаючи на чималу кількість виданих навчальних посібників та опублікованих наукових праць, все ще бракує найбільш досконалих способів щеплення окремих видів плодових культур, серед яких і зизифус справжній.

Виклад основного матеріалу. Під час виконання окулірування в якості підщепи використовують сіянці дрібноплідних форм *Z. jujuba*, вирощених у лісостеповій агрокліматичній зоні України, оскільки вони характеризуються високими адаптивними властивостями.

За нашим переконанням, окулірування необхідно виконувати в кореневу шийку рослини, навіть нижче її, розгорнувши грунт пристовбурного круга. Це важливо, оскільки *Z. jujuba* в Лісостепу України є ще ризикованою культурою, в окремі роки внаслідок вимерзання молодих рослин до кореневої шийки регенерація з великою ймовірністю розпочинається з тканин прищепи. Тому під час посадки саджанців місце щеплення заглиблюють у грунт.

Варто зазначити, що в рослин *Z. jujuba* окулірування щитком вприклад виконати технічно легше на дворічних сіянцях, проте вихід таких окулянтів низький. Пояснюється це тим, що молоді субтропічні рослини *Z. jujuba* в зимовий період пригнічуються низькими температурами, вегетацію розпочинають з послабленою енергією росту, що врешті-решт позначається на виході окулянтів. Отже, для збільшення виходу окулянтів раціональним є використання трирічних, навіть і старших за віком сіянців. Проте діаметр прикореневої шийки в таких сіянців не співмірний із прищепою, адже перевищує принаймні в кілька разів діаметр однорічних пагонів прищепи, тобто пагонів, з яких можлива заготівля щитків із глибоко сплячими бруньками. У такому випадку під час виконання окулірування ширина надрізу на підщепі значно перевищує ширину самого щитка, внаслідок чого в разі виконаного окулірування одним щитком частина ксилеми за шириною надрізу підщепи залишається не закритою. Це пояснюється тим, що сам вузький щиток необхідно ще й зсунути в один бік надрізу задля суміщення камбіальних шарів флоеми підщепи і прищепи.

З урахуванням біоморфологічних та екологічних особливостей *Z. Jujuba* нами вдосконалено відомий спосіб окулірування щитком вприклад, який вирішує проблему закриття ксилеми за шириною надрізу кори на підщепі, за що отримали патент України на корисну модель [16].

В основу корисної моделі, крім зазначеного, поставлене завдання розробити такий спосіб окулірування рослин *Z. jujuba*, за якого можна підвищити відсоток виходу окулянтів, не збільшуючи кількість окулірувань на цій підщепі.

Поставлене завдання вирішується запропонованим нами способом окулірування рослин *Z. jujuba* двома щитками вприклад в один надріз, що включає виконання на підщепі надрізу, зріз двох щитків із пагона або живця, прикладання в один надріз двох паралельно розміщених щитка. У випадку приживлення обох щитків залишають той, що має потужніший ріст.

На рис. 1 представлена прикоренева шийка підщепи з надрізом кори та прикладені за язичок два щитка із глибоко сплячою брунькою за умови суміщення камбіальних шарів підщепи і прищепи.

Огортання прищепи здійснюють раніше запропонованим нами способом у два прийоми: спочатку здійснюють суцільне огортання, що запобігає підсиханню бруньок; після часткового приживлення щитків бруньки обмотку обминають, що запобігає відшаровуванню щитків і не заважає проростанню бруньок. Запропонований спосіб щеплення окулірованням рослин *Z. jujuba* двома щитками вприклад в один надріз, який підвищує вихід окулянтів, перевірено на практиці в розсаднику Хорольського ботанічного саду.

Головні висновки. Нині клімат Лісостепу України дозволяє культивувати у цій зоні низку видів субтропічних плодових культур, зокрема зизифус справжній. Культивування зизифусу справжнього в лісостеповій зоні України має велике наукове і практичне значення, зумовлене харчовою і лікувальною цінністю плодів. Окрім того, вид має високий ступінь посухо- та жаростійкості, не пошкоджується шкідниками і хворобами.

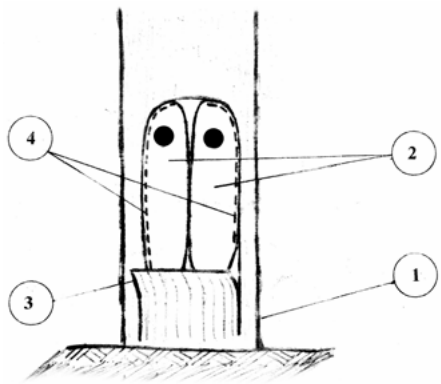


Рис. 1. Щеплення зизифусу справжнього способом окулірування двома щитками вприклад в один надріз: 1 – прикоренева шийка сіянця; 2 – щитки з глибоко сплячими бруньками; 3 – язичок надрізу; 4 – лінія суміщення камбіальних шарів підщепи і прищепи

З урахуванням того, що лише за вегетативного розмноження культивару потомство успадковує ознаки і властивості материнської рослини, вдосконалення відомого способу щеплення плодових культур дає можливість збільшити в конкретних місцевих агрокліматичних умовах виробництво саджанців *Z. jujuba*. Таке вдосконалення грунтується на біоморфологічних та екологічних особливостях виду.

Література

1. Шайтан И. М., Мороз П. А., Клименко С. В. Интродукция и селекция южных и новых плодовых растений. Київ: Наукова думка, 1983. 216 с.
2. Збереження та збагачення рослинних ресурсів шляхом інтродукції, селекції та біотехнології : монографія / Черевченко Т. М., Рахметов та ін. ; за ред. Т. М. Черевченко. Київ : Фітосоціоцентр, 2012. 432 с.
3. Настас Г. В. Зизифус. *Малораспространенные плодово-ягодные растения.* Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1987. С. 5-80.
4. Цитрусові та субтропічні плодові культури / Чебан С. Д., Долід А. В., Сіленко В. О., Чередниченко Л. І. Камянець-Подільський, 2013. 198 с.
5. Ашуров А. А. О некоторых анатомо–морфологических особенностях побегов челона. *Ботанический журнал*. 1967. Вып. 1(6). С. 62-73.
6. Стеблянко М. І., Гончарова К. Д., Закорко Н. Г. Анатомія і морфологія рослин : навч. посіб. Київ: Вища школа, 1995. 384 с.
7. Ботаника. Морфология и анатомия растений : учеб. пособие. / А. Е. Васильев и др. Москва: Просвещение, 1988. 480 с.
8. Мороз О. С. Конспект лекцій з дисципліни «Плодівництво» для студентів напряму підготовки 6.090101 «Агрономія» заочної форми навчання. Рівне : НУВГП, 2015. 82 с.
9. Довбиш Н. Ф. Розмноження малопоширених в Донбасі плодово-ягідних рослин стебловими живцями. *Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку* : збірник матеріалів III Міжнар. конф. Донецьк : Б.в., 1998. С. 190-191.
10. Иванова Р. Б. Технология выращивания посадочного материала крупноплодных сортов унаби. *Труды НИИ им. акад. Шредера*. Ташкент, 1976. Вып. 37. С. 107-116.
11. Массовер Б. Л. Унаби. Окулировка. *Садоводство*. 1974. № 11. С. 42-43.
12. Настас Г. В. Рекомендации по размножению зизифуса (унаби) в Молдавии. Кишинев: Молд. НИИ плодоводства НПО Кодру, 1985. 28 с.
13. Синько Л. Т. Основные способы размножения зизифуса: методические указания. Ялта: ГНБС, 1973. 22 с.
14. Щербакова Л. Т., Куликов Г. В. Вегетативное размножение зизифуса в искусственном тумане. *Субтропические культуры.* 1972. № 1. С. 94-98.
15. Спосіб окулірування рослин унабі (*Zizyphus jujuba* Mill.) щитком вприклад з обмоткою еластичною стрічкою у два прийоми : пат. 144823 Україна : МПК (2020.01), A01G 7/00, № a 201206747; заявл. 01.06.2020; опубл. 26.10.2020; Бюл. № 20. 2 с.
16. Спосіб окулірування рослин унабі (*Zizyphus jujuba* Mill.) двома щитками вприклад у один надріз : пат. 90235 Україна : МПК (2012.01), A01G 7/00, № a 2012 06747; заявл. 01.06.2012; опубл. 26.05.2014 ; Бюл. № 10. 2 с.

УДК 598.293.1
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.28

СИНАНТРОПІЗАЦІЯ КРУКА *CORVUS CORAX* У РЕГІОНІ ВЕРХНЬОГО ПОБУЖЖЯ

Новак В.В.
Комунальний заклад вищої освіти «Барський гуманітарно-педагогічний коледж імені Михайла Грушевського»
майд. Грушевського, 1, 23000, м. Бар, Вінницька область
novakvova@ukr.net

У представленій статті охарактеризовано особливості синантропізації крука в регіоні Верхнього Побужжя за період 1990–2020 роки. За цей період обстежено 122 гнізда крука і прослідковано 291 випадок гніздування. У період 1990–2000 р. простежено 58 випадків гніздування, у 2001–2010 р. – 81, у 2011–2020 р. – 153. Встановлено, що кількість випадків гніздування виду в населених пунктах у 1990–2000 рр. становила 17,2%, у 2001–2010 рр. – 33,3%, у 2010–2020 рр. – 35,3%. Починаючи з 1991 року, спостерігається використання круками в якості опори для гнізда бетонних і металевих опор ЛЕП. Щорічно кількість таких гнізд збільшується. Саме гнізда на опорах круки використовують десятки років поспіль. Найстаріше з них розташоване на околиці с. Голосків Хмельницького району та використовується птахами 25 років. Нині понад 52% металевих опор ЛЕП у регіоні використовуються круками як опори для гнізд. У період 1990–2000 р. на них припадало 41,4% випадків гніздування виду, у 2001–2010 рр. – 49,4%, у 2010–2020 рр. – 58,2%. За досліджуваний період відсоток гніздувань крука в лісах знизився з 20,7% до 11,1%. Аналіз виявлених гнізд крука (n=122) показав, що птахи в якості опори для гнізда використовують 13 видів дерев, 2 типи опор ЛЕП та, зрідка, діючі й напівзруйновані культові споруди, гранітні скелі кар'єрів. Найчастіше для будівництва гнізда птахи використовують металеву опору ЛЕП (23,8%), осокір (18%), клен звичайний (9%) і дуб звичайний (8,2%). Середня висота розташування гнізд на деревах – 12,6 м; якщо врахувати й інші види гніздових опор, то вона становить 14,9 м. Нині щільність круків у гніздовий сезон у регіоні становить 0,1 пар/км^2. У сільських населених пунктах у різні сезони року щільність виду становить: влітку – 0,34 особин/км^2, восени – 0,69 особин/км^2, взимку – 0,86 особин/км^2, навесні – 0,56 особин/км^2. У процесі синантропізації у круків з'явилися нові адаптації у гніздовій і кормопошуковій поведінці, терпимості до присутності людини. *Ключові слова:* крук, гніздування, синантропізація, Верхнє Побужжя.

Synanthropization of raven *Corvus corax* in the region Verkhnie Pobuzhzhia. Novak V.
The presented article describes the peculiarities of raven synanthropization in the Verkhnie Pobuzhzhia region for the period 1990–2020. During this period, 122 nests of raven were inspected and 291 cases of nesting were followed. In the period 1990–2000 58 cases of nesting were traced, in 2001–2010 – 81, in 2011–2020 – 153. It is established that the number of cases of nesting of the species in settlements in 1990–2000 was 17.2%, in 2001–2010 – 33.3%, in 2010–2020 – 35.3%. Since 1991, the use as supports for the nest of concrete and metal supports of power lines has been observed. Every year such nests become more and more. It is the nests on the supports that raven have been using for decades. The oldest of them is located on the outskirts of the village of Goloskiv, Khmelnytsky district and has been used by birds for 25 years. Today, more than 52% of metal transmission line supports in the region are used by raven as nests supports. In the period 1990–2000, they accounted for 41.4% of cases of nesting of the species, in 2001–2010 – 49.4%, in 2010–2020 – 58.2%. During the study period, the percentage of raven nesting in forests decreased from 20.7% to 11.1%. Analysis of the detected nests raven (n = 122) showed that birds use 13 species of trees, 2 types of transmission line towers and, occasionally, existing and dilapidated religious buildings, granite quarries as quarters for the nest. Most often, birds use a metal transmission line (23.8%), black poplar (18%), common maple (9%) and common oak (8.2%) to build a nest. On average, nests on trees are located at a height of 12.6 m, and if we take into account other types of nesting supports, it is – 14.9 m. Today, the density of raven in the nesting season in the region is 0.1 pairs/km^2. In villages in different seasons of the year the density of the species is: 0.34 os/km^2 in summer, 0.69 os/km^2 in autumn, 0.86 os/km^2 in winter, 0.56 os/km^2 in spring. In the process of synanthropization, raven have new adaptations in nesting and foraging behaviour, tolerance for human presence. *Key words:* raven, nesting, synanthropization, Verkhnie Pobuzhzhia.

Постановка проблеми. Активна антропогенна трансформація природного середовища призвела до того, що швидкими темпами ми втрачаємо біологічне та ландшафтне різноманіття, і перед людством постає завдання його збереження. Тому приймаються спеціальні закони, програми, розробляються заходи, спрямовані на збереження видів [19; 29]. Насамперед це допомагає зберегти рідкісні види. Водночас деякі види самостійно адаптуються до мінливого середовища задля виживання [2]. Одним із таких адаптаційних рятівних для тварин процесів є синантропізація. Цей процес для окремих видів проходить із різною швидкістю: одні види синантропізуються швидше, інші – повільніше. Одним із видів птахів, у котрого ще триває процес синантропізації, є крук *Corvus corax*. Аналізуючи особливості гніздування крука в регіоні Верхнього Побужжя за останні 30 років, ми поставили за мету з'ясувати особливості його синантропізації у регіоні та фактори, які цьому сприяють.

Актуальність досліджень. Регіон Верхнього Побужжя охоплює верхню частину басейну р. Південний Буг у межах Вінницької (західніше м. Вінниця) та Хмельницької областей (центральна частина області). Ще до середини XIX століття

більша частина регіону була вкрита широколистяними лісами, які активно стали вирізати після появи залізниці на ділянці Жмеринка-Проскурів [4]. Нині лісистість регіону становить близько 20%. Окрім того, з кінця 1940-х років на місцевих полях з'явилася широка мережа лісосмуг. Такі зміни, очевидно, створили сприятливі умови для росту чисельності крука та початку процесу його синантропізації. Незважаючи на досить широке поширення виду в регіоні, його біологічні особливості і процес синантропізації залишаються не досить вивченими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Крук є осілим видом у регіоні Верхнього Побужжя [7; 13; 17]. Ще в першій половині XX століття ці птахи населяли тільки лісові масиви регіону, лише зрідка з'являючись на полях поблизу сіл під час живлення [4; 18; 26]. Із другої половини XX століття спостерігається помітний ріст чисельності виду в Україні, особливо з початку 1970-х років [14; 28]. Саме в 1970-х роках у регіоні були встановлені бетонні та металеві опори для магістральних високовольтних ЛЕП, у місцевих колгоспах на околицях сіл збудовані об'єднані тваринницькі комплекси (до того часу невеликі приміщення корівників, свинарників, вівчарників могли розташовуватися в різних частинах сіл), у колгоспах збільшилося поголів'я худоби, у старих глиняних кар'єрах в 2-3 км від сіл облаштовували могильники для загиблих із різних причин тварин (зазвичай вони там лежали відкрито). Такі зміни виявилися сприятливими для збагачення кормової бази виду, появи нових гніздових стацій і росту щільності виду на гніздуванні [8; 16; 23; 24]. Це призвело до того, що птахи почали гніздитися в населених пунктах. Перші гніздові пари в деяких містах Західної України появились у 1980-х роках [1; 5; 11; 21; 22; 25].

Нами у місті Хмельницький виявлено перше гніздо круків у 2004 році. У базі даних гнізд птахів ЗУОТ на 1990 рік із 49 описаних гнізд крука 5 розташовувались у межах населених пунктів, а ще 6 – безпосередньо на їх околицях [6]. Процес заселення видом населених пунктів України все ще триває [9; 10]. Нами щорічно реєструються нові випадки гніздування виду в селах і містах Верхнього Побужжя [15], але поки що вид не гніздиться у найбільшому місті регіону – Вінниці [12; 13]. Хоча нині в деяких регіонах України чисельність крука уже стабілізувалась у зв'язку з оптимальним співвідношенням ресурсної бази й кількості птахів [5; 10; 27].

Новизна. Вперше узагальнено матеріал з гніздування крука в регіоні Верхнього Побужжя. Проведено аналіз успішності його синантропізації у регіоні протягом останніх 30 років. Досліджено щільність гніздування виду в регіоні загалом і в населених пунктах зокрема.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження проводили протягом 2004–2020 років у природних біотопах, сільських населених пунктах регіону та в містах Хмельницький, Деражня, Бар і селищі міського типу Летичів. Для оцінки щільності виду проводили маршрутні обліки без обмеження смуги обліку, а також точкові обліки [3; 20]. У невеликих лісових урочищах та селах регіону проводили абсолютний облік гнізд. Окрім того, проводився моніторинг заселення опор високовольтних ЛЕП на ділянці м. Хмельницький – с. Головчинці Летичівського р-ну (з 1.01.2021 –Хмельницького району) довжиною 35 км. Пошук гнізд у лісах проводили в осінньо-зимовий період за відсутності на деревах листя, що полегшувало виявлення гнізд. У березні-квітні перевіряли результативність заселення таких гнізд. За можливості за кожним фактом гніздування фіксували місце й висоту розташування гнізда, його розміри, наявність кладки чи пташенят, вік пташенят, будівельний матеріал, а в населених пунктах – відстань від найближчих будівель.

Основна частина матеріалу за сільськими населеними пунктами зібрана на території моніторингових ділянок «Чорний Острів» і «Меджибіж», що охоплювала по 6 сіл, які відрізнялися кількістю жителів, ступенем урбанізації, деякими іншими параметрами (Новак, 2015). Облікові маршрути прокладені в кожному населеному пункті таким чином, щоб облікова смуга якомога повніше охоплювала населений пункт. Водночас виключалася можливість проходження тим самим маршрутом протягом одного обліку. Швидкість пересування обліковця становила 3-4 км/год.

Нами також опрацьовано неопубліковані матеріали щодо цього виду в регіоні Новака В.О., зібрані ним у період 1990–2010 рр.

Викладення основного матеріалу. За час досліджень (30 років) різних біотопів регіону нам вдалося виявити 122 гнізда крука і прослідкувати в них 291 випадок гніздування. У 1990–2000 роках простежено 58 випадків гніздування, у 2001–2010 рр. – 81, у 2011–2020 рр. – 153. Аналізуючи зареєстровані нами достовірні випадки гніздування виду (n=291), частка виявлених гнізд у населених пунктах Верхнього Побужжя постійно зростала. Так, у період з 1990 до 2000 рік таких гніздувань було 17,2%, у 2001–2010 рр. – 33,3%, у 2010–2020 рр. – 35,3% (рис. 1). Це свідчить про успішну синантропізацію виду в регіоні. Підтвердженням цього також є активне будівництво круками гнізд на металевих і бетонних опорах високовольтних ЛЕП. Перше таке гніздо в місцях досліджень виявлено у 1991 році поблизу с. Війтівці Волочиського району Хмельницької області. З того часу відсоток подібних гнізд лише зростає. Проведений нами моніторинг гніздування круків на металевих опорах високовольтних ЛЕП на 35-ти кілометровій ділянці Хмельницький-Головчинці показав постійне збільшення таких гнізд. Зокрема, із 21-ї опори на моніторинговій ділянці (таблиця 1) у 1990–2000 роках гнізда були на 23,8% опор, у 2001–2010 рр. – 47,6%, у 2011–2020 рр. – 52,4%.

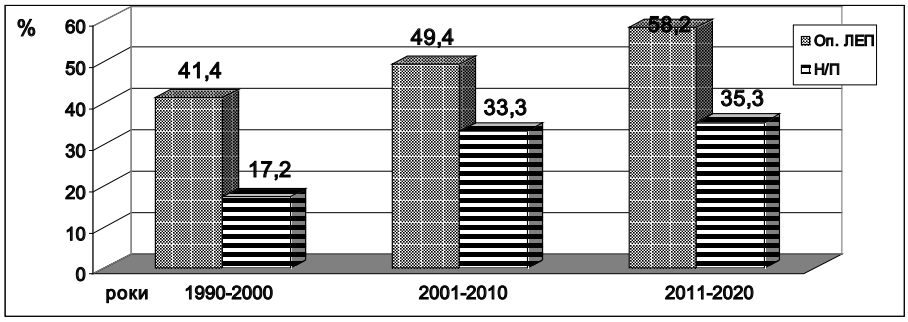


Рис. 1. Частка виявлених випадків гніздування крука на опорах високовольтних ЛЕП і в населених пунктах протягом 1990–2020 років у регіоні Верхнього Побужжя

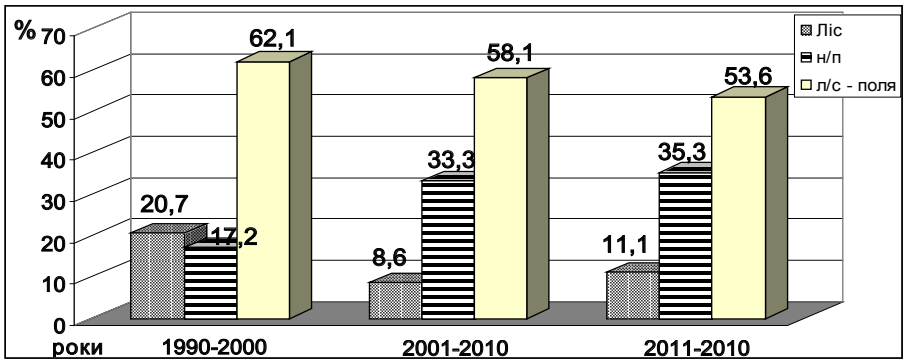


Рис. 2. Частка виявлених випадків гніздування крука в різних біотопах Верхнього Побужжя: лісах, населених пунктах, відкритих територіях (поля, лісосмуги, річкові долини) протягом 1990–2020 років

Таблиця 1

Роки появи гнізд крука та кількість сезонів їх використання на металевих опорах моніторингової ділянки Хмельницький-Головчинці

№	Розташування опори ЛЕП на ділянці Хмельницький-Головчинці	Поява гнізда	Кількість сезонів існування
1	Хмельницький (сх. ок.)	-	
2	Давидківці – поле пд.	2009	11
3	Прибузьке – узлісся зх	2011	1
4	Прибузьке – городи	2013	7
5	Прибузьке – поле сх	1999	2
6	Пирогівці – зх поле	2020	1
7	Пирогівці – село – став	-	
8	Пирогівці – поле- пн-сх	2007	13
9	Пирогівці – розплідник	2007	13
10	Голосків – курники	2005	1
11	Голосків – ділянки	-	
12	Голосків – СШ-2	1995	25
13	Голосків – СШ-2 (поруч)	-	
14	Копачівка – поле Журавлинці	1996	24
15	Копачівка – поле Жолобки	1996	24
16	Требухівці – городи пд	1998	22
17	Требухівці – цвинтар	2019	2
18	Требухівці – городи пд-сх	-	
19	Требухівці – село пн-сх	-	
20	Требухівці – село сх	-	
21	Требухівці – село сх (поруч)	-	

Якщо врахувати виявлені випадки гніздування за межами моніторингової ділянки і гніздування на бетонних опорах ЛЕП, то ситуація виглядає досить подібною: у період 1990–2000 рр. таких випадків було 41,4%, у 2001–2010 рр. – 49,4%, у 2010–2020 рр. – 58,2% (рис. 1).

Водночас кількість гнізд круків у лісах регіону зменшується (рис.2). Цьому сприяло і впровадження Державної програми «Ліси України» (2010-2015 рр.), з прийняттям якої активізувалося будівництво капітальних лісових доріг. Поява таких доріг спричинила збільшення площ суцільних вирубок вікових лісів, що водночас зменшило площу придатних для гніздування виду ділянок.

Аналіз виявлених гнізд крука (n=122) показав, що птахи використовують в якості опори для гнізда 13 видів дерев, 2 типи опор ЛЕП та, зрідка, діючі й напівзруйновані культові споруди, гранітні скелі кар'єрів (таблиця 2). Найчастіше для будівництва гнізда птахи використовують металеву опору ЛЕП (23,8%), осокір (18%), клен звичайний (9%) і дуб звичайний (8,2%).

Середня висота розташування гнізд на деревах – 12,6 м; якщо врахувати й інші види гніздових опор, то вона становить 14,9 м. Загалом висота розташування гнізд як у населених пунктах, так і у природних біотопах коливається в однакових межах і не залежить від антропогенного навантаження. Характерних відмінностей за тривалістю гніздового сезону, розміром гнізд та яєць, кількістю вигодуваних пташенят у пар, що гніздилися у природних біотопах, і пар, що гніздилися в населених пунктах, не виявлено. Проте під час синантропізації у круків з'явилися такі нові адаптації у гніздовій і кормопошуковій поведінці:

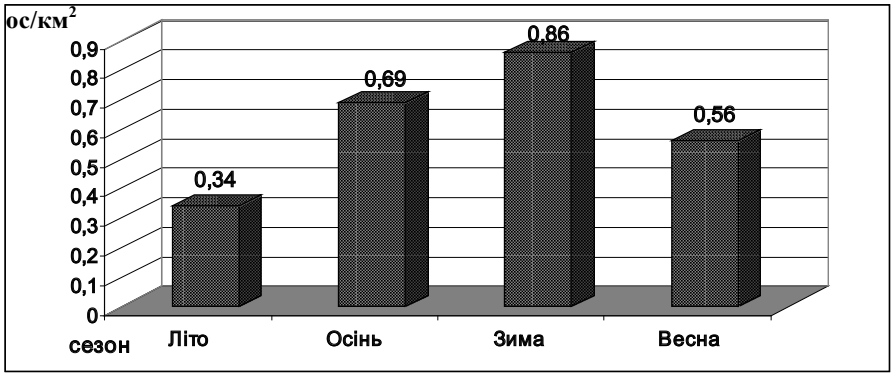


Рис. 3. Щільність крука у сільських населених пунктах Верхнього Побужжя в різні сезони

Таблиця 2

Кількість знайдених гнізд крука на різних деревах та інших опорах

№	Опора для гнізда		Гнізд	%
1	Береза повисла	Betula pendula	8	6,6
2	Верба біла	Salix alba	1	0,8
3	Вільха чорна	Alnus glutinosa	4	3,3
4	Граб звичайний	Carpinus betulus	1	0,8
5	Дуб звичайний	Quercus robur	10	8,2
6	Клен звичайний	Acer platanoides	11	9,0
7	Клен ясенолистий	Acer negundo	3	2,5
8	Липа серцелиста	Tilia cordata	5	4,1
9	Осика	Populus tremula	1	0,8
10	Осокір	Populus nigra	22	18,0
11	Робінія псевдоакація	Robinia pseudoacacia	9	7,4
12	Сосна звичайна	Pinus sylvestris	6	4,9
13	Ялина європейська	Picea abies	2	1,6
14	Бетонна опора ЛЕП		6	4,9
15	Металева опора ЛЕП		29	23,8
16	Металлева труба котельні		1	0,8
17	Дзвіниця діючої церкви		1	0,8
18	Скеля закритого гранкарєру		1	0,8
19	Виступ колони руїн костелу		1	0,8
	Усього		122	100,0

- птахи значно більше років поспіль використовують для гніздування те саме гніздо, ніж у природних біотопах (найтриваліше, за даними зареєстрованих випадків, використовується гніздо на опорі ЛЕП, що знаходиться на околиці с. Голосків (25 років), а в лісах і лісосмугах гніздо використовується максимум 4 сезони);

- в якості основи для нового гнізда використовують не лише дерева, але й опори ЛЕП, сільські культові споруди, металеві труби недіючих котелень;

- мінімальна дистанція залякування птахів, які годуються в селах, становить 25 метрів (людину на велосипеді підпускають на 7 м);

- у деяких птахів виробляється рефлекс на крик свиней, яких колють місцеві жителі. Круки очікують на високій опорі, коли змиті, невикористані рештки домашньої тварини викидатимуть на город (чи кучу гною, яка є в кожному домогосподарстві).

Нині щільність круків у гніздовий сезон у регіоні становить 0,1 пар/км^2. У сільських населених пунктах чисельність їх зростає з літа до зими, оскільки в осінньо-зимовий період у села прилітають особини з навколишніх природних біотопів (рис. 3). Навесні, з початком гніздування чисельність птахів помітно знижується, оскільки залишаються тільки гніздові пари, які проганяють зі своїх територій інших птахів. Після вильоту пташенят птахи зазвичай мешкають за межами населених пунктів.

Головні висновки. У регіоні Верхнього Побужжя протягом останніх 30 років відбувається активний процес синантропізації крука. За цей час вид появився на гніздуванні в більшості міст і третині сіл регіону. Нині 35,3% випадків гніздувань реєструється саме в населених пунктах. Окрім того, вид активно використовує для будівництва гнізд металеві опори високовольтних ЛЕП. Нині зайнято гніздами 52,4% опор, а кількість випадків гніздування на них збільшилася до 58,2% від усіх зареєстрованих гніздувань. Під час синантропізації у круків з'явилися нові адаптації у гніздовій і кормопошуковій поведінці, терпимість до присутності людини.

Подяка. Автор висловлює вдячність В.О. Новаку за надані поради та неопубліковані матеріали з гніздування крука в регіоні.

Література

1. Бокотей А.А. Огляд орнітофауни міста Львова. *Беркут*. 1995. Т.4, вип.1-2. С. 3-13.
2. Воїнственський М.А. Птахи. Київ, 1984. 300 с.
3. Гузий А. И. Методы учетов птиц в лесах. *Обліки птахів: підходи, методики, результати*: матеріали школи по уніфікації методів обліку птахів у заповідниках України, смт. Івано-Франкове, 26-28 квітня 1995 р. Львів-Київ, 1997. С. 18-48.
4. Герхнер В.Ю. Матеріали до вивчення птахів Поділля. *Збірник праць зоологічного Музею АН УРСР*. 1928. № 5. С. 151-192.
5. Бокотей А.А. та ін. Гніздова орнітофауна басейну Верхнього Дністра. Львів, 2010. 400 с.
6. Гринчишин Т.Ю, Шемчук В.І. Про чисельність та гніздування крука на заході України. *Орнітофауна західних областей України та проблеми її охорони*: матеріали доповідей 5-ї наради орнітологів та аматорів орнітологічного руху Західної України. Луцьк, 1990. С. 14-17.
7. Ільїнський С.В. Сучасний стан орнітофауни м.Хмельницький. *Міжвідомчий науковий тематичний збірник «Птахівництво»*. 2008. Вип. 61. С. 1-9.
8. Клестов Н.Л., Яцук М.М. Особенности экологии ворона в урбанизированных ландшафтах Украины. *Врановые птицы в естественных и антропогенных ландшафтах*: матер. II Всесоюзного совещания. Ч. 2. Липецк, 1989. С. 136-138.
9. Кошелев А. И., Копылова Т. В. Мониторинг врановых птиц в г. Мелитополе: гнездовой и зимний аспекты. *Zoocenosis-2015: Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах:* матеріали VIII Міжнар. наук. конф. Дніпропетровськ, 2015. С. 252-253.
10. Кошелєв О.І., Кошелев В.О., Копилова Т.В., Борисов В.В. Моніторинг ворнових птахів у місті Мелітополі: гніздовий і зимовий аспекти. *Екологічні науки*. 2020. Т. 2, №2 (29). С. 31-39.
11. Майхрук М.І., Бокотей А.А. Птахи Тернопілля. Львів, 2019. 244 с.
12. Матвійчук О.А., Серебряков В.В. Орнітофауна Верхнього і Середнього Побужжя. Київ, 2010. 284 с.
13. Матвійчук О.А., Пірхал А.Б., Відуецький А.Б. Птахи Вінничини. Вінниця, 2017. 328 с.
14. Мацюра А.В., Зимароева А.А. Синантропизация Врановых и особенности их адаптаций к антропогенным ландшафтам. *Acta Biologica Sibirica*. 2016. № 2 (1). С. 159-199.
15. Новак В.В. Загальна характеристика фауни та населення птахів сільських населених пунктів Подільського Побужжя. *Беркут*. 2015. Вип. 2, № 24. С. 93-106.
16. Новак В.О. До біології крука на Рівненщині. *Беркут*. 1992. № 1. С. 76-77.
17. Новак В.О. Попередній аналіз орнітофауни проектованого Національного природного парку «Верхнє Побужжя». *Подільський природничий вісник*. Кам'янець-Подільський, 2010. Вип.1. С. 132-152.
18. Портенко Л. А. Очерк фауны птиц Подольской губернии. *Бюллетень московского общества испытателей природы, секция биология*. Т. 37, вып. 1/2. Москва, 1928. С. 92-204.
19. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Концепцію збереження біологічного різноманіття України». *Національний план дій зі збереження глобально вразливих видів птахів*. Київ, 2000. С. 27.
20. Равкин Е. С. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц. Москва: Изд. ВНИИ Природа, 1990. 33 с.
21. Талпош В.С., Антонюк Ю.М., Майхрук М.И. Врановые птицы города Тернополя. *Врановые птицы в естественных и антропогенных ландшафтах*: материалы II Всесоюзного совещания. Ч. 2. Липецк, 1989. С. 102-103.
22. Татаринов К.А. Врановые города Львова и его окрестностей. *Врановые птицы в естественных и антропогенных ландшафтах*: материалы II Всесоюзного совещания. Ч. 2. Липецк, 1989. С. 98-99.

23. Федоришин І., Новак В. Голосків: на перехресті шляхів і віків. Історія села Голосків Летичівського району. Хмельницький, 2020. 316 с.
24. Флинт В.Е. Врановые птицы и человек. Стратегия взаимоотношений. *Врановые птицы в естественных и антропогенных ландшафтах*: материалы II Всесоюзного совещания. Ч. 2. Липецк, 1989. С. 104-105.
25. Химин М. В. Врановые птицы города Луцка и его окрестностей. *Врановые птицы в естественных и антропогенных ландшафтах*: материалы II Всесоюзного совещания. Ч. 2. Липецк, 1989. С. 104-105.
26. Храневич В. П. Матеріали орнітофауни західних округ України. *Записки Кам'янець-Подільської науково-дослідної катедри*. Т.1. Полтава, 1929. С. 5-43.
27. Яніш Є. Ю. Результати досліджень чисельності та щільності популяцій воронових птахів на території Сумської області. *Вестник зоологии*. 2017. № 35. С. 84-85.
28. Яниш Е.Ю., Дупак В.С. Динамика численности врановых птиц в центральных областях Лесостепи Украины. *Орнитологические исследования в странах Северной Евразии*: тезисы XV Международной орнитологической конференции Северной Евразии. Минск, 2020. С. 520-521.
29. Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І. А. Акімова. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.

РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

УДК 553.3/9 (477.82)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.29

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ТА РЕКРЕАЦІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ЛЮБОМЛЬСЬКОГО РАЙОНУ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Федонюк В.В., Іванців В.В., Федонюк М.А., Панькевич С.Г.
Луцький національний технічний університет
вул. Львівська, 75, 43018, м. Луцьк
ecolutsk@gmail.com, v.ivantsiv71@gmail.com, m.fedoniuk@lntu.edu.ua, psg.mob@gmail.com

Розглянуто можливості розширення структури природно-заповідного фонду (ПЗФ) Любомльського району Волинської області. Виділено перспективні для заповідання нові об'єкти і природно-ландшафтні комплекси. Проведені протягом 2018–2020 рр. дослідження дозволили виділити на території Любомльського району низку об'єктів і ділянок, перспективних для заповідання. До таких ділянок відносяться: озера Ягодинське (Римарське), Гущанське; Бабинець; урочище Дике; озерний комплекс «Новоугрузькі озера» із прилеглими ділянками сосново-вільхового лісу та болотними масивами. Озера району (Ягодинське, Гущанське, Велике та Мале Новоугрузьке) є унікальними за їх гідрохімічними характеристиками і складом біоценозів. Низка ділянок (урочище Дике, Бабинець) можуть братися під охорону як ресурсні торфові заказники.

Нами виявлено низку проблем сучасного екологічного стану об'єктів ПЗФ у районі. Головними з них є такі: відсутність виділення в натурі меж більшості об'єктів ПЗФ місцевого значення, що часто не дозволяє забезпечити їхню ефективну охорону; відсутність маркування місць розміщення природно-заповідних об'єктів; надмірне рекреаційне навантаження на природні комплекси ландшафтного заказника загальнодержавного значення «Згоранські озера», який в літній період зазнає навали туристів, як і озеро Світязь. Розроблено низку рекомендацій щодо оптимізації рекреаційної діяльності на об'єктах ПЗФ Любомльського району, схематизованих та уніфікованих графічно. Впровадження цих рекомендацій дозволить вирішити низку проблемних завдань, а саме: забезпечить можливість покращення і надійність захисту мальовничих, мало змінених людиною природних ландшафтів Полісся; сприятиме збереженню місцезростань та осередків проживання зникаючих і малочисельних видів флори й фауни; сприятиме кращому дослідженню видового складу та спостереженню за видами, уможливить пошук нових їх місцезнаходжень; дозволить зменшити можливості неорганізованого відпочинку населення, яке згубно впливає на природні комплекси через засмічення, недбале поводження з вогнем, шумове забруднення, нищення рослинності тощо; забезпечить контроль за техногенним навантаженням на ландшафтні комплекси району, за розвитком організованого відпочинку. *Ключові слова:* природоохоронні території, Любомльський район, Волинська область, рекреація.

Optimization of the structure and recreational use of the nature reserve fund of Lyboml area in Volyn region. Fedoniuk V., Ivantsiv V., Fedoniuk M., Pankevych S.

Possibilities of expanding the structure of the nature reserve fund of the Lyboml area of the Volyn region are considered. New objects and natural-landscape complexes promising for bequest are singled out. Studies conducted during 2018–2020 allowed to identify a number of objects and areas promising for the will in the territory of Lyboml district. These areas include: Lakes Yagodynske (Rymarske), Gushchanske; Babinets; Dicke tract; lake complex «Novougruzki lakes» with adjacent areas of pine-alder forest and swamps. The lakes of the district (Yagodynske, Gushchanske, Velyke and Male Novougruzske) are unique in their hydrochemical characteristics and composition of biocenoses. A number of areas (Dyke tract, Babynets) can be protected as resource peat reserves. A number of problems the current ecological condition of PZF facilities in the area were revealed. The main among these problems are the following: the lack of allocation in kind of the boundaries of most PZF objects of local significance, which often does not allow to ensure their effective protection; lack of marking of locations of nature reserves; excessive recreational load on the natural complexes of the landscape reserve of national importance «Zgoran Lakes», which in summer undergoes an influx of tourists, which is commensurate with Lake Svityaz. A number of recommendations have been developed for the optimization of recreational activities in the facilities of the Luboml district PZF, which are schematized and unified graphically. The implementation of these recommendations will solve a number of problems, namely: provide an opportunity to improve and reliably protect the picturesque, little-changed natural landscapes of Polissya; contribute to the preservation of habitats and habitats of endangered and small species of flora and fauna; will promote better study and observation of the species composition, will make it possible to search for new locations of these species; will create an opportunity to reduce the unorganized recreation of the population, which has a detrimental effect on natural complexes through littering, careless handling of fire, noise pollution, destruction of vegetation, etc .; provide control over the man-caused load on the landscape complexes of the district and the development of organized recreation. *Key words:* Protected Areas, Luboml district, Volyn region, recreation.

Постановка проблеми. Природно-заповідний фонд (далі – ПЗФ) включає до свого складу ділянки, природно-територіальні комплекси й окремі природні об'єкти, які перебувають під охороною держави та мають спеціальний режим використання. Об'єкти ПЗФ створюються з метою збереження природних екологічних систем і комплексів, складових біологічного різноманіття та є основою розбудови локальних, регіональних і глобальних екологічних мереж. Але зазвичай на території більшості об'єктів ПЗФ здійснюється рекреаційна діяльність різних типів. Рекреаційна діяльність – це всі види активності, спрямовані на задоволення потреб людини у відпочинку, оздоровленні, пізнанні природно-культурних цінностей деякої місцевості тощо. Проблемою є «конфлікт інтересів» між цілями та завданнями, що виконують об'єкти ПЗФ як заповідні системи, та метою, яка ставиться під час здійснення рекреаційної діяльності на їхній території. У контексті вищезазначеного у цьому дослідженні обгрунтовано необхідність збільшення площі заповідних територій одного з адміністративних районів Волинського Полісся – Любомльського району; оцінено еколого-ландшафтну, природничу й естетичну цінність вибраних для заповідання ділянок та об'єктів, а також розроблено рекомендації щодо оптимізації рекреаційного навантаження на території ПЗФ у районі.

Актуальність дослідження. Ця проблема – наявність певного протиріччя між заповідними, природоохоронними та рекреаційними функціями об'єктів ПЗФ, яка є актуальною протягом тривалого часу, активно дискутується в науковій літературі та в середовищі громадськості, небайдужої до екологічних питань. Саме це визначило актуальність проведеного дослідження з урахуванням значної площі та кількості об'єктів ПЗФ як на території усієї Волинської області, так і в Любомльському районі, з одного боку, та активізації рекреаційної діяльності в таких об'єктах за останні роки, з іншого боку.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та науково-практичними завданнями. Створення нових природно-заповідних територій та їхнє збереження й охорона – це науково-практичне завдання надзвичайної ваги для України та її регіонів. Відсоток заповідності території нашої держави нині перевищив 7%, але він вдвічі менший за рекомендований МСОП для підтримання екологічної рівноваги у природних комплексах. Природних екосистем, збережених на 7% площі країни, явно не вистачає задля забезпечення стабільного природокористування (у країнах ЄС цей показник становить до 18%). Світовий досвід свідчить, що зберігати й підтримувати екосистеми у природному стані значно простіше, ефективніше та дешевше, ніж потім їх ренатуралізувати і відновлювати після деградації.

Зазначене вище має безпосереднє відношення і до регіону Волинського Полісся. Хоча загалом відсоток заповідності в регіоні є вищим, ніж у середньому в Україні(близько 12%), він суттєво різниться за адміністративними районами. У Любомльському районі такий показник є одним із найнижчих в області (4%), це суттєво нижче середнього відсотку заповідності в межах області та України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Структура, склад і природні особливості ПЗФ Волинської області та її окремих адміністративних районів вивчалися зазвичай у комплексі; процес їх дослідження розпочався в XX столітті. Перша деталізована характеристика природоохоронних об'єктів цієї території представлена в роботах К.І. Геренчука, М.П. Чайковського, Т.Л. Андрієнка, М.В. Химина, В.О. Тутейка, О.В. Грицай [1,2,3,4].

Водночас особливості рекреаційного використання природних комплексів об'єктів ПЗФ у регіоні аналізувались у роботах Т.П. Безсмертнюка, М.В. Химина, В.І. Павлова, Л.М. Черчика та інших авторів [4,5,6].

Подальшого розвитку дослідження структури, динаміки, особливостей становлення і перспектив розвитку природно-заповідного фонду регіону знайшло у працях З.К. Карпюка, І.М. Нетробчука, О.С. Музиченка, І.П.Ковальчука, Т.С. Павловської, Д.В.Савчука, Л.Т. Чижевської, Л.Д. Гулая, Б.І. Сакури, В.О. Фесюка, М.В. Химина, В.І. Мельника, В.В. Федонюка та багатьох інших науковців [7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16]. Вивченню окремих категорій ПЗФ території дослідження, їх географії, природних особливостей і рекреаційного використання присвячені праці В.В. Федонюка, М.А. Федонюка, З. Карпюка, М. Химина, В. Тутейка, О. Грицай, В. Нагалюка [4,8,13,14].

Проблема протиріччя між різними функціями заповідних об'єктів (зокрема, природоохоронною та рекреаційною) розглядається в наукових роботах Т. Андрієнка, Ю. Шеляг-Сосонка, С. Стойка, М. Гродзинського, В.О. Фесюка, І.А. Мороз та інших дослідників [3; 17; 18; 19].

Ю.Р. Шеляг-Сосонко, В.С. Ткаченко, Т.Л. Андрієнко, Я.І. Мовчан, В.О. Фесюк, В.В. Федонюк, Ю.М. Грищенко, М.С. Яковишина у своїх дослідженнях [17; 18; 19; 20] актуалізували питання щодо ролі природно-заповідних територій Волинського Полісся у структурі екологічної мережі регіонального та локального типів.

Проте стосовно окремих адміністративних районів області ґрунтовні наукові дослідження їх ПЗФ та особливостей функціонування екологічної мережі практично не проводилися, що спонукало до обрання теми цього дослідження.

Виділення не виділених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Предмет нашого дослідження - аналіз проблем, суперечностей і можливості їх вирішення у сфері рекреаційного використання об'єктів і територій ПЗФ на прикладі природно-заповідного фонду Любомльського району Волинської області. Саме ця

конкретизація дослідження за певною територією та її природними комплексами дозволяє виділити окрему частину більш загальної проблеми – збереження та розширення площі ПЗФ Волинської області і Волинського Полісся загалом.

Мета дослідження – обґрунтування необхідності заповідання низки ділянок і природних об'єктів у межах Любомльського району Волинської області; визначення перспективних напрямків рекреаційного використання існуючих та новостворених об'єктів ПЗФ; оцінювання можливості екологічно безпечної рекреаційної діяльності на їхній території; аналіз можливості збільшення площі заповідних зон у Любомльському районі; оцінювання варіантів і перспектив такого збільшення; обґрунтування еколого-ландшафтної, природничої, естетичної цінності вибраних для заповідання ділянок.

Новизна. Новизна роботи визначається тим, що для території Любомльського району Волинської області подібне дослідження не проводилося з того часу, як у 1993 р. було здійснено поділ великого Любомльського району на два менші (Шацький та Любомльський), після чого увага науковців переважно була прикута до Шацького району та Шацького НПП. У 2020 році внаслідок адміністративної реформи в Україні Любомльщина увійшла до укрупненого Ковельського району, проте цей край вирізняється своєю специфікою ландшафтів, екосистем і природокористування, що потребує вивчення.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження проведено на основі аналізу літературних і картографічних джерел, польових натурних обстежень, спостережень, аналізу та оброблення первинної інформації, опитувань жителів району, представників органів місцевого самоврядування та дотичних організацій. Це визначає його методологічне та загальнонаукове значення як прикладу досліджень подібного типу, проведених для адміністративних районів України. У зв'язку з адміністративно-територіальною реформою та виокремленням нових укрупнених районів в областях України запропоновані методи аналізу, підходи, розроблені рекомендації матимуть значну цінність.

Виклад основного матеріалу. Любомльський район розташований у північно-західній частині Волинської області. Через район проходять автостради: Київ-Ковель-Ягодин, Піща-Любомль-Верба, залізниця на Хелм. Загальна площа району становить 1,4 тис. кв. км (або 7,3% території Волинської області), чисельність населення – 39,9 тис. чол. [14; 16].

Відсоток заповідності загалом у Волинській області становить біля 12%. Територія Любомльського району має дещо нижчий показник – 4,0%. Площа природно-заповідного фонду району нині становить 5925,32 га [8; 14].

З метою збереження унікальної природи краю на території Любомльського району створено 28 територій ПЗФ, серед яких 2 заказники загальнодержавного значення («Мошне», «Згоранські озера»), 8 заказників місцевого значення і 17 пам'яток природи (рис. 1, 2).

Показник заповідності району невисокий, однак протягом останніх десятиліть спостерігається прогресивне скорочення площі природних екотопів (лісів, боліт, луків, озерних комплексів). На рис.3 представлені результати проведеної оцінки зміни лісистості території дослідження за період 2000–2018 роки (за результатами аналізу супутникових знімків, сервіс Global Forest Change). Як засвідчує аналіз зображень, площа вирубок суттєво перевищує площу нових лісонасаджень, проте слід врахувати тривалий час, який потребує ліс для свого зростання і поновлення біоценотичної цінності.

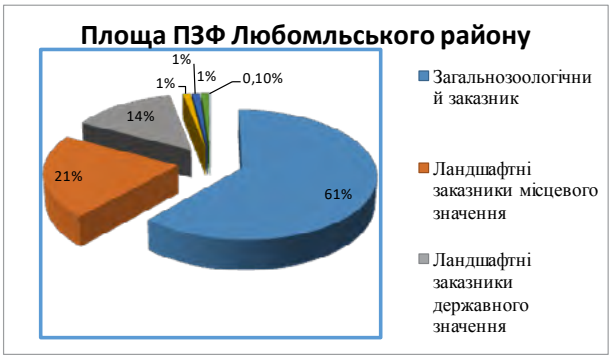


Рис. 1. Розподіл площі ПЗФ району за категоріями об'єктів

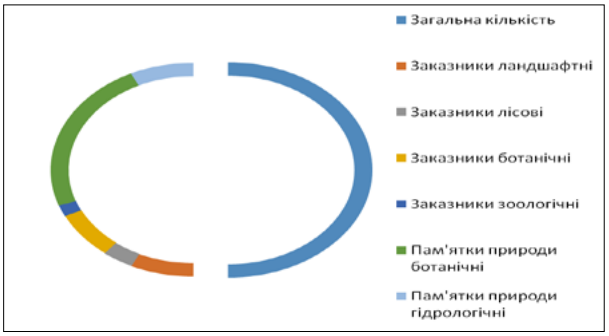


Рис. 2. Структура ПЗФ Любомльського району

Тому доцільно відшукувати в районі нові об'єкти, які потребують охорони та можуть отримати статус заповідних; серед них – озера та водно-болотні комплекси. Обстеження озерних комплексів (у районі наявні 14 озер, 5 із яких уже повністю або частково перебувають під охороною) показало, що озера Гущанське, Ягодинське, Бабинець, Велике та Мале Новоугрузьке мають високі показники біорізноманіття, є місцями оселення раритетних видів і характеризуються суттєвим рекреаційним потенціалом (рис. 4).

Нижче нами наведено коротку характеристику низки природних об'єктів, які можуть у близькій перспективі стати частиною природно-заповідного фонду Любомльського району Волинської області.

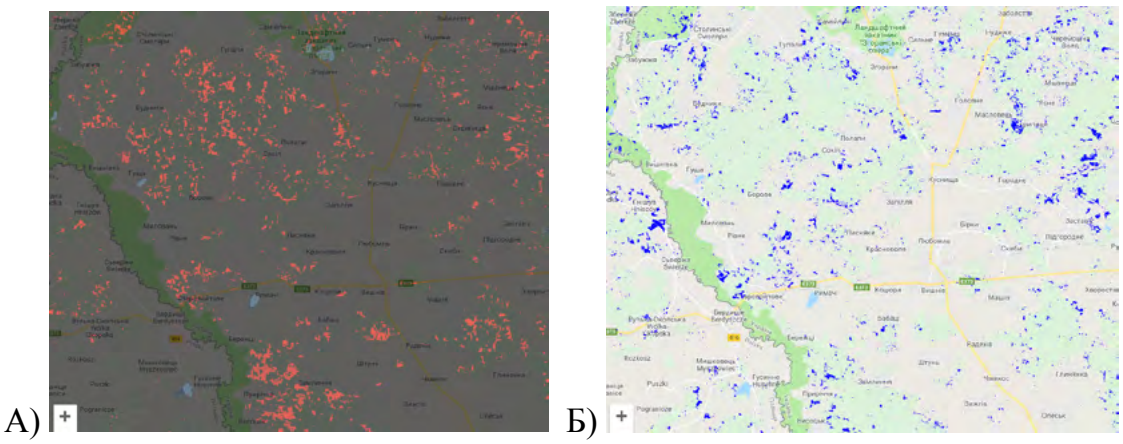


Рис. 3. Зміна лісистості району за період 2000–2018 рр.

А – місця вирубок; Б – місця поновлення лісів

Озеро Ягодинське. Знаходиться поблизу с. Римачі, тому його ще називають Римачівським. Озеро поверхневого живлення, площа – 76 га, частково заросле очеретом (до 20%), із західної сторони оточене болотом. Інша частина берега заросла чагарником, більшість берегів є піщано-луговими, південно-західна частина – торфова. Озеро називають Оком за глибину і красу, чистоту його водних плес. Нині екологічний стан води досить добрий (за даними Західно-Бузького басейнового управління водних ресурсів у пунктах спостереження в с. Забужжя та на р. Гапа в Ягодинці). Взяття під охорону озера дозволить стабілізувати екологічний стан ріки Гапи, що протікає через нього. У прибережних заплавах ріки Гапи водиться ропуха очеретяна, трапляється карась звичайний (види занесені до Червоної Книги України).

Озеро Гущанське. Озеро Гущанське площею 33 га, глибиною до 2 м з об'ємом води 2.862 млн. м^3 знаходиться в селі Гуща Любомльського району на Волині. Озеро має дзеркально чисту воду; береги піщані, легкодоступні, з північної та північно-західної сторони є незначні зарості очерету. Частина прибережної території зайнята лісовими масивами.

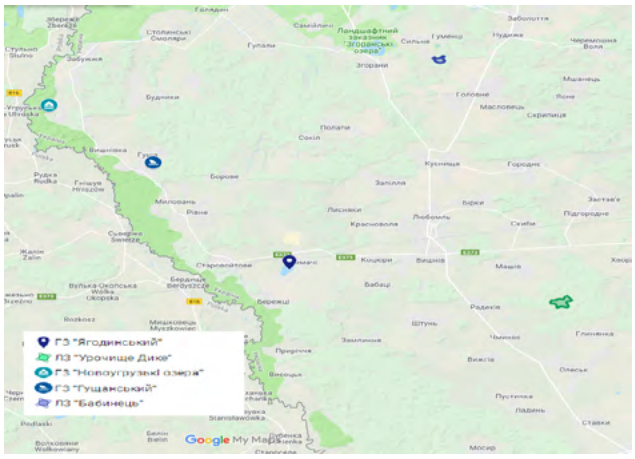


Рис. 4. Картосхема розміщення об'єктів, рекомендованих до заповідання

В озері водиться щука, окунь, карась, короп, лящ, трапляються вугрі й раки, а також земноводні, плазуни, амфібії.

Озеро Бабинець. Озеро Бабинець знаходиться поблизу с. Головне. Це озеро поверхневого водного живлення, площа водного дзеркала становить 4 га. Озеро замулене, товщина донних відкладень становить 3,6 м; поверхня озера чиста, береги заросли верболозом, чагарниками; воно оточене лісовим масивом, болотом із великими запасами торфових покладів. Це одне з озер поєднаної групи, до якої входять Велике Згоранське, Хмільник, Бабинець, Мошне, Лісне, Оріхове, поєднані між собою річками. Озера є рекреаційними зонами влітку, частина з них входить до державного заказника «Згоранські озера». Значні запаси торфу дозволяють виділити в урочищі ресурсний заказник.

Урочище Дике. На території великого лісового масиву поблизу с. Радехів знаходяться значні поклади торфу на площі 56 га. Ця територія відноситься до Вишнівської (Радехівської) сільських рад.

Велике та Мале Новоугрузькі озера. Це два великі за площею водного дзеркала озера льодовиково-карстового походження, розміщені поблизу с. Новоугрузьке. Озеро Велике Новоугрузьке має площу 12,4 га. Озеро чисте, з незначними заростями очерету. Із західної та північної сторони озеро оточене лісовими насадженнями вільхи чорної, сосни. Береги легкодоступні, піщані, порослі чагарниками. У складі іхтіофауни налічуються щука, карась, короп, плотва, лящ, раки. До найцінніших видів належить червоний річковий окунь. Озеро Мале Новоугрузьке має площу водного дзеркала близько 4 га, 30% якої заросла очеретом. Із західної та північної сторони озеро оточене сосновим лісом.

Взяття під охорону виділених об'єктів у межах Любомльського району Волинської області дозволить оптимізувати екологічний стан окремих ділянок території, покращити структуру і збільшити площу ПЗФ району.

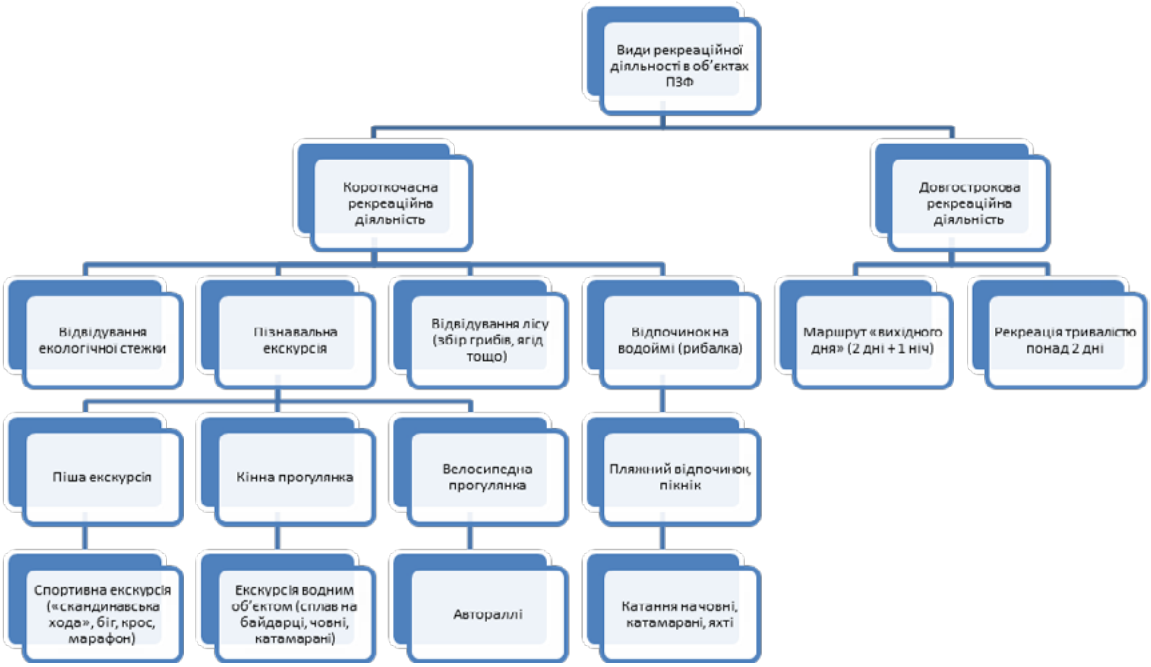


Рис. 5. Види рекреаційної діяльності на об'єктах ПЗФ (за видом та тривалістю)

Збільшення кількості об'єктів ПЗФ у районі доцільно здійснювати паралельно з оптимізацією рекреаційного природокористування. Нині переважаючим у Любомльському районі є загальнооздоровчий відпочинок у зоні інтенсивної рекреації Згоранських озер. Згоранський рекреаційний вузол містить зону пізнавального туризму, бази відпочинку, дитячі оздоровчі табори.

У Згоранських озерах карстового походження вода прісна, насичена киснем, з нейтральною слаболужною реакцією, чиста за мікробіологічними показниками. Велике Згоранське озеро – найбільш освоєне в рекреаційному відношенні, із цілющою водою і піщаними пляжами. Озеро використовується в літній період для купання, водного туризму й рибальства, має зручне розташування біля траси Любомль-Шацьк. Фактично озеро «відтягує» частину рекреантів, які прямують на Світязь, але часто зупиняються саме тут.

Проте загалом природно-рекреаційний потенціал Любомльського району Волинської області задіяний лише на 15-20%, що свідчить про значні перспективи подальшого рекреаційного освоєння. Регіон має низку особливостей, значення яких у майбутньому зростатиме, зокрема унікальні озерні комплекси з чистою прозорою водою, чудовими піщаними пляжами, естетичною, пейзажною різноманітністю ландшафтів; м'який лікувальний мікроклімат, невелику щільність населення; наявність грибних та ягідних місць; можливості нетрадиційного відпочинку («зелений туризм», агросадиби); відсутність транзитних потоків транспорту поряд із основними транспортними артеріями; наближеність до Центральної Європи; відносно розвинену інфраструктуру та матеріально-технічну базу рекреації, що не вимагає великих капіталовкладень на реконструкцію задля наближення їх до світових стандартів.

Проблеми і протиріччя у сфері організації та розвитку рекреаційної діяльності на об'єктах ПЗФ Любомльського району досліджені на основі опрацювання наукової літератури, статистичних матеріалів, опитування місцевих жителів, консультацій у районних державних органах та власного досвіду польових обстежень цих об'єктів у літній період 2019–2020 рр.

Результати проведеного дослідження дозволили розробити низку схем, діаграм і скласти рекомендації. На рис. 5 представлена розроблена нами схема основних видів рекреаційної діяльності на об'єктах ПЗФ Любомльського району. Слід зазначити, що схема складена на основі дослідження специфіки видів рекреації у регіоні загалом, тому вважаємо за доцільне рекомендувати її як загальну та універсальну для Північно-Західного Полісся України.

Рекреаційну діяльність на об'єктах ПЗФ Любомльського району можна розділити на два основні види: короткочасну, або одноденну, яка не передбачає ночівлю на території чи поблизу території об'єкту ПЗФ, та довгострокову, або кількаденну, яка передбачає як мінімум дводенне перебування з ночівлею.

У межах району переважає перший вид, проте з року в рік у курортний сезон зростає кількість рекреантів, які прибувають у район для довготривалого відпочинку. Інтенсивність рекреаційного впливу зростає прямо пропорційно до тривалості перебування рекреантів на об'єктах ПЗФ, але вона більш значимо пов'язана з такими факторами, як

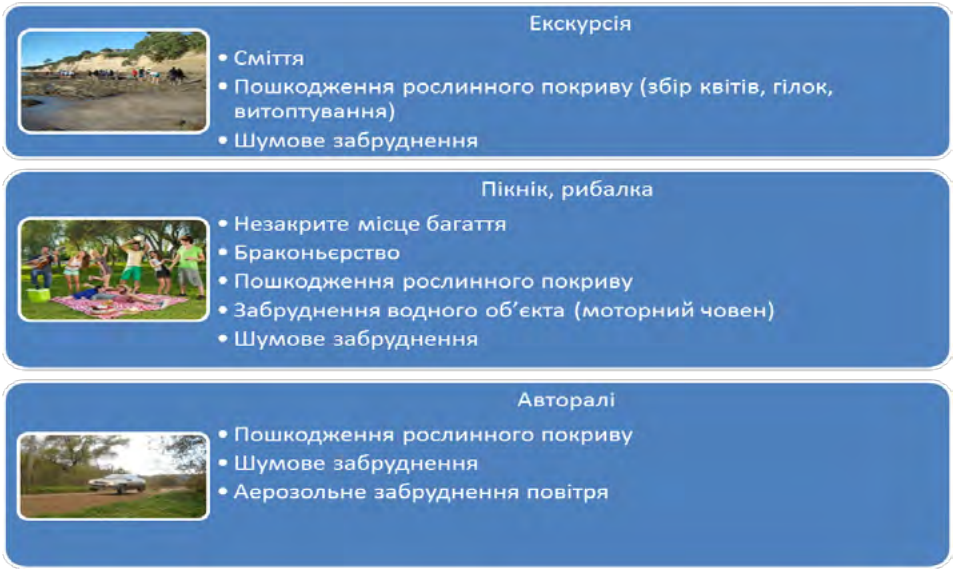


Рис. 6. Типові форми рекреації та їхні негативні екологічні наслідки

рівень екологічної свідомості рекреантів, їх відповідальне ставлення до довкілля, а також із вибором форм рекреації.

Проаналізувавши основні форми рекреаційної діяльності в районі, ми визначили потенційно небезпечні наслідки провадження її основних форм. Результати цього узагальнення представлено на схемі (рис. 6).

На рис.6 узагальнено основні типові форми рекреації на об'єктах ПЗФ Любомльського району та їхні негативні екологічні наслідки.

До таких наслідків належать:

– несанкціоноване викидання сміття в лісі, у прибережній смузі біля водойм, на пляжах та в інших невстановлених місцях, унаслідок чого формуються стихійні сміттєзвалища та відбувається масове площинне засмічення зон відпочинку влітку;

– пошкодження рослинного покриву, руйнування біотопів під час хаотичного збору дров, квітів, ламання гілок (особливо небезпечне для молодих дерев, підліску), витоптування трав'яного та мохового покриву, інколи – свідомий пошук і винищення рідкісних, раритетних видів (збір первоцвітів, лісових орхідей, росичок як для себе, так і на продаж тощо);

– шумове забруднення довкілля. Шум від двигунів автомобілів, шум юрми людей у лісі чи на пляжі, голосна музика, тощо – це все вкрай небезпечне для біоти, особливо для орнітофауни, іхтіофауни, мешканців лісів та лук;

– забруднення шкідливими викидами атмосферного повітря і водних об'єктів. Основним джерелом такого забруднення є автотранспорт рекреантів, моторні човни, останнім часом – водні мотоцикли, квадроцикли тощо;

– браконьєрство. Це окрема проблема в лісах та на водних об'єктах Любомльського району, з якою борються природоохоронні державні служби;

– неправильне розведення багать у невстановлених місцях.

Розглянувши всі негативні наслідки, спричинені рекреаційною діяльністю на території об'єктів ПЗФ району, проаналізуємо можливі шляхи мінімізації (зменшення) цих наслідків та запобігання їхньому поширенню.

Загальноприйнятим є твердження, що найбільшої шкоди довкіллю завдає масова неорганізована рекреаційна діяльність на об'єктах та на територіях ПЗФ, тоді як організація і впорядкування такої діяльності дозволяє мінімізувати її негативні наслідки. Отже, на нашу думку, рекреаційну діяльність у районі слід розвивати, адже тут наявний значний природно-рекреаційний потенціал, проте слід віддавати перевагу її організованим формам та методам. Невідворотність покарання за екологічне правопорушення, з одного боку, та стимулювання екологічно грамотної та виваженої поведінки рекреантів на об'єктах ПЗФ, з іншого, – це основні важелі впливу задля вибудовування стратегії оптимізації рекреаційного навантаження на території.

На рис. 7. нами представлено розроблену систему заходів щодо оптимізації та покращення сучасного рекреаційного використання об'єктів і територій ПЗФ. Зауважимо, що ввесь комплекс таких заходів поділено на три великі групи: економічні; організаційні; еколого-просвітницькі. Кожна група має свою специфіку, зумовлену особливостями природоохоронного законодавства.

Ми рекомендуємо для оптимальної організації рекреаційної діяльності забезпечити впровадження таких заходів: обладнання екологічних стежок (основні елементи облаштування – це встановлені за маршрутом стежки бесідки, інформаційні стенди, місця відпочинку, смітники, туалети); побудова оглядових веж на цікавих ландшафтних об'єктах (Згоранські озера,

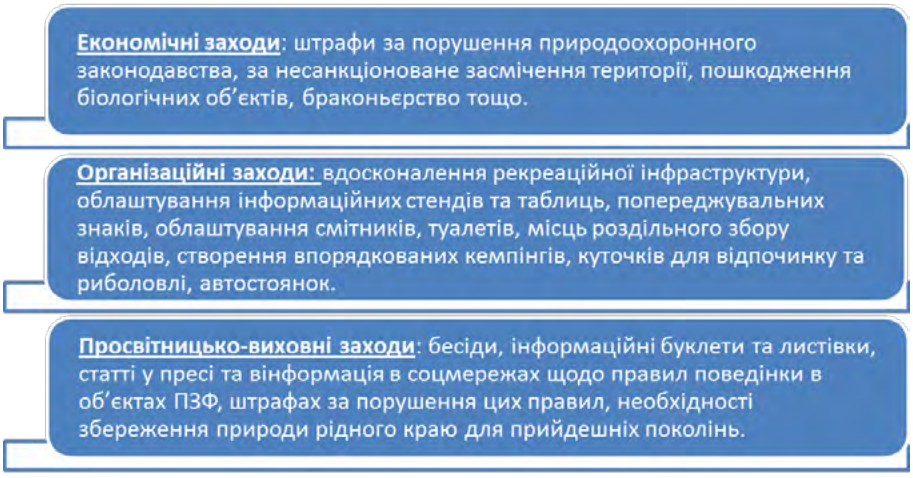


Рис. 7. Розроблені заходи щодо оптимізації здійснення рекреаційної діяльності на об'єктах ПЗФ Любомльського району

озеро Мошне тощо); облаштування пунктів прокату спортивного спорядження (велосипеди, катамарани, лижі, човни); облаштування велосипедних доріжок; облаштування впорядкованих кінних маршрутів; облаштування куточків для рибальства.

Зокрема, на основі обстеження території окремих об'єктів ПЗФ нами розроблено маршрути низки таких екологічних стежок:

– «Біологічні скарби озера Мошне», яка пролягатиме за однією з мальовничих лісових доріг від села Згорани до самого озера та певної частини прилеглої до нього території, де знаходиться місцезростання рідкісних видів флори;

– «Природні цінності Малого Згоранського озера», яка прокладатиметься вздовж західного узбережжя озера і прилеглого до нього лісового масиву;

– «Таємниці лісових озер» – стежина, яка петлятиме навколо озер Горіхове, Лісове, Хмільне та Бабинець – красивих водойм, що сховалися серед лісів. Любителів риболовлі, без сумніву, порадує велике різноманіття риби, яка водиться в озерах (вугор, лящ, щука, окунь, короп та інші види).

Така система заходів не потребує значних капіталовкладень, загалом для району вона з часом окупиться, оскільки дозволить привабити більше туристів та рекреантів, які, у свою чергу, вкладатимуть гроші в рекреаційний комплекс району, купуючи відповідні рекреаційні послуги. Насправді більшість сучасних людей прагне до цікавого і змістовного відпочинку, батьки хочуть показати якісь цікавинки своїм дітям, і за умови, що про ці цікавинки вони дізнаються, – відвідають, а потім порекомендують своїм знайомим.

Облаштування екологічних стежок, велосипедних і кінних маршрутів, паркувань дозволить урегулювати масове відвідування рекреантами лісу в літній сезон, спрямувати їхні потоки в напрямку, безпечному для особливо цінних природно-ландшафтних комплексів, заповідного ядра території. Водночас оглядові вежі, збудовані за цікавими проектами, стають «родзинкою» заповідних зон, дозволяють насправді одним поглядом охопити великі за площею території і приваблюють бажаючих скористатися їхніми можливостями. Великі перспективи має сільський туризм (відпочинок у приватних будниках мешканців району), зелений туризм, літературний туризм (творчість згоранського автора В. Лиса широковідома та популярна) тощо. Обслуговування туристів і продаж їм сільськогосподарської продукції приноситиме додаткові прибутки місцевим жителям. Ураховуючи те, що регіон багатий на дичину та рибу, можливим є створення сучасних мисливсько-рибальських баз.

Головні висновки. Вищезазначене дозволило нам сформулювати такі висновки: 1) природно-ландшафтні особливості території Любомльського району визначають його значний рекреаційний потенціал та можливості для розширення й оптимізації мережі природоохоронних об'єктів. Помірний м'який клімат, рівнинний рельєф, чимала кількість природних водойм (озер та річок), оточених вічнозеленими масивами лісів, та невелике техногенне навантаження – все це сприяє збереженню високої природно-ландшафтної та рекреаційно-туристичної цінності району; 2) нині, коли потреба в місцевому оздоровленні та відпочинку населення зростає, розширення передумов та інфраструктури для рекреаційної діяльності є необхідним як на регіональному, так і на районному рівні; 3) проведені протягом 2018–2020 років дослідження дозволили виділити на території Любомльського району низку об'єктів та ділянок, перспективних для заповідання, а саме: озера Ягодинське (Римарське), Гущанське; Бабинець; урочище Дике; озерний комплекс «Новоугрузькі озера» з прилеглими ділянками сосново-вільхового лісу та болотними масивами; 4) нами виявлено низку проблем сучасного екологічного стану об'єктів ПЗФ у районі, а саме: відсутність виділення в натурі меж більшості об'єктів ПЗФ міс-

цевого значення; відсутність маркування місць розміщення природно-заповідних об'єктів; надмірне рекреаційне навантаження в ландшафтному заказнику державного значення «Згоранські озера», який у літній період приймає такий самий потік туристів, як і на озера Шацького НПП; 5) розроблено рекомендації щодо оптимізації рекреаційної діяльності на об'єктах ПЗФ Любомльського району, впровадження яких дозволить вирішити низку проблем покращення захисту мальовничих, мало змінених людиною природних ландшафтів району, та забезпечить контроль за рекреаційним навантаженням на ландшафтні комплекси району; 6) організовані форми рекреаційної діяльності (екскурсії, організація екологічних стежок, створення пунктів організованого відпочинку, рибальства, берегових осередків водних розваг) дозволять суттєво зменшити стихійний негативний вплив на природно-ландшафтні комплекси та об'єкти ПЗФ; 7) екологічне виховання й освіта – це наріжний камінь вирішення більшості екологічних проблем рекреації у природоохоронних територіях.

Отже, проведене нами дослідження підтверджує, що роль природно-заповідного фонду в житті біосфери й суспільства надзвичайно важлива та багатогранна, тому потрібно здійснювати постійну роботу з розширення структури регіонального ПЗФ, його оптимізації та шукати нові форми охорони.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження і розроблені нами заходи щодо оптимізації складу і структури ПЗФ Любомльського району та рекреаційної діяльності в його межах рекомендуємо використовувати під час наукових досліджень і практичної діяльності фахівцям-екологам, спеціалістам у сфері туризму, рекреації, раціонального природокористування, а також в еколого-просвітницькій роботі.

Література

1. Геренчук К. І. Природа Волинської області. Львів : Каменяр, 1975. 147 с.
2. Чайковський М. П. Пам'ятки природи Волині. Львів : Каменяр, 1977. 80 с.
3. Система категорій природно-заповідного фонду України та питання її оптимізації / Андрієнко Т.Л. та ін. ; за ред. д. б. н., проф. Т. Л. Андрієнко. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. 60 с.
4. Природно-заповідний фонд Волинської області / Химин М. та ін. ; за ред. М. Химина. Луцьк : Ініціал, 1999. 48 с.
5. Безсмертнюк Т.П. Природно-антропогенні рекреаційно-туристські ресурси Північно-Західного регіону України. *Молодий вчений.* 2015. № 12 (27). Частина 3. С.143-151.
6. Павлов В. І., Черчик Л. М. Рекреаційний комплекс Волині: теорія, практика, перспективи. Луцьк : Надстир'я, 1998. 129 с.
7. Карпюк З.К. Розвиток заповідної справи на волинському Поліссі. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій: збірник наукових праць.* 2013. № 10. С. 55-63.
8. Карпюк З.К., Фесюк В.О., Антипюк О.В. Природно-заповідний фонд Волинської області: альбом-каталог. Луцьк : Вежа, 2018. 136 с.
9. Гулай Л.Д., Сакура Б.І. Характеристика природно-заповідного фонду Волинської області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології.* 2016. №3-4 (26). С. 62-69.
10. Ковальчук І. П., Павловська Т.С., Савчук Д.В. Природно-заповідний фонд басейну р. Стохід: сучасний стан, картографічна модель, шляхи оптимізації функціонування. *Збірник наукових праць «Часопис картографії».* 2011. Вип. 3. С. 82-91.
11. Нетробчук І. М., Музиченко О. С., Чижевська Л. Т. Стан природно-заповідного фонду Волині. *Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки.* 2008. №.13. С. 135-140.
12. Химин М. В. Сучасний стан природно-заповідного фонду Волинської та Рівненської областей. *Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки.* 2007. № 11 (ч. II). С. 47-55.
13. Об'єкти природно-заповідного фонду Волинської височини / Мельник В. І. та ін. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій :* збірник наукових праць. Волинський національний університет ім. Лесі Українки. 2010. № 7. С. 117-136.
14. Федонюк В., Федонюк М. Аналіз можливостей використання нових рекреаційно-туристичних об'єктів Любомльського району Волинської області. *Суспільно-географічні чинники розвитку регіонів* : матеріали IV Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (м. Луцьк, 9-10 квітня 2020 р.) / за ред. Ю. М. Барського, С. О. Пугача. 2020. С. 109-111.
15. Федонюк В.В., Гей Д.В., Дорош С.А. Геоінформаційні ресурси для вивчення об'єктів природно-заповідного фонду Волинської області. *Охорона довкілля*: збірник наукових статей XVI Всеукраїнських наукових Таліївських читань. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. С. 143-146.
16. Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: колективна монографія / за ред. В.О. Фесюка. Київ: ТОВ «Підприємство «Ві Ен Ей», 2016. 316 с.
17. Екомережа України та її природні ядра / Шеляг-Сосонко Ю.Р., Ткаченко В.С., Андрієнко Т.Л., Мовчан Я.І. *Український Ботанічний Журнал.* 2005. Т. 62, № 2. С. 142-159.
18. Шеляг-Сосонко Ю. Наукові засади встановлення принципів і критерії територіальної структури екомережі та екосистемних параметрів її складових. *Національна мережа України : пріоритети формування* : Збірник статей та виступів на Нац. конф. (Київ, 22 січ. 2001 р.). Київ. 2001. С. 17-21.
19. Екологічна мережа України: сучасний стан та перспективи розвитку / Фесюк В.О., Федонюк М. А., Федонюк В.В., Мороз І.А. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія.* 2012. № 2 (Випуск 32). С. 160-164.
20. Грищенко Ю. М., Яковишина М. С. Екологічні мережі Волині. *Науковий вісник Волинського державного університету ім. Лесі Українки.* 2007. № 11, ч. 2. С. 104-108.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Афанасьєв Віталій Валентинович (Кривий Ріг) – кандидат технічних наук, доцент, кафедра промислового, цивільного і міського будівництва, Криворізький національний університет;

Барштейн Віктор Юрійович (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії, Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки Національної академії наук України»;

Бистрянцева Анастасія Миколаївна (Херсон) – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри алгебри, геометрії та математичного аналізу, Херсонський державний університет;

Біушкін Олексій Ігорович (Київ) – головний спеціаліст відділу внутрішнього аудиту, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України;

Блюм Ярослав Борисович (Київ) – доктор біологічних наук, професор, академік Національної академії наук України, директор, Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки Національної академії наук України»;

Боброва Марія Сергіївна (Кропивницький) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та методики її викладання, Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка;

Босак Павло Володимирович (Львів) – кандидат технічних наук, викладач кафедри екологічної безпеки, навчально-наукового інституту цивільного захисту, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності;

Валерко Руслана Анатоліївна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології, Поліський національний університет;

Валовой Максим Олександрович (Кривий Ріг) – кандидат технічних наук, доцент, кафедра промислового, цивільного і міського будівництва, Криворізький національний університет;

Валовой Олександр Іванович (Кривий Ріг) – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри промислового, цивільного і міського будівництва, Криворізький національний університет;

Васютинська Катерина Анатоліївна (Одеса) – кандидат хімічних наук, доцент, кафедра прикладної екології та гідрогазодинаміки, Державний університет «Одеська політехніка»;

Вербицький Сергій Тарасович (Львів) – кандидат фізико-математичних наук, провідний науковий співробітник, завідувач відділу сейсмічності Карпатського регіону, Інститут геофізики імені С.І. Субботіна Національної академії наук України;

Волошин Олексій Григорович (Чернігів) – аспірант кафедри екології та охорони природи природничо-математичного факультету, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка;

Волошина Наталія Олексіївна (Київ) – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології, Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова;

Герасимчук Людмила Олександрівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології, Поліський національний університет;

Гнедіна Катерина Володимирівна (Чернігів) – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри бухгалтерського обліку, оподаткування та аудиту, Національний університет «Чернігівська політехніка»;

Голодаєва Олена Анатоліївна (Київ) – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фармації, Київський міжнародний університет;

Гунько Світлана Олександрівна (Кам'янське) – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Дніпровський державний технічний університет;

Демидов Олександр Анатолійович (Центральне) – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, директор, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;

Денисенко Інна Юріївна (Київ) – кандидат технічних наук, доцент кафедри екологічного аудиту та експертизи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Дзюбенко Олена Володимирівна (Переяслав) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології, методології та методики навчання, Університет імені Григорія Сковороди в Переяславі;

Дубінський Денис Валерійович (Київ) – аспірант кафедри екології факультету природничо-географічної освіти та екології, Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова;

Дячок Василь Володимирович (Львів) – доктор технічних наук, професор кафедри екології та збалансованого природокористування, Інститут сталого розвитку імені В'ячеслава Чорновола Національного університету «Львівська Політехніка»;

Загородня Сніжана Анатолівна (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу досліджень навколишнього середовища, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України;

Зелена Любов Борисівна (Київ) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фізіології промислових мікроорганізмів, Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного Національної академії наук України;

Іванець Олег Романович (Львів) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри зоології, Львівський національний університет імені Івана Франка;

Іванців Василь Володимирович (Луцьк) – кандидат історичних наук, завідувач кафедри екології та агрономії факультету аграрних технологій та екології, Луцький національний технічний університет;

Іващенко Тарас Григорович (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри екологічного аудиту та експертизи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Ігнатишин Адальберт Васильович (Львів) – інженер відділу сейсмічності Карпатського регіону, Інститут геофізики імені С. І. Субботіна Національної академії наук України;

Ігнатишин Василь Васильович (Львів-Берегове) – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник відділу сейсмічності Карпатського регіону, Інститут геофізики імені С. І. Субботіна Національної академії наук України; доцент кафедри географії та туризму, Закарпатський угорський інститут;

Ігнатишин Моніка Бейлівна (Львів) – провідний інженер відділу сейсмічності Карпатського регіону, Інститут геофізики ім..С.І. Субботіна НАН України.

Іжак Тібор Йосипович (Берегове) – кандидат географічних наук, PhD, доцент кафедри географії та туризму, Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II;

Ільїна Валентина Григорівна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та охорони довкілля, Одеський державний екологічний університет;

Карпенко Юрій Олександрович (Київ) – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри екології та охорони природи, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка;

Кізілова Наталія Миколаївна (Харків) – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри прикладної математики факультету математики і інформатики, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Коваль Світлана Юріївна (Київ) – старший викладач кафедри фундаментальних дисциплін, Міжнародний Європейський університет;

Копилова Татяна Валерьйовна (Мелітополь) – старший викладач кафедри екології, загальної біології та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького;

Кошелєв Василь Олександрович (Мелітополь) – доктор біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології, загальної біології та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького;

Кошелєв Олександр Іванович (Мелітополь) – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри екології, загальної біології та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького;

Красовський Володимир Васильович (Хорол) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, директор, Хорольський ботанічний сад;

Крета Дмитро Леонідович (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу природних ресурсів, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України;

Кривцова Марина Валеріївна (Ужгород) – доктор біологічних наук, доцент кафедри генетики, фізіології рослин і мікробіології, біологічного факультету, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»;

Кулікова Дар'я Володимирівна (Дніпро) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»;

Кучеренко Юлія Олександрівна (Мелітополь) – студентка II курсу магістратури хіміко-біологічного факультету, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького;

Лінкевич Олена Олександрівна (Кривий Ріг) – провідний інженер відділу природної та культурної флори, Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України;

Мазур Павло Дмитрович (Чернігів) – аспірант кафедри біології, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка;

Машков Олег Альбертович (Київ) – доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, професор кафедри екологічної безпеки, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Мовчан Сергій Васильович (Кропивницький) – викладач кафедри географії та геоекології, Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка;

Новак Володимир Володимирович (Бар) – викладач циклової комісії природничих дисциплін комунального закладу вищої освіти, Барський гуманітарно-педагогічний коледж імені Михайла Грушевського;

Панькевич Сергій Григорович (Луцьк) – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та агрономії факультету аграрних технологій та екології, Луцький національний технічний університет;

Пикало Сергій Володимирович (Центральне) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;

Приходько Артем Петрович (Житомир) – студент ІІ курсу магістратури факультету лісового господарства та екології, Поліський національний університет;

Прокопік Наталія Іванівна (Центральне) – молодший науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;

Радчук Ігор Валентинович (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу досліджень навколишнього середовища, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України;

Рибка Катерина Миколаївна (Центральне) – кандидат біологічних наук, науковий співробітник лабораторії патентно-кон'юнктурних досліджень, економіки та інтелектуальної власності, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;

Ричак Наталія Львівна (Харків) – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та менеджменту довкілля, Навчально-науковий інститут екології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;

Романовська Ольга Романівна (Ізмаїл) – старший викладач, провідний фахівець-викладач професійної технічної англійської мови, Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»;

Русин Ірина Богданівна (Львів) – кандидат біологічних наук, доцент, докторант кафедри екології та збалансованого природокористування, Інститут сталого розвитку імені В'ячеслава Чорновола Національного університету «Львівська Політехніка»;

Савенко Маріанна Вікторівна (Ужгород) – здобувач, Ужгородський національний університет;

Соболєва Варвара Григорівна (Житомир) – студент ІІ курсу магістратури факультету лісового господарства та екології, Поліський національний університет;

Солошич Ірина Олександрівна (Кременчук) – доктор педагогічних наук, доцент кафедри екологічної безпеки та організації природокористування, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського;

Сушко Дмитро Юрійович (Київ) – аспірант кафедри екології факультету природничо-географічної освіти та екології, Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова;

Тімофєєва Вікторія Олександрівна (Ізмаїл) – кадет ІІ курсу, спеціальність «Менеджмент в галузі річкового і морського транспорту», Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»;

Тірон-Воробйова Наталія Борисівна (Ізмаїл) – кандидат технічних наук, докторант, доцент, Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»;

Ткачук Наталія Василівна (Чернігів) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка;

Федонюк Віталіна Володимирівна (Луцьк) – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та агрономії факультету аграрних технологій та екології, Луцький національний технічний університет;

Федонюк Микола Ананійович (Луцьк) – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та агрономії факультету аграрних технологій та екології, Луцький національний технічний університет;

Федурця Олена Іванівна (Ужгород) – завідувач бактеріологічної лабораторії, Ужгородська філія Державної установи «Закарпатський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України»;

Харченко Михайло Володимирович (Центральне) – кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;

Чугай Ангеліна Володимирівна (Одеса) – доктор технічних наук, доцент, декан природоохоронного факультету, Одеський державний екологічний університет;

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 та геоінформаційних технологій, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Шеявкіна Наталя Анатоліївна (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу досліджень навколишнього середовища, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України;

Юе Чжен (Яньчен) – магістр з ГІС, секретар відділу науки та технологій, Яньченський політехнічний коледж, Китай;

Юрченко Тетяна Василівна (Центральне) – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

НОТАТКИ

Наукове видання

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ **4(37)**

- ***Екологічний моніторинг***
- ***Екологія водних ресурсів***
- ***Екологія і виробництво***
- ***Екологія та економіка природних ресурсів***
- ***Екологія в історичному аспекті***
- ***Теоретична екологія***
- ***Загальні проблеми екологічної безпеки***
- ***Поводження з відходами***
- ***Проблеми сталого розвитку***
- ***Біологічна безпека***
- ***Зміна клімату***
- ***Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття***
- ***Розвиток природно-заповідного фонду України***

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. Інглезі, 6/1
Тел. +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua

Підписано до друку 20.09.2021. Формат 64x84/8.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 23,25. Тираж 100. Замовлення № 1021/373.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета