

ISSN 1992-4259 (Print)
ISSN 2415-7651 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ВІСНИК
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені В. Н. КАРАЗИНА
СЕРІЯ «ЕКОЛОГІЯ»

ЗАСНОВАНА 2005 р.

Випуск 24

VISNYK
of V. N. KARAZIN
KHARKIV NATIONAL
UNIVERSITY
SERIES «ECOLOGY»

Issue 24

ВЕСТНИК
ХАРЬКОВСКОГО
НАЦИОНАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА
имени В. Н. КАРАЗИНА
СЕРИЯ «ЭКОЛОГИЯ»

Выпуск 24

Харків
2021

У віснику надаються результати теоретичних та прикладних досліджень у галузі екології, географії, біології, екологічної безпеки, охорони навколишнього середовища та збалансованого природокористування. Пріоритет надано розв'язанню актуальних екологічних проблем та найкращим практикам міжнародного досвіду їх вирішення, екологічному менеджменту, медико-екологічним дослідженням, інноваційним дослідженням в галузі біотехнології, біохімії, генетики, екології людини, фізіології рослин і тварин, конструктивної географії, екології та збалансованого природокористування. Викладаються питання організації та методологічних досліджень національної вищої екологічної, біологічної, географічної та природоохоронної освіти.

Для науковців і фахівців-екологів, біологів, географів, а також викладачів, аспірантів, магістрів і студентів вищих навчальних закладів України та інших країн без будь-яких обмежень

Вісник є фаховим виданням у галузі географічних та біологічних наук (категорія Б)
Наказ МОН України від 17.03.2020 № 409

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (протокол 6 від 31.05. 2021 р.)

Головний редактор:

Крайнюков О. М., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

Заступник головного редактора:

Тітенко Г. В., канд. геогр. наук, доц., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

Відповідальний секретар:

Уткіна К. Б., канд. геогр. наук, доц., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

Технічний секретар: **Баскакова Л. В.**, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна.

Редакційна колегія:

Адаменко М. І. д-р техн. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

Бедункова О. О., д-р біол. наук, проф., Національний університет водного господарства та природокористування;

Бойко С., д-р філософії, Вармінсько-Мазурський університет, Польща;

Гавардашвілі Г., д-р техн. наук, проф., Інститут водного господарства імені Ц. Мірцхулави, Грузія;

Гриценко А. В., д-р геогр. наук, проф., НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»;

Доніка А., д-р філософії, Інститут екології та географії, Молдова;

Едіріппуліге С., д-р географії, Університет Квінсленду, Австралія;

Жолткевич Г. М., д-р техн. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

Кіосопулос Дж., д-р філософії, проф., Афінівський університет прикладних наук, м. Афіни, Греція;

Крайнюкова А. М., д-р біол. наук, проф., НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»;

Кривцов В., д-р філософії, Единбургський університет, Великобританія;

Кульбачко Ю. Л., д-р біол. наук, проф., Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара;

Кучер А. В., канд. пед. наук, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Максименко Н. В., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Медведєв В. В., д-р біол. наук, проф., ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського НААН»;

Млинарчик К., д-р, проф., Вармінсько-Мазурський університет, Польща;

Нахтнебель Х.-П., д-р, проф., Університету природних ресурсів та прикладних наук у Відні – ВОКУ, Австрія;

Некос А. Н., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

Сафранов Т. А., д-р геол.-мин. наук, проф., Одеський державний екологічний університет;

Страшнюк В. Ю., д-р біол. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

Утєвська О. М., д-р біол. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

Цапко Ю. Л., д-р біол. наук., с.н.с., ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського НААН»;

Чаплигіна А. Б., д-р біол. наук, проф., Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди;

Шабанов Д. А., д-р біол. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

Шкарубо А., д-р філософії, Естонський університет наук про життя, Естонія.

Адреса редакційної колегії: 61022, Харків, майдан Свободи, 6, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, навчально-науковий інститут екології, кімн. 473а

тел. (057)707-53-86, 705-09-66, 707-56-36, e-mail : visnykecology@karazin.ua

Web-pages: <http://periodicals.karazin.ua/ecology> (OJS) <http://visnecology.univer.kharkov.ua/>

Статті пройшли подвійне «сліпе» рецензування.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, власних імен тощо.

Свідоцтво про державну реєстрацію: КВ № 21557-11457Р від 21.08.2015

© Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, оформлення, 2021

The journal provides the results of theoretical and applied research in the fields of ecology, geography, biology, environmental safety, environmental protection and sustainable use of nature. Priority is given to finding new ways for solution of existing environmental problems and identification of the best international practices, as well as issues of environmental management, medical-environmental researches, innovative research in biotechnology, biochemistry, genetics, human ecology, plant and animal physiology, constructive geography, ecology and sustainable environmental management. The issues of development and methodological researches in national higher education in geographic, biological and environmental sciences are presented.

For scientists and specialists-ecologists, biologists, geographers, as well as for teachers, graduate students, masters and students of higher educational establishments of Ukraine and other countries without any restrictions

Journal is a professional edition in the field of geographical and biological sciences.
Order of MES of Ukraine Nr 409 of March 17, 2020

Approved for printing by the decision of the Academic Council of V.N. Karazin Kharkiv National University
(Minutes Nr 6, dated May 31, 2021)

Editor-in-chief: **Krainiukov O. M.**, DSc (Geography), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Deputy Editor: **Titenko, G. V.**, PhD (Geography), Assoc. Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Executive Secretary: **Utkina K. B.**, PhD (Geography), Assoc. Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Technical Secretary: **Baskakova L. V.**, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine.

THE EDITORIAL BOARD

Adamenko M. I., DSc (Technical), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Biedunkova O. O., DSc (Biology), Prof., National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine;
Boyko S., PhD, Forest Culture Center in Goluchow, Poland;
Gavardashvili G., DSc (Technical Sciences), Prof., Ts. Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University, Georgia;
Grytsenko A. V., DSc (Geography), Prof., Scientific and Research Institution "Ukrainian Scientific and Research Institute of Ecological Problems", Ukraine;
Donica A., DSc (Geography), Institute of Ecology and Geography, Moldova;
Edirippulige S., DSc (Geography), University of Queensland, Australia;
Zholtkevych G. M., DSc (Technical Sciences), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Kiousopoulos J., PhD, Prof., University of West Attica, Greece;
Krainiukova A. M., DSc (Biology), Prof., Scientific and Research Institution "Ukrainian Scientific and Research Institute of Environmental Problems", Ukraine;
Krivtsov V., PhD, University of Edinburgh, United Kingdom;
Kulbachko Y. L., DSc (Biology), Prof., Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine;
Kucher A. V., PhD (Pedagogy), V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Maksymenko N. V., DSc (Geography), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Medvedev V. V., DSc (Biology), Prof., National Scientific Center "Institute for soil science and agrochemistry research named after A. N. Sokolovsky", Ukraine;
Mlynarchik K., DSc, Prof., University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland;
Nachtnebel H.-P., DSc (Technical Sciences), Prof., University of Natural Resources and Life Sciences, Austria;
Nekos A. N., DSc (Geography), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Safranov T. A., DSc (Geology and Mineralogy), Prof., Odessa State Environmental University, Ukraine;
Strashnyuk V. Y., DSc (Biology), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Utevska O. M., DSc (Biology), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Tsapko Y. L., DSc (Biology), Prof., National Scientific Center "Institute for soil science and agrochemistry research named after A.N. Sokolovsky", Ukraine;
Chaplygina A. B., DSc (Biology), Prof., H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, Ukraine;
Shabanov D. A., DSc (Biology), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Shkarubo A., PhD, Estonian University of Life Sciences, Estonia.

Editorial Board Address: 6 Svobody Sq., 61022, Kharkiv, V.N. Karazin Kharkiv National University,
The Karazin Institute of Environmental Sciences, office 473a
tel. (057) 707-53-86, 705-09-66, 707-56-36, e-mail: visnykecology@karazin.ua
Web-pages: <http://periodicals.karazin.ua/ecology> (OJS) <http://visnecology.univer.kharkov.ua/>

Double-blind peer review was conducted.

The authors of the published materials are solely responsible for the selection, accuracy of the facts, proper names, etc.
The state registration certificate: KB Nr 21557-11457P dated August 21, 2015

© V.N. Karazin Kharkiv National University,
design, 2021

В вестнике предоставляются результаты теоретических и прикладных исследований в области экологии, географии, биологии, экологической безопасности, охраны окружающей среды и сбалансированного природопользования. Приоритет отдан решению актуальных экологических проблем и лучшим практикам международного опыта их решения, экологическому менеджменту, медико-экологическим исследованиям, инновационным исследованиям в области биотехнологии, биохимии, генетики, экологии человека, физиологии растений и животных, конструктивной географии, экологии и сбалансированного природопользования. Излагаются вопросы организации и методологических исследований национального высшего экологического, биологического, географического и природоохранного образования.

Для ученых и специалистов-экологов, биологов, географов, а также преподавателей, аспирантов, магистров и студентов высших учебных заведений Украины и других стран без каких-либо ограничений

Вестник является специализированным изданием в области географических и биологических наук (кат. Б)
Приказ МОН Украины от 17.03.2020 № 409

Утверждено к печати решением Ученого совета Харьковского национального университета
имени В.Н. Каразина (протокол № 6 от 31.05.2021 г.)

Главный редактор:

Крайнюков А. Н., д-р геогр. наук, проф., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;

Заместитель главного редактора:

Титенко А. В., канд. геогр. наук, доц., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;

Ответственный секретарь:

Уткина К. Б., канд. геогр. наук, доц., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;

Технический секретарь: **Баскакова Л. В.**, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина.

Редакционная коллегия:

Адаменко Н. И., д-р техн. наук, проф., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;

Бедункова О. А., д-р биол. наук, проф., Национальный университет водного хозяйства и природопользования;

Бойко С., д-р философии, Варминско-Мазурский университет, Польша;

Гавардашвили Г., д-р техн. наук, проф., Институт водного хозяйства имени Ц. Мирцхулава Технического университета Грузии, Грузия;

Гриценко А. В., д-р геогр. наук, проф., НДУ «Украинский НИИ экологических проблем»;

Доника А., д-р географии, Институт экологии и географии, Молдова;

Едириппулиге С., д-р географии, Университет Квинсленда, Австралия;

Жолткевич Г. Н., д-р техн. наук, проф., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;

Киосопулос Дж., Д-р философии, проф., Афинский университет прикладных наук, Греция;

Крайнюкова А. Н., д-р биол. наук, проф., НДУ «Украинский НИИ экологических проблем»;

Кривцов В., д-р философии, Эдинбургский университет, Великобритания;

Кульбачко Ю. Л., д-р биол. наук, проф., Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара;

Кучер А. В., канд. пед. наук, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина;

Максименко Н. В., д-р геогр. наук, проф., Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина;

Медведев В. В., д-р биол. наук, проф., ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского НААН»;

Млынарчик К., д-р, проф., Варминско-Мазурский университет, Польша;

Нахтнбель Х.-П., д-р, проф., Университета природных ресурсов и прикладных наук - ВОРКУ, Австрия;

Некос А. Н., д-р геогр. наук, проф., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;

Сафранов Т. А., д-р геол.-мин. наук, проф., Одесский государственный экологический университет;

Страшнюк В. Ю., д-р биол. наук, проф., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;

Утевская О. М., д-р биол. наук, проф., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;

Цапко Ю. Л., д-р биол. наук, с.н.с., ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского НААН»;

Чаплыгина А. Б., д-р биол. наук, проф., Харьковский национальный педагогический университет им. Г. С. Сковороды;

Шабанов Д. А., д-р биол. наук, проф., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина.

Шкарубо А., д-р философии, Эстонский университет наук о жизни, Эстония;

Адрес редакционной коллегии: 61022, Харьков, площадь Свободы, 6, Харьковский национальный университет

имени В.Н. Каразина, учебно-научный институт экологии, комн. 473а

тел. (057) 707-53-86, 705-09-66, 707-56-36, e-mail: visnykecology@karazin.ua

Web-pages: <http://periodicals.karazin.ua/ecology> (OJS) <http://visnecology.univer.kharkov.ua/>

Статьи прошли двойное «слепое» рецензирование.

Авторы опубликованных материалов несут полную ответственность за подбор, точность приведенных фактов, имен и т. п.

Свидетельство о государственной регистрации: КВ № 21557-11457Р от 21.08.2015

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ

Яцентюк Ю. В. Сучасна ландшафтно-технічна структура території міста Вінниці.....	8
Пастернак О. М., Данилова С. В. Порівняльний аналіз даних систем моніторингу атмосферного повітря.....	20
Мартинюк В. О., Андрійчук С. В. Оцінка еколого-географічного стану басейнової системи озера Стрільське (гідрологічна пам'ятка природи).....	31

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Буц Ю. В. Зміни екологічного стану поверхневого водного об'єкта в умовах техногенного навантаження.....	47
Некос А. Н., Муромцева Ю. І. Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин у атмосферу на показники первинної захворюваності населення (на прикладі Харківської області).....	57
Караїм О. А., Гулай Л. Д., Юрченко О. М., Бакараєв О. А., Джам О. А., Музиченко О. С., Лавринюк З. В. Екологічна оцінка впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин ДП «Колківське ЛП».....	66
Чорногор Л. Ф., Некос А. Н., Тітенко Г. В., Чорногор Л. Л. Екологічні наслідки великомасштабних лісових пожеж в Україні навесні – влітку – восени 2020 р.....	79

ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Гололобова О. О., Кобець Т. О., Хижняк А. Ю. Оцінка компетенцій природокористування власників приватних садиб.....	91
--	----

БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Крайнюкова А. М., Крайнюков О. М., Кривицька І. А. Використання методик біотестування для оцінювання екологічного стану поверхневих вод	103
Дементєєва Я. Ю., Андрусенко Л. Ю., Мухіна О. Ю., Чепурна Н. П. Вміст важких металів в організмах герпетобіонтних членистоногих тварин на території полігонів твердих побутових відходів міста Харкова.....	117
Коваль І. З. Вплив гелію та кавітації на процес життєдіяльності дріжджів.....	126
Тимчук К. Ю., Баглей О. В., Жук А. В., Филипчук Т. В., Федоряк М. М. Епізоотична ситуація щодо вароозу медоносних бджіл (<i>Apis Mellifera</i>) окремих районів Чернівецької області.....	133

ХРОНІКА

Максименко Н. В., Сонько С. П. Секція «Екологія і життєвий простір» IV міжнародного наукового конгресу «Society of Ambient Intelligence 2021».....	141
Некос А. Н., Уткіна К. Б., Кривицька І. А. Міжнародна конференція «Екологічна безпека – сучасні напрямки та перспективи вищої освіти»: перший досвід.....	144
Уткіна К. Б., Тітенко Г. В. Міжнародна кооперація Каразінського навчально-наукового інституту екології у 2020 році: діяльність та результати	146
Правила для авторів.....	149

CONTENTS

ECOLOGICAL RESEARCHES OF GEOSYSTEM

Yatsentyuk Yu. V. Modern Landscape-Technical Structure of Vinnytsia City Territory.....	8
Pasternak O. M., Danylova S. V. Comparative Analysis of Atmospheric Air Monitoring Systems Data.....	20
Martyniuk V. O., Andriichuk S. V. Assessment of the Ecological and Geographical Condition of the Basin System Lakes Strilske (Hydrological Monument of Nature).....	31

ENVIRONMENTAL ECOLOGICAL SAFETY

Ponomarenko R.V. Plyatsuk L.D., Buts Y. V. Changes in the Ecological Status of the Surface Water Body Under Man-Made Conditions.....	47
Nekos A. N., Muromtseva Yu. I. Estimation of the Air Emissions of Pollutants Influence on Primary Morbidity Indicator of the Population : Case in Kharkiv Region – Ukraine.....	57
Karaim O. A., Gulay L. D., Yurchenko O. M., Bakaraiev O. A., Dzham O. A., Muzychenko O. S., Lavrynyuk Z. V. Environmental Impact Assessment Caused by Emissions from the State Enterprise ‘Kolky Forestry’.....	66
Chernogor L. F., Nekos A. N., Titenko G. V., Chornohor L. L. Ecological Consequences of Large-Scale Forest Fires in Ukraine in Spring – Summer – Autumn 2020.....	79

SUSTAINABLE USE OF NATURE

Gololobova O. O., Kobets T. O., Khyzniak A. Yu. Assessment of Competences of Nature Management of Private Farmers.....	91
--	----

BIOLOGICAL RESEARCH

Krainiukova A. M., Krainiukov O. M., Kryvytska I. A. Use of Biotesting Methods for Assessing the Ecological Condition of Surface Waters.....	103
Dementieieva Ya. Yu, Andrusenko L. Yu., Mukhina O. Yu., Chepurna N. P. Heavy Metals Content in Herpetobiontic Arthropoda on the Territory of Landfills of the Kharkiv City	117
Koval I. Z. The Influence of Helium And Cavitation on the Yeast Life Process.....	126
Tymchuk K. Y., Baglei O. V., Zhuk A. V., Fylypchuk T. V., Fedoriak M. M. Epizootic Situation on Honey Bees (<i>Apis Mellifera</i>) Varoosis in Selected Areas Within Chernivtsi Region (Ukraine).....	133

CHRONICLE

Maksymenko N. V., Sonko S. P. Section «Ecology and Living Space» of IV International Scientific Congress «Society of Ambient Intelligence 2021».....	141
Nekos A. N., Utkina K. B., Kryvytska I. A. International Conference “Environmental Safety – Advanced Directions and Ways for Higher Education Development”: First Experience.....	144
Utkina K. B., Titenko G. V. International Cooperation of the Karazin Institute of Environmental Sciences: Activity and Outputs.....	146
Instructions for Authors	149

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ

- Яцентюк Ю. В.**
Современная ландшафтно-техническая структура территории города Винницы..... 8
- Пастернак Е. Н., Данилова С. В.:**
Сравнительный анализ данных систем мониторинга атмосферного воздуха..... 20
- Мартынюк В. А., Андрийчук С. В.**
Оценка эколого-географического состояния бассейновой системы озера Стрельское (гидрологический памятник природы)..... 31

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Буц Ю. В.**
Исследование изменения экологического состояния поверхностного водного объекта в условиях техногенной нагрузки..... 47
- Некос А. Н., Муромцева Ю. И.**
Оценка влияния выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на показатели первичной заболеваемости населения (на примере Харьковской области)..... 57
- Караим О. А., Гулай Л. Д., Юрченко О. Н., Бакараев О. А., Джам Е. А., Музыченко О. С., Лавринюк З. В.**
Экологическая оценка воздействия на окружающую среду выбросов загрязняющих веществ ГП «Колковское ЛП»..... 66
- Черногор Л. Ф., Некос А. Н., Титенко А. В., Черногор Л. Л.**
Экологические последствия крупномасштабных лесных пожаров в Украине весной - летом - осенью 2020 г..... 79

СБАЛАНСИРОВАННОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Гололобова Е. А., Кобец Т. А., Хижняк А. Ю.**
Оценка компетенций природопользования владельцев частных усадеб..... 91

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Крайнюкова А. Н., Крайнюков А. Н., Кривицкая И. А.**
Использование методик биотестирования для оценки экологического состояния поверхностных вод 103
- Дементеева Я. Ю., Андрусенко Л. Ю., Мухина О. Ю., Чепурная Н. П.**
Содержание тяжелых металлов в организмах герпетобионтных членистоногих животных на территории полигонов твердых бытовых отходов города Харькова..... 117
- Коваль И. З.**
Влияние гелия и кавитации на процесс жизнедеятельности дрожжей..... 126
- Тимчук К. Ю., Баглей О. В., Жук А. В., Филипчук Т. В., Федоряк М. М.**
Эпизоотическая ситуация по варрозу медоносных пчел (*Apis Mellifera*) отдельных районов Черновицкой области..... 133

ХРОНИКА

- Максименко Н. В., Сонько С. П.**
Секция «Экология и жизненное пространство» IV международного научного конгресса «Society of Ambient Intelligence 2021»..... 141
- Некос А. Н., Уткина К. Б., Кривицкая И. А.**
Международная конференция «Экологическая безопасность – современные направления и перспективы высшего образования»: первый опыт..... 144
- Уткина К. Б., Титенко Г. В.**
Международная кооперация Каразинского учебно-научного института экологии в 2020 году: деятельность и результаты..... 146
- Правила для авторов..... 149**

ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ

УДК (UDC): 911.375.5 (477.4)

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-01>

Ю. В. ЯЦЕНТЮК, д-р геогр. наук, доц.

*Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського
вул. Острозького, 32, 21000, Вінниця, Україна*

e-mail: yatsentyuk@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2906-4828>

СУЧАСНА ЛАНДШАФТНО-ТЕХНІЧНА СТРУКТУРА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ВІННИЦІ

Мета. Виявити особливості сучасної ландшафтно-технічної структури міста Вінниці для поліпшення стану міського середовища.

Методи. Системний аналіз, картографічний, аналітико-картографічний аналіз, польові.

Результати. Місто Вінниця представлено селитебною ландшафтно-технічною полісистемою. У ній виділено дві ландшафтно-технічних урбосистеми: власне селитебна на хвилястих лесових височинах, що розчленовані балками і ярами, з дубово-грабовими лісами у минулому на сірих і світло-сірих лісових ґрунтах; промислово-селитебна на хвилястому лесовому плато з дубово-грабовими лісами у минулому на сірих лісових ґрунтах і чорноземах опідзолених. У структурі цих урбосистем виділено заплавні водно-рекреаційні, схилу лісогосподарську, вододільно-дорожню та вододільно-польову ландшафтно-антропогенні мезосистеми, вододільні малоповерхової житлової забудови, схилі малоповерхової житлової забудови, надзаплавно-терасові малоповерхової житлової забудови, надзаплавно-терасову середньо-багатоповерхової житлової забудови, надзаплавно-терасову промислово-житлової забудови, схилу промислово-складської забудови, вододільну промислово-складської забудови ландшафтно-технічні мезосистеми, руслово-гідроенергетичну, заплавно-ставкові рибогосподарські та заплавно водно-рекреаційну ландшафтно-інженерні мезосистеми.

Висновки. Виявлено, що у структурі сучасних ландшафтів Вінниці за площами переважають ландшафтно-технічні мезосистеми, найменші площі займають ландшафтно-інженерні мезосистеми. Домінують за площами ландшафтно-технічні мезосистеми малоповерхової житлової забудови. Вони переважають і в структурі ландшафтно-технічних мезосистем Вінниці. Для поліпшення стану міського середовища необхідно збільшити частку ландшафтно-антропогенних систем зелених насаджень, особливо навколо річок, доріг та промислових підприємств.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ландшафтно-антропогенна мезосистема, ландшафтно-технічна мезосистема, ландшафтно-інженерна мезосистема, тип міських ландшафтів

Yatsentyuk Yu. V.

Vinnitsia Mikhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Ostrozko St., 32, Vinnitsia, 21000, Ukraine

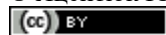
MODERN LANDSCAPE-TECHNICAL STRUCTURE OF VINNYTSIA CITY TERRITORY

Purpose. To identify the peculiarities of the modern landscape-technical structure of the city of Vinnitsia in order to improve the urban environment.

Methods: systematization of facts, finding of empirical relationships, analytical and cartographic analysis, cartographic, field researches.

Results. Vinnitsia is represented by a residential landscape-technical polysystem. Two landscape-technical urban systems are distinguished within the territory of the city: the residential located on undulating loess heights with gullies and ravines covered by oak-hornbeam forests on gray and light gray soils in past; and the industrial-residential located on a flat-undulating loess plateau with gray forest soils and podzolized black soils covered by hornbeam-oak forests in the past. In the structure of these urban systems there are floodplain water-recreational, slope forestry, watershed-road and watershed-field landscape-anthropogenic mesosystems, watersheds of low-rise residential buildings, sloping of low-rise residential buildings, floodplain-terrace of low-rise residential buildings, floodplain-terrace of medium multi-storey residential buildings, floodplain-terrace of industrial-residential buildings, sloping industrial-warehouse buildings, watershed industrial-warehouse buildings

© Яцентюк Ю. В., 2021



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

landscape-technical mesosystems, watercourse-hydropower, floodplain-pond fishery and floodplain water-recreational landscape-engineering mesosystems.

Conclusion. It was found that landscape-technical mesosystems are dominant in the structure of modern landscapes of Vinnytsia, the smallest areas are under landscape-engineering mesosystems. Landscape-technical mesosystems of low-rise residential buildings are dominant by areas. They predominate also in the structure of landscape-technical mesosystems of Vinnytsia. To improve the urban environment, it is necessary to increase the area with landscape-anthropogenic systems of greenery, especially around rivers, roads and industrial enterprises.

KEYWORDS: landscape-anthropogenic mesosystem, landscape-technical mesosystem, landscape-engineering mesosystem, type of urban landscapes

Яцентюк Ю. В.

Винницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, ул. Острожського, 32, Вінниця, 21000, Україна

СОВРЕМЕННАЯ ЛАНДШАФТНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВИННИЦЫ

Цель. Выявить особенности современной ландшафтно-технической структуры территории города Винницы для улучшения состояния городской среды.

Методы: систематизации фактов, нахождение эмпирических зависимостей, картографический, аналитико-картографического анализа, полевые.

Результаты. Город Винница представлен селитебной ландшафтно-технической полисистемой. В ней выделены две ландшафтно-технические урбосистемы: собственно селитебная на волнистых, расчлененных врезанными до кристаллических пород оврагами и балками, лессовых возвышенностях с серыми и светло-серыми лесными почвами, грабовыми рощами в прошлом; промышленно-селитебная на плоско-волнистом слабо расчлененном лессовом плато с серыми лесными почвами и черноземами оподзоленными под грабово-дубовыми лесами в прошлом. В структуре этих урбосистем выделены пойменные водно-рекреационные, склоновая лесохозяйственная, водораздельно-дорожная и водораздельно-полевая ландшафтно-антропогенные мезосистемы, водораздельные малоэтажной жилой застройки, склоновые малоэтажной жилой застройки, надпойменно-террасовые малоэтажной жилой застройки, надпойменно-террасовая средне-многоэтажной жилой застройки, надпойменно-террасовая промышленно-жилой застройки, склоновая промышленно-складской застройки, водораздельная промышленно-складской застройки ландшафтно-технические мезосистемы, руслово-гидроэнергетические, пойменно-прудовые рыбохозяйственные и пойменная водно-рекреационная ландшафтно-инженерные мезосистемы.

Выводы. Выявлено, что в структуре современных ландшафтов Винницы по площадям преобладают ландшафтно-технические мезосистемы, наименьшие площади занимают ландшафтно-инженерные мезосистемы. Доминируют по площадям ландшафтно-технические мезосистемы малоэтажной жилой застройки. Они преобладают и в структуре ландшафтно-технических мезосистем Винницы. Для улучшения состояния городской среды необходимо увеличить долю ландшафтно-антропогенных систем зеленых насаждений, особенно вокруг рек, дорог и промышленных предприятий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ландшафтно-антропогенная мезосистема, ландшафтно-техническая мезосистема, ландшафтно-инженерная мезосистема, тип городских ландшафтов

Вступ

У межах міст докорінних змін зазнають усі компоненти природи. Частина натуральних ландшафтних комплексів ієрархічних рівнів фацій та урочищ зникає. У процесі містобудівної діяльності первісна ландшафтна структура трансформується. На її основі виникають міські селитебні ландшафти. У них в органічній єдності з техногенним покривом формуються специфічні ландшафтно-технічні системи (ЛТЧС). Ці системи домінують за площами у містах і визначають умови життєдіяльності міського населення. Тому актуальною проблемою є визначення ландшафтно-технічної структури міських територій.

Ландшафтно-технічні системи міст досліджували українські вчені К. І. Геренчук, Л. І. Воропай, В. М. Гуцуляк, О. Ю. Дмитрук, Г. І. Дениsik, Я. Р. Дорфман, О. О. Кернична, В. Л. Казаков, М. М. Койнов, М. М. Куниця, І. С. Круглов, Ю. Г. Гютюнник, К. А. Позаченюк, німецькі географи Х. Пойкер та Г. Ріхтер, російські вчені А. С. Крюков, В. В. Покшишевський, Ф. М. Мільков, Ф. В. Тарасов, С. Н. Глазачев.

Серед українських географів ландшафтно-архітектурний комплекс перший вивчав М. М. Койнов [1]. Я. Р. Дорфман у ландшафтній структурі м. Чернівці за особливостями планування й забудови виділив ландшафтно-

планувальні райони, масиви, ділянки та смуги [2]. К. І. Геренчук розглядав місто у вигляді ландшафтно-архітектурного комплексу. Класифікація видів ландшафтів у ньому проводиться відповідно до критеріїв будівництва й архітектури [3].

Важливе завдання ландшафтознавчих досліджень міських територій за Ф. М. Мільковим – виявлення та аналіз особливостей ландшафтно-техногенних комплексів. За ступенем антропогенізації у їх структурі було виділено антропогенні ландшафти з фрагментами натуральних, геобіотичні системи, геотехногенні системи [4]. Ф.В. Тарасов провів типологію міських ландшафтів, визначив ієрархічну систему ЛТЧС у містах, поняття “техногенний покрив міста” [5].

Особливості селитебних ландшафтів міст Поділля досліджували М.М. Куниця і Л.І. Воропай [6]. Ю.Г. Тютюнник встановив фактори формування й розвитку міських ландшафтів, виявив їх геохімічні особливості [7]. І. С. Круглов вивчав міські ландшафти Львова [8], К. А. Позаченюк – Сімферополя [9], О. Ю. Дмитрук – Києва [10]. В.

М. Гуцуляк – Чернівців [11]. Ю. І. Жук дослідив соціоекологічний стан малих міст Львівської області [12], О. В. Терлецька виявила геоекологічний стан м. Дрогобича [13].

Міські ландшафти Вінниці першим почав вивчати Г. І. Денисик [14]. На початку XXI ст. нами було детально проаналізовано особливості ландшафтно-технічних систем м. Вінниці [15]. Але упродовж останніх п'ятнадцяти років з'явилися нові житлові масиви, у 2015 році територія міста збільшилась, змінилися його межі. Тому актуальним є дослідження сучасного стану ландшафтно-технічних систем Вінниці.

Мета – виявити особливості сучасної ландшафтно-технічної структури міста Вінниці для поліпшення стану міського середовища. Для цього необхідно було вирішити такі завдання: зібрати та проаналізувати польові, фондові та літературні матеріали; виділити та проаналізувати особливості ландшафтно-технічних систем; зробити карту ландшафтно-технічної структури міста Вінниці.

Об'єкти та методи досліджень

Об'єктом дослідження є ландшафтно-технічні системи сучасної території міста Вінниці.

Під час проведення досліджень використовувались такі методи: літературно-картографічний, логічні (абстракції, аналізу,

синтезу), теоретичного узагальнення, систематизації фактів, знаходження емпіричних залежностей, картографічний, аналітико-картографічного аналізу, польові (ключові, площадні та маршрутні).

Результати та обговорення

Виділяють такі 2 групи антропогенних ландшафтів у містах: ландшафтно-техногенні й ландшафтно-антропогенні системи [16, с. 7] (рис. 1). На більшій частині площі ландшафтно-антропогенної системи (ЛАС) докорінно трансформовано під впливом людини як мінімум один природний компонент [17]. На відміну від ландшафтно-техногенних систем (ЛТС), у ЛАС техногенний покрив не є фоновим.

У ландшафтно-техногенних системах виділяють ландшафтний, соціальний й технічний блоки. Розрізняють дві категорії ЛТС: ландшафтно-технічні та ландшафтно-інженерні системи [14, с. 36]. У ландшафтно-

технічних системах (ЛТЧС) техногенний покрив – пасивний, займає понад 50 % їх площі. У ЛТС техногенний покрив не перевищує 10 % їх площі, але є активним, тому істотно змінює ландшафтний комплекс [18].

Типологія міських ландшафтно-антропогенних і ландшафтно-техногенних систем проведена за функціями, які вони виконують. В їх ієрархії виділяються такі таксономічні структури (від найнижчої до найвищої): ділянка, група, масив, мікросистема, мезосистема, урбосистема, полісистема.

Територія Вінниці – це селитебна ландшафтно-технічна полісистема, що займає площу 11320 га. У її межах відповідно

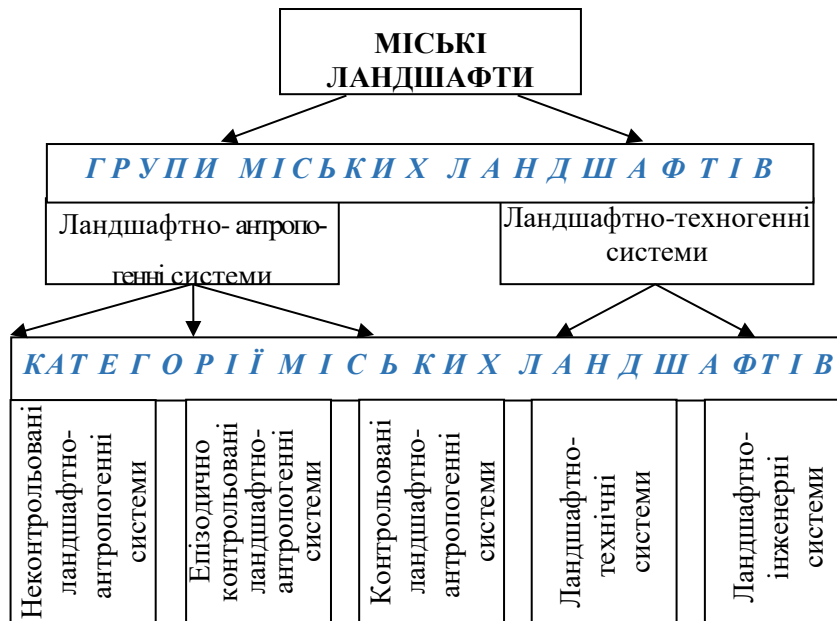


Рис. 1 – Групи та категорії міських ландшафтів

Fig. 1 – Groups and categories of urban landscapes

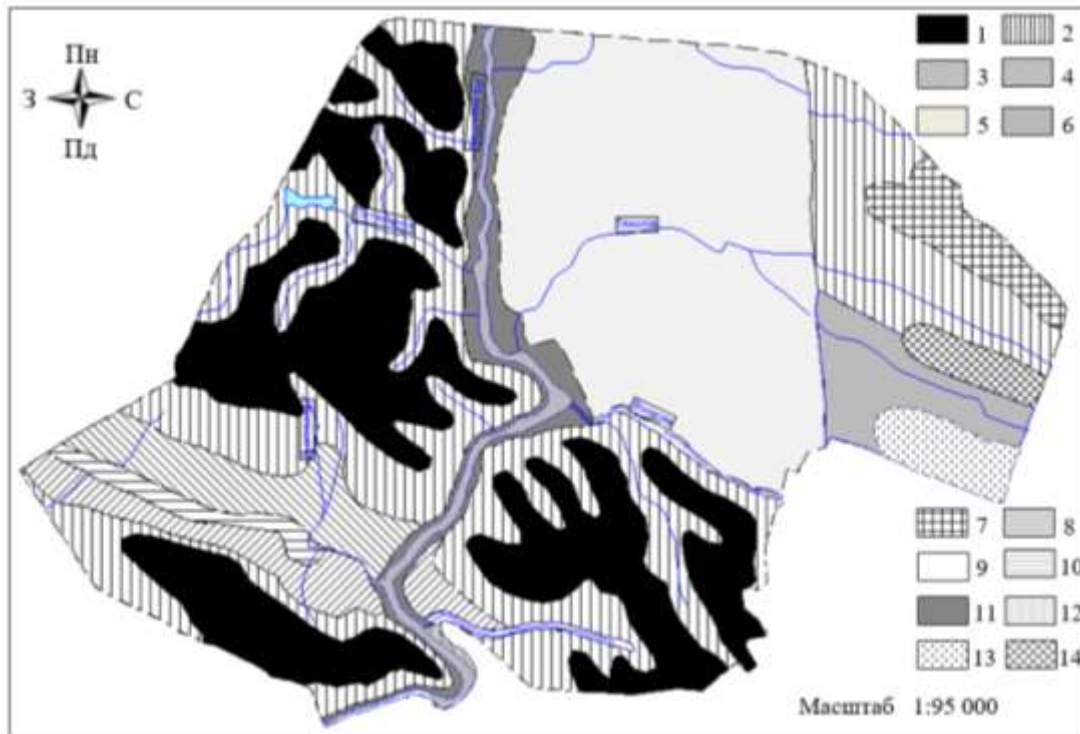
до натуральної й антропогенної ландшафтно-структури сформувались 2 ландшафтно-технічні урбосистеми: 1) власне селитебна на хвилястих лесових височинах, що розчленовані балками і ярами, з дубово-грабовими лісами у минулому на сірих і світло-сірих лісових ґрунтах; 2) промислово-селитебна на хвилястому лесовому плато з дубово-грабовими лісами у минулому на сірих лісових ґрунтах і чорноземах опідзолених. Межа між ними проходить правим берегом Південного Бугу та лівим берегом річки Вінничка.

У структурі цих урбосистем сформовано 25 мезосистем: по 6 ландшафтно-антропогенних та ландшафтно-інженерних, 13 ландшафтно-технічних. Кожна мезосистема займає конкретний тип місцевості, а разом вони формують сучасний пейзаж м. Вінниця (рис. 2).

Власне селитебна урбосистема Вінниці займає площу 6544,4 га (57,8 % міської території). У ній сформувалось 16 ландшафтно-технічних, ландшафтно-антропогенних і ландшафтно-інженерних мезосистем, зокрема 9 ландшафтно-технічних мезосистем: надзаплавно-терасова середньо-багатоповерхової житлової забудови, дві надзаплавно-терасові малоповерхової житлової забудови, три вододільні малоповерхової житлової забудови і три схиліві малоповерхової житлової забудови (рис. 2). Загальна площа ландшафтно-техніч-

них мезосистем – 5993,7 га (53 % міської площі й 91,6 % площі урбосистеми) (рис. 3). Мезосистеми малоповерхової житлової забудови займають 5544,3 га (49 % міської території та 92,5 % від площі ландшафтно-технічних мезосистем урбосистеми) і представлені малоповерховим типом міських ландшафтів [19]. У їх межах поширені житлові будинки до двох поверхів, незначно трансформовано рельєф, майже немає промислових комплексів, великі ділянки займають городи і садки. Тому екостан цих мезосистем відносно сприятливий. ЛТЧС малоповерхової житлової забудови найбільш поширені у Староміському районі міста.

Сформувались 2 надзаплавно-терасових мезосистем малоповерхової житлової забудови площею 386,5 га (3,4 % площі міста). Одна мезосистема площею 84,3 га (0,7 % території міста) виділяється на поверхнях нерозчленованих першої і другої надзаплавних терас Південного Бугу, на Старому місті. У ній сформувалась рекреаційна ландшафтно-технічна мікросистема на відлогих (1,5-3⁰) і пологих (3-5⁰) поверхнях надзаплавних терас територій спортивних баз, дитячих таборів, Вінницького обласного медичного центру реабілітації дітей. Крім неї, тут виділяється ландшафтно-технічна мікросистема малоповерхової житлової забудови на покатах (5-8⁰), пологих і відлогих частинах терас.



Scale 1:95 000

Ландшафтно-технічні мезосистеми: 1 - вододільні малоповерхової житлової забудови; 2 - схилів малоповерхової житлової забудови; 3 - надзаплавно-терасові малоповерхової житлової забудови; 4 - надзаплавно-терасова середньо-багатоповерхової житлової забудови; 5 - надзаплавно-терасова промислово-житлової забудови; 6 - схилова промислово-складської забудови; 7 - вододільна промислово-складської забудови. *Ландшафтно-інженерні мезосистеми:* 8 - руслово-гідроенергетична; 9 - заплавно-ставкові рибогосподарські; 10 - заплавна водно-рекреаційна. *Ландшафтно-антропогенні мезосистеми:* 11 - заплавні водно-рекреаційні; 12 - схилова лісгосподарська; 13 - вододільно-дорожня; 14 - вододільно-польова.

Рис. 2 – Ландшафтно-технічна структура м. Вінниці

Landscape-technical mesosystems: 1 - watersheds of low-rise residential buildings; 2 - sloping low-rise housing; 3 - floodplain-terrace low-rise residential buildings; 4 - floodplain-terrace medium-multi-storey residential buildings; 5 - floodplain-terrace industrial-residential buildings; 6 - slope of industrial and warehouse buildings; 7 - watershed industrial and warehouse buildings. *Landscape-engineering mesosystems:* 8 - channel-hydropower; 9 - floodplain pond fisheries; 10 - floodplain water-recreational. *Land-shaft-anthropogenic mesosystems:* 11 - floodplain water-recreational; 12 - slope forestry; 13 - watershed-road; 14 - watershed-field.

Fig. 2 - Landscape and technical structure of Vinnytsia



Рис. 3 – Структура ландшафтно-технічних мезосистем міста Вінниці
Fig. 3 – The structure of landscape and technical mesosystems of Vinnytsia

Друга мезосистема знаходиться на правобережжі р. Вишні, на трьох її надзаплавних терасах, у житлових масивах Пирогово й Сабарів (рис. 4), та займає площу 302,2 га (2,7 % міської території). У її межах сформувались такі ландшафтно-технічні мікросистеми: автопідприємств на пологих і відлогих поверхнях розмитого цоколю III надзаплавної тераси; малоповерхової житлової забудови на покатих і відлогих ділянках розмитого цоколю III надзаплавної тераси; очисних споруд каналізації міста на відлогих останцевих частинах III ерозійно-аккумулятивної тераси; гаражів (товариства власників гаражів (ТВГ) № 5 і № 10) на пологих, покатих і відлогих ділянках III надзаплавної тераси. Виділяється також охоронно-рекреаційна ландшафтно-антропогенна мікросистема на пологих, відлогих і рівних ділянках нерозчленованих I і II надзаплавних терас, розмитого цоколю III тераси.

На основі *надзаплавно-терасової мезосистеми середньо-багатоповерхової житлової забудови* сформувались середньо- і багатоповерховий типи міських ландшафтів. Для них характерні порівняно низький ступінь озеленення, домінування “закритих”

техногенним покривом ґрунтів, низьке різноманіття тваринного світу. У середньоповерховому типі міського ландшафту переважають ЛТчС середньоповерхової житлової забудови з будинками 3-5 поверхів, у багатоповерховому – ландшафтно-технічні системи багатоповерхової житлової забудови з будинками понад 5 поверхів [20]. Загальна площа ЛТчС багато- й середньоповерхової житлової забудови – 950 га (8,4 % міської території).

Мезосистема середньо-багатоповерхової житлової забудови площею 449,4 га (4 % міської території) займає 3 надзаплавні тераси лівого берега річки Вишня. Тут сформувались такі ландшафтно-технічні мікросистеми: 1) малоповерхової житлової забудови балок, відлогих поверхонь розмитого цоколю і останців III надзаплавної тераси, що знаходиться між вулицями Константиновича і Костянтина Василенка (житловий масив Слов'янка); 2) багатоповерхової житлової забудови балок, пологих і відлогих поверхонь останців III-ї надзаплавної тераси (Слов'янка і Вишенька); 3) середньоповерхової житлової забудови балок, пологих і відлогих ділянок нерозчленованих

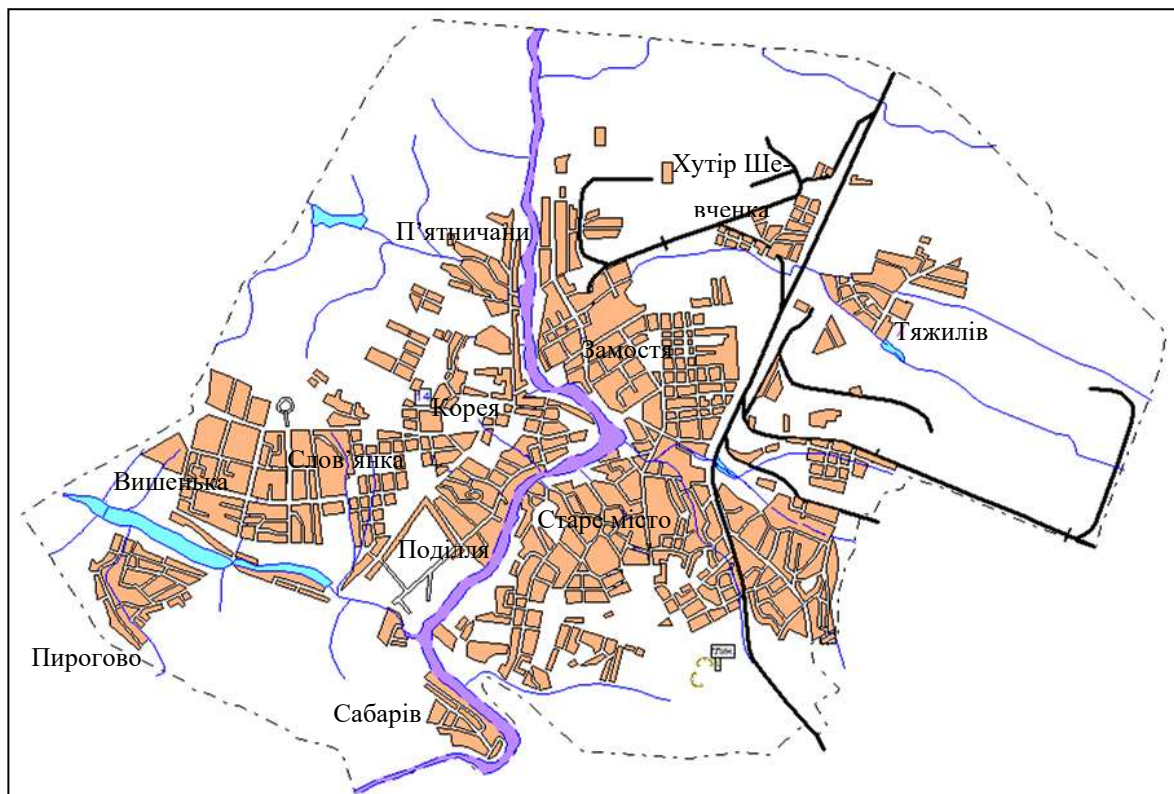


Рис. 4 – Житлові мікрорайони м. Вінниця
Fig. 4 – Residential districts of Vinnytsia

I – II терас (Вишенька); 4) гаражів на покатах, пологих і відлогих поверхнях нерозчленованих I – II терас (ТВГ «Ветеран»). Мікросистеми гаражів у Вінниці відзначаються одним з найнижчих рівнів озеленення, великою кількістю стихійних смітників, забрудненням річок. У межах цих мікросистем необхідно провести санітарне очищення, створити ЛАС зелених насаджень навколо річок.

У мезосистемі середньо-багатоповерхової житлової забудови сформувалась охоронно-рекреаційна ландшафтно-антропогенна мікросистема покатах і рівних поверхонь нерозчленованих першої та другої надзаплавних терас, розмитого цоколю III-ї тераси річки Вишня. На цій території знаходяться парки імені О. І. Ющенко і „Дружби Народів”, ботанічний сад «Поділля». Показник закритості цих територій коливається у межах 0,2 – 2 %, озеленення досягає 100 %. На їх основі сформувались міські ландшафти садово-паркового типу [16, с. 133]. Вони є своєрідними фільтрами, що очищають забруднене міське повітря.

Сформувалось 3 *схилкових мезосистеми малоповерхової житлової забудови* загальною площею 2507,2 га (22,1 % території міста й 38,3 % площі урбосистеми). Перша мезосистема площею 802,1 га (7,1 % міської території) виділяється на Старому місті. У ній сформовано 4 ландшафтно-технічних мікросистеми. Мікросистема малоповерхової житлової забудови у балках, на пологих і відлогих схилах займає найбільші площі. Промислова мікросистема на пологих і відлогих схилах охоплює промислові підприємства півночі Староміського району міста (вздовж вулиці Д. Нечая і р. Вінничка). На їх основі сформувався промисловий тип міського ландшафту. У його межах істотних антропогенних змін зазнали поверхневі та підземні води, ґрунти переважно (на 75 % території) закриті техногенним покривом, часто відзначається наднормативне забруднення повітряних, водних мас і ґрунтового покриву, незначні площі займають зелені насадження [21]. Тому екостан цих ландшафтів є найбільш несприятливим для життєдіяльності людини у межах Вінниці. У місті функціонує 97 промислових об'єктів загальною площею 603 га (9 % міської території). У промислових мікросистемах необхідно збільшити площі ЛАС зелених насаджень, модернізувати очисні споруди, привести до нормативних вимог розміри санітарно-захисних зон.

Рекреаційна мікросистема покатах, пологих і відлогих схилів сформувалась на основі Дитячого санаторію імені М. М. Коцюбинського, дитячого табору «Джерело любові».

На основі ландшафтно-технічної мікросистеми цвинтарів, на пологих і покатах схилах, сформувались міські ландшафти цвинтарного типу [22]. У межах міста є десять цвинтарів. Загальна площа цвинтарних ЛТЧС Вінниці – 65,5 га (0,95 % території міста).

Друга ландшафтно-технічна мезосистема знаходиться у Пирогово та Сабарові, займає площу 343,3 га (3 % міської території). У ній сформувались ландшафтно-технічні мікросистеми малоповерхової житлової забудови балок, пологих і відлогих схилів долини р. Південний Буг; автопідприємств пологих і відлогих схилів; гаражів покатах і пологих схилів. Наразі у Вінниці сформувалось 24 гаражні мікросистеми. На основі Сабарівського гранітного кар'єру функціонує гірничопромислова ландшафтно-інженерна мікросистема на відлогих, пологих і покатах схилах [16, с.140].

Найбільшою за площею (1361,8 га або 12 % міської території) та найстрокатішою за ландшафтною структурою є третя ландшафтно-технічна мезосистема. Вона сформувалась частково на Вишеньці, „Кореї”, П'ятничанах, у центральній частині міста. У її межах виділено такі ландшафтно-технічні мікросистеми: 1) середньоповерхової житлової забудови балок, пологих і відлогих схилів з 5-ти поверховою житловою забудовою (Вишенька); 2) малоповерхової житлової забудови балок, покатах, пологих і відлогих схилів (житлові масиви Слов'янка, П'ятничани, „Корея”); 3) різноповерхової (від 1 до 16 поверхів) житлової забудови балок, покатах, пологих і відлогих схилів (між вулицями Соборна, Магістратська та Південним Бугом), на основі якої сформувався різноповерховий тип міського ландшафту. 4) промислова пологих і відлогих схилів територій ПАТ “Маяк”, ТОВ “Сперко-Україна”, Вінницької картографічної фабрики, Вінницького заводу “Кристал”; 5) цвинтарів покатах, пологих і відлогих схилів (П'ятничанське кладовище); 6) доріг на покатах і пологих схилах. Усі дороги міста утворюють клас дорожніх ландшафтів. Магістральні вулиці м. Вінниця мають протяжність 124 км. Загальна площа дорожніх ландшафтно-технічних систем – 605 га (5,3 % площі міста). Вони є лінійними джерелами забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих вод Вінниці та потребують оптимізації шляхом поліпшення якості покриття доріг, створення шумозахисних екранів із зелених насаджень, створення та реконструкції зливової каналізації, удосконалення системи руху міського транспорту. Крім ландшафтно-технічних, у цій мезосистемі сформувалась охоронно-рекреа-

ційна ландшафтно-антропогенна мікросистема відлогих схилів і балок (Центральний парк культури і відпочинку імені М. Горького).

У власне селитебній урбосистемі сформувались три *вододільних мезосистеми малоповерхової житлової забудови*. Їх спільна площа – 2650,6 га (23,4 % міської території). Перша мезосистема площею 441,2 га (3,9 % території міста) знаходиться у Пирогово, Сабарові та на провулках Гніванського шосе. У ній сформувались ландшафтно-технічні мікросистеми автопідприємств хвилястих вододільних поверхонь і лощин; малоповерхової житлової забудови лощин, хвилястих і слабо хвилястих вододільних поверхонь. Друга мезосистема виділяється у Староміському районі міста і займає площу 868,3 га (7,7 % досліджуваної території). В її структурі сформувались ландшафтно-технічні мікросистеми малоповерхової житлової забудови лощин, слабо хвилястих і плоских поверхонь; рекреаційна плоских поверхонь і лощин; промислові слабо хвилястих і плоских поверхонь. Крім них, на слабо хвилястих і плоских поверхнях вододілів сформувалась ландшафтно-антропогенна мікросистема городів.

Третя ландшафтно-технічна мезосистема площею 1341,1 га (11,8 % міської території) знаходиться частково на „Кореї”, П’ятничанах, у центрі міста. У ній сформувались такі ландшафтно-технічні мікросистеми: малоповерхової житлової забудови і дорожня слабо хвилястих і плоских поверхонь, лощин; промислова, гаражів, багатоповерхової, середньоповерхової та різноповерхової житлової забудови, ринкова плоских поверхонь; цвинтарів і рекреаційні плоских поверхонь і лощин. На основі ринків сформувався ринковий тип міського ландшафту. У його межах переважає одноповерхова нежитлова забудова, «закритість» досягає 100 % [23]. Наразі у місті виділено 23 ринкові ЛТЧС [16, с.143].

Крім ландшафтно-технічних, у цій мезосистемі сформувались лісогосподарська плоских поверхонь і лощин та охоронно-рекреаційні ландшафтно-антропогенні мікросистеми лощин, слабо хвилястих і плоских поверхонь. Перша мікросистема охоплює П’ятничанський ліс у міській межі, друга – П’ятничанський парк-пам’ятку садово-паркового мистецтва, Центральний парк культури і відпочинку імені М. Горького, П’ятничанський лісопарк.

У структурі власне селитебної урбосистеми сформувались такі ландшафтно-інженерні мезосистеми: заплавна водно-рекреаційна,

заплавно-ставкові рибогосподарські, руслово-гідроенергетична (рис. 2). Їх спільна площа – 303,8 га (2,7 % міської території).

Заплавна водно-рекреаційна мезосистема площею 135,8 га (1,2 % міської території) сформувалась на основі створеного з метою організації відпочинку міських жителів ставу «Поділля». На його берегах розміщуються водно-рекреаційні ландшафти. *Заплавно-ставкові рибогосподарські мезосистеми* сформовані на основі ставків. Одна з них утворилась на річці Лісова та має площу 41,5 га (0,4 % від площі міста), інша – на річці Вінничка та має площу 11,1 га (0,1 % від площі міста). Разом дві мезосистеми займають площу 52,6 га (0,5 % території міста). *Руслово-гідроенергетична мезосистема* сформувалась на основі Сабарівської гідроелектростанції та аквальних комплексів Сабарівського водосховища. У ландшафтній структурі останнього мілководний тип аквальних ландшафтів переважає над глибоководним. Площа мезосистеми у власне селитебній урбосистемі – 115,4 га (1 % міської площі).

У структурі власне селитебної урбосистеми сформувались заплавні водно-рекреаційні та схилова лісогосподарська ландшафтно-антропогенні мезосистеми. Їх сумарна площа – 2 46,9 га або 2,2 % території міста. На основі заплавних водно-рекреаційних мезосистем виділяється водно-рекреаційний тип міського ландшафту, що представлений пляжами «Кумбари» і «Спартак» площею 236,1 га (2,1 % території міста). Ця мезосистема відзначається мінімальним показником закритості (до 15 %) та максимальним (99 %) для ЛТЧС міста рівнем озеленення [24]. У схилівій лісогосподарській мезосистемі виділяються лісогосподарські мікросистеми стрімких, покатих і пологих схилів та ярів. Їх загальна площа 10,8 га (0,1 % міської території). Вони розміщені на лівому березі р. Південний Буг, у Сабарівському лісі.

Промислово-селитебна урбосистема міста охоплює площу 4775,6 га (42,2 % території Вінниці). У її межах виділено 9 мезосистем (рис. 2). Серед них 4 ландшафтно-технічних мезосистеми спільною площею 4157,3 га (36,7 % міської території та 87,1 % території урбосистеми): надзаплавно-терасова промислово-житлової забудови, схилова малоповерхової житлової забудови, вододільна промислово-складської забудови і схилова промислово-складської забудови.

Надзаплавно-терасова мезосистема промислово-житлової забудови займає більшу (58,3 %) частину площі урбосистеми

(2786,2 га або 24,6 % площі міста). У ній сформувались 3 ландшафтно-технічних мікросистеми. Мікросистема малоповерхової житлової забудови на уступі першої тераси р. Південний Буг виділяється в районі вул. Київська до гирла річки Вінничка. В її ландшафтній структурі сформувались такі ландшафтно-технічні масиви: а) промисловий покати́х і пологих поверхонь (територія «КП “Вінницяоблводоканал”»); б) малоповерхової житлової забудови стрімких (8-20⁰), покати́х, пологих і відлогих поверхонь, балок (вулиці Богдана Хмельницького і Київська); в) багатоповерхової житлової забудови пологих і відлогих поверхонь (проспект Коцюбинського).

Мікросистема промислово-житлової забудови на слабо нахилених поверхнях нерозчленованих другої і третьої терас р. Південний Буг. У її структурі сформувались ландшафтно-технічні масиви: а) малоповерхової житлової забудови балок, покати́х, пологих, відлогих і рівних поверхонь (Тяжилів, хутір Шевченка, Старе місто); б) залізничний відлогих поверхонь (залізниця Київ – Одеса та залізничні колії до промислових об'єктів); в) середньоповерхової житлової забудови рівних поверхонь (між річкою Тяжилів і вулицею Стрілецька); г) багатоповерхової житлової забудови відлогих і рівних поверхонь, балок (вздовж вулиці Київська, Тяжилів); д) складів рівних поверхонь і балок (Замостя, Тяжилів, хутір Шевченка); е) промислові відлогих і рівних поверхонь, балок (Старе місто, Тяжилів, Замостя, хутір Шевченка); ж) рівних і відлогих поверхонь, балок із дорогами; з) автопідприємств на відлогих і рівних поверхнях; і) рівних і відлогих поверхонь, балок із гаражами; к) рекреаційні (спортивні майданчики) рівних поверхонь і балок.

У цій мікросистемі, між вулицями Гонти і Сергія Зулінського, сформувався меліоративно-городній ландшафтно-інженерний масив рівних поверхонь і балок. Крім того, у мікросистемі виділено городні та садові ландшафтно-антропогенні масиви балок, відлогих і рівних поверхонь. Садові масиви сформувались між вулицями Академіка Янгеля й Стрілецька, Сергія Зулінського, Липовецька, Гонти та Енергетична.

У мікросистемі промислово-житлової забудови на рівних поверхнях нерозчленованих другої та третьої терас р. Південний Буг сформувались такі ландшафтно-технічні масиви: складські, промислові, малоповерхової житлової забудови, рекреаційні, дорожні, ринкові відлогих і рівних поверхонь терас та балок; освітньої забудови відлогих і рівних поверхонь

(Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського, Вінницький транспортний коледж); багатоповерхової житлової забудови, середньоповерхової житлової забудови, гаражів на рівних поверхнях надзаплавних терас. У мікросистемі, вздовж вулиці Сергія Зулінського, виділяється ландшафтно-інженерний масив теплиць на рівних поверхнях надзаплавних терас. Тут сформувались також охоронно-рекреаційний ландшафтно-антропогенний масив на рівних поверхнях терас (парк “Хімік”) та городнім масив відлогих і рівних поверхонь надзаплавних терас.

Схилова мезосистема малоповерхової житлової забудови площею 730,3 га (6,5 % від міської території) займає північно-східну частину міста, між вул. Ватутіна та р. Тяжилів. У ній сформувались ландшафтно-технічні мікросистеми малоповерхової житлової забудови і промислово-складська відлогих схилів, рівних поверхонь і балок.

Схилова мезосистема промислово-складської забудови займає 3,4 % міської території (384,3 га) на Тяжиліві, на схід від вулиці Чехова. У ній сформувались складська і промислова ландшафтно-технічні мікросистеми відлогих схилів, балок та рівних поверхонь; промислова і лучна ландшафтно-антропогенні мікросистеми відлогих, пологих схилів і балок.

Вододільна мезосистема промислово-складської забудови займає площу 256,5 га (2,3 % території міста) і охоплює вододільні простори Тяжилова. Тут виділяються промислово-складські ландшафтно-технічні мікросистеми слабо хвилястих поверхонь вододілів та лощин. Унаслідок високої щільності промислових джерел забруднення, низького рівня озеленення, екостан останніх двох мезосистем несприятливий.

У промислово-селитебній урбосистемі, на площі 127 га (1,1 % міської території) сформувались руслово-гідроенергетична та заплавно-ставкова рибогосподарська ландшафтно-інженерні мезосистеми (рис. 2). Перша мезосистема площею 96 га (0,8 % площі Вінниці) є продовженням однойменної мезосистеми власне селитебної урбосистеми. Вона простягається від північної межі міста до гирла річки Вінничка. Разом обидві руслово-гідроенергетичні мезосистеми охоплюють 211,4 га (1,9 % міської території). *Заплавно-ставкова рибогосподарська мезосистема* площею 31 га (0,3 % міської території) сформувалась на основі ставків р. Вінничка.

У промислово-селитебній урбосистемі сформувались заплавна водно-рекреаційна,

вододільно-дорожня та вододільно-польова ландшафтно-антропогенні мезосистеми загальною площею 491,3 га (4,3 % міської території) (рис. 2). У заплавної водно-рекреаційній мезосистемі виділяються рекреаційні комплекси пляжів «Хімік» і «Бригантина» загальною площею 185 га (1,6 % площі міста). Вододільно-дорожня мезосистема займає площу 176 га (1,6 % площі міста), охоплює плоскі вододільні поверхні на північ від Немирівського шосе. Це територія ТОВ «Вінницький

авіаційний завод». Вододільно-польова мезосистема сформувалась на вододільних просторах річки Тяжилів та її лівої притоки. Вона представлена польовими ландшафтами та займає площу 130,3 га (1,2 % міської території).

Між вище охарактеризованими ландшафтно-техногенними і ландшафтно-антропогенними системами міста проявляються парадинамічні зв'язки, які обумовлюють формування цілісної ландшафтно-технічної полісистеми Вінниці.

Висновки

Виявлено, що у структурі сучасних ландшафтів Вінниці за площами переважають ландшафтно-технічні мезосистеми, найменші площі займають ландшафтно-інженерні мезосистеми. Домінують за площами ландшафтно-технічні мезосистеми малоповерхової житлової забудови. Вони переважають

і в структурі ландшафтно-технічних мезосистем Вінниці. Для поліпшення стану міського середовища необхідно збільшити частку ландшафтно-антропогенних систем зелених насаджень, особливо навколо річок, доріг та промислових підприємств.

Конфлікт інтересів

Автор заявляє, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автор повністю дотримувався етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Література

1. Койнов М. М. Ландшафт города Львова. Доклады и сообщения Львовского отдела Географического общества УССР. 1964. С. 22–26.
2. Дорфман Я. Р. Ландшафтно-географическая характеристика города Черновцы и его пригородного района: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. геогр. наук: [спец.] 11.00.01 «Физическая география, геофизика и геохимия ландшафтов». Львовский национальный университет им. И. Франка. Львов, 1966. 18 с.
3. Геренчук К. И. Городское ландшафтоведение, его содержание и задачи. Антропогенные ландшафты центральных черноземных областей и прилегающих территорий. 1972. С. 9-11.
4. Мильков Ф. Н. Геоэкология городских ландшафтов: их специфика, вопросы изучения. Теоретические и прикладные аспекты оптимизации и рациональной организации ландшафтов. 2001. С. 8 – 15.
5. Тарасов Ф. В. Городские ландшафты (вопросы теории и практики). Вопросы географии. 1977. Вып. 106. С. 58 – 64.
6. Воропай Л. И., Куница М. Н. Селитебные геосистемы физико-географических районов Подолии. Черновцы: ЧГУ, 1982. 90 с.
7. Тютюнник Ю. Г. Екогеохімія ландшафтів у зонах техногенезу: дис. ... доктора геогр. наук: 11.00.01. Київ, 2002. 298 с.
8. Круглов И. С. История, современное состояние и перспективы освоения природных территориальных комплексов города Львова и окрестностей: дис. ... кандидата геогр. наук: 11.00.01. Киев, 1992. 213 с.
9. Позаченюк Е. А. Введение в геоэкологическую экспертизу: междисциплинарный подход, функциональные типы, объектные ориентации. Симферополь: Таврия, 1999. 413 с.
10. Дмитрук О. Ю. Ландшафтно-урбанізаційні системи України: дис. ... доктора геогр. наук: 11.00.11. Київ, 2005. 428 с.
11. Гуцуляк В. М. Ландшафтно-геохімічна екологія. Чернівці: Рута, 2001. 248 с.
12. Жук Ю. І. Конструктивно-географічні засади оптимізації соціоекологічного стану малих міст Львівської області: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.11 «Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів». Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. Харків, 2018. 20 с.

13. Терлецька О. В. Геоекологічний стан Дрогобицької урбосистеми: автореф. дис.... канд. геогр. наук: 11.00.11 «Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів». Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки. Луцьк, 2019. 20 с.
14. Денисик Г. І. Антропогенні ландшафти Правобережної України. Вінниця: Арбат, 1998. 292 с.
15. Яцентюк Ю. В. Ландшафтно-технічні системи міст Центрального лісостепу України (на прикладі міста Вінниці): автореф. дис...канд. геогр. наук: 11.00.11 «Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів». Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2004. 19 с.
16. Яцентюк Ю. В. Міські ландшафтно-технічні системи (на прикладі міста Вінниці). Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 200 с. URL: https://library.vspu.edu.ua/polki/akredit/kaf_3/yasentuk2.pdf
17. Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты. Москва: Мысль, 1973. 222 с.
18. Природа, техника, геотехнические системы. Москва: Наука, 1978. 151 с.
19. Яцентюк Ю. В., Сумм М. В. Сучасна структура ландшафтів міста Вінниці. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського*. Серія. Географія, 2001. Вип. 1. С. 73 – 81.
20. Яцентюк Ю. В. Сучасні ландшафти міста Вінниці: основні типи та структура. *Географія і сучасність*, 2000. Вип. 3. С. 124 – 130.
21. Яцентюк Ю. В. Характеристика типів міських селитебних ландшафтів України. *Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия География*, 2001. Т. 14 (53). №1. С. 150 – 154. URL: <http://sn-geography.cfuv.ru/wp-content/uploads/2016/11/033yatsentyuk.pdf>
22. Яцентюк Ю. В. Міські парадинамічні антропогенні ландшафтні системи. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*, 2018. Вип. 18. С. 69-79. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2018-18-07>
23. Huang J., Hu Y., Zheng F. Research on recognition and protection of ecological security patterns based on circuit theory: a case study of Jinan City. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020. Vol. 27. 12414-12427. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07764-x>
24. Rinaldi B. M., Tan P. Y. *Urban Landscapes in High-Density Cities: Parks, Streetscapes, Ecosystems*. Basel: Birkhäuser, 2019. 295 p.

References

1. Koinov M. M. (1964). Lviv city landscape. *Reports and messages of the Lviv department of the Geographical Society of the Ukrainian SSR*, 22– 26 (in Russian).
2. Dorfman Ya. R. (1966). Landscape and geographical characteristics of the city of Chernivtsi and its suburban area / (Master's thesis). Lviv (in Russian).
3. Herenchuk K. Y. (1972). Urban landscape science, its content and objectives. *Anthropogenic landscapes of the central chernozem regions and adjacent territories*, 9-11 (in Russian).
4. Myl'kov F. N. (2001). Geoecology of urban landscapes: their specificity, study issues. *Theoretical and applied aspects of optimization and rational organization of landscapes*, 8-15 (in Russian).
5. Tarasov F. V. (1977). Urban landscapes (questions of theory and practice). *Geography issues*. 106, 58 – 64 (in Russian).
6. Voropai L. Y., Kunytsa M. N. (1982). *Residential geosystems of the physical-geographical regions of Podolia. Chernivtsi* (in Russian).
7. Tiutiunyk Yu. H. (2002). *Ecogeochemistry of landscapes in zones of technogenesis*: Dissertation for the degree of Doctor of Geographical Sciences, specialty 11.00.01. Kyiv. (in Ukrainian).
8. Kruhlov Y. S. (1992). *History, current state and prospects for the development of natural territorial complexes of the city of Lviv and its environs*: Dissertation for the degree of Candidate of Geographical Sciences, specialty 11.00.01. Kyiv (in Russian).
9. Pozacheniuk E. A. (1999). *Introduction to geoecological expertise: an interdisciplinary approach, functional types, object orientations*. Simferopol (in Russian).
10. Dmytruk O. Yu. (2005). *Landscape and urban systems of Ukraine*: Dissertation for the degree of Doctor of Geographical Sciences, specialty 11.00.11. Kyiv (in Ukrainian).
11. Hutsuliak V. M. (2001). *Landscape-geochemical ecology*. Chernivtsi (in Ukrainian).
12. Zhuk Yu. I. (2018). *Constructive-geographical principles of optimization of socio-ecological condition of small towns of Lviv region* / (Master's thesis). Kharkiv (in Ukrainian).
13. Terletska O. V. (2019). *Geoecological condition of Drohobych urban system* / (Master's thesis). Lutsk (in Ukrainian).
14. Denysyk H. I. (1998). *Anthropogenic landscapes of the Right Bank of Ukraine*. Vinnytsia (in Ukrainian).
15. Yatsentiuk Yu. V. (2004). *Landscape technical systems of the cities of the Central forest-steppe of Ukraine (on the example of the city of Vinnytsia)* / (Master's thesis). Kyiv (in Ukrainian).

16. Yatsentiuk Yu. V. (2015). *Urban landscape technical systems (on the example of the city of Vinnytsia)*. Vinnytsia (in Ukrainian). Retrieved from https://library.vspu.edu.ua/polki/akredit/kaf_3/yasentuk2.pdf
17. Mylkov F. N. (1973). *Man and landscapes*. Moscow (in Russian).
18. *Nature, technology, geotechnical systems* (1978). Moscow (in Russian).
19. Yatsentiuk Yu. V., Summ M. V. (2001). The modern structure of the landscapes of the town of Vinnytsia. *Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after M. Kotsyubinsky. Series: Geography*, 1, 73 – 81.
20. Yatsentiuk Yu. V. (2000). The modern landscapes of the town of Vinnytsia: basic type and structure. *Geography and availability*, 3, 124 – 130.
21. Yatsentiuk Yu. V. (2001). Characteristics of the types of urban residential landscapes in Ukraine. *Scientific notes of the V. I. Vernadsky Tavrichesky National University. Geography Series*, 14 (53), 1, 150 – 154. Retrieved from <http://sn-geography.cfuv.ru/wp-content/uploads/2016/11/033yatsentyuk.pdf>.
22. Yatsentiuk Yu. V. (2018). The urban paradyamic anthropogenic landscape systems. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, 18, 69-79. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2018-18-07>
23. Huang J., Hu Y., Zheng F. (2020). Research on recognition and protection of ecological security patterns based on circuit theory: a case study of Jinan City. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 12414-12427. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07764-x>
24. Rinaldi B. M., Tan P. Y. (2019). *Urban Landscapes in High-Density Cities: Parks, Streetscapes, Ecosystems*. Basel. (in English).

Отримана 20.02.2021

Переглянуто 24.03.2021

Прийнята до друку 22.04.2021

УДК (UDC): 502/504

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-02>

О. М. ПАСТЕРНАК¹, канд. хім. наук, доц., **С. В. ДАНИЛОВА¹**

¹ *Маріупольський державний університет,*
проспект Будівельників, 129-а, м. Маріуполь, 87500, Україна

e-mail: o.pasternak@mdu.in.ua
s.danylova@mdu.in.ua

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Мета. Проаналізувати міжнародний досвід визначення стану атмосферного повітря, провести порівняльний аналіз інтегральних показників якості атмосферного повітря на прикладі міста Маріуполь.

Методи. Обробка та аналіз даних моніторингу атмосферного повітря проводились розрахунковими, статистичними та графічними методами.

Результати. Дослідження якості атмосферного повітря міста Маріуполь проводиться на 2-х постах Автоматизованої системи моніторингу довкілля у Донецькій області та 13-ти автоматичних постах спостереження (АПС) на кордонах санітарно-захисних зон (СЗЗ) підприємств міста. В результаті аналізу даних розраховано середній відсоток забруднюючих речовин, підіндекси та індекси якості атмосферного повітря за нормативами України, ЕЕА, ЕРА в 2020 році. Використовуючи дані Автоматизованої системи моніторингу довкілля Донецької області розраховано середньомісячні концентрації забруднюючих речовин за даними регіональних постів та автоматичних постів спостереження на межі санітарно-захисних зон. Для оцінки якості атмосферного повітря використано набір даних: зважені частинки, озон, нітроген та сульфур діоксиди, які використовуються для розрахунку світових показників якості повітря. Виявлена тенденція збільшення зміни концентрації формальдегіду в атмосфері міста протягом 2017 – 2020 рр.

Висновки. Розраховано середній відсоток забруднюючих речовин, підіндекси та індекси якості атмосферного повітря м. Маріуполь за нормативами України, ЕЕА, ЕРА. Отримані результати відрізняються за кількісними значеннями, але за шкалою якості повітря подібні.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: атмосферне повітря, індекс забруднення атмосфери, санітарно-захисна зона, формальдегід, Air Quality Index

Pasternak O. M.¹, Danylova S. V.¹

¹ *Mariupol State University, 129a, Budivelnikiv Ave., Mariupol, 87500, Ukraine*

COMPARATIVE ANALYSIS OF DATA OF ATMOSPHERIC AIR MONITORING SYSTEMS

Purpose. To analyze the international experience in determining the state of atmospheric air, to conduct a comparative analysis of integrated indicators of atmospheric air quality on the example of the city of Mariupol.

Methods. Processing and analysis of atmospheric air monitoring data were performed by calculation, statistical and graphical methods.

Results. The study of the air quality of the city of Mariupol is carried out at 2 posts of the Automated Environmental Monitoring System in the Donetsk region and 13 automatic monitoring posts (AMP) at the borders of sanitary protection zones (SPZ) of the city enterprises. As a result of data analysis, the average percentage of pollutants, sub-indices and air quality indices according to the standards of Ukraine, EEA, EPA in 2020 were calculated. The obtained results differ in quantitative values, but on the scale of air quality are similar. Using the data of the Automated Environmental Monitoring System of Donetsk region, the average monthly concentrations of pollutants were calculated according to the data of regional posts and automatic monitoring posts on the border of sanitary protection zones. To assess the quality of atmospheric air, a data set was used: suspended particles, ozone, nitrogen and sulfur dioxide, which are used to calculate global air quality indicators. There is a tendency to increase the change in the concentration of formaldehyde in the atmosphere of the city during 2017 - 2020.

Conclusions. The average percentage of pollutants, sub-indices and indices of air quality in Mariupol according to the standards of Ukraine, EEA, EPA are calculated. The obtained results differ in quantitative values, but on the scale of air quality are similar.

KEY WORDS: atmospheric air, air pollution index, sanitary protection zone, formaldehyde, Air Quality Index

© Пастернак О. М., Данилова С. В., 2021



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Пастернак Е. Н.¹, Данилова С. В.¹

¹Мариупольський державний університет, проспект Строителей, 129-а, г. Мариуполь, 87500, Україна

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Цель. Проаналізувати міжнародний досвід визначення стану атмосферного повітря, провести порівняльний аналіз інтегральних показників якості атмосферного повітря на прикладі міста Мариуполь.

Методи. Обробка і аналіз даних моніторингу атмосферного повітря проводились розрахунковими, статистическими і графіческими методами.

Результати. Дослідження якості атмосферного повітря міста Мариуполь проводиться на 2-х постах Автоматизованої системи моніторингу оточуючої середовища в Донецькій області і 13-ти автоматических постах спостереження (АПН) на границях санітарно-захисних зон (СЗЗ) підприємств міста. В результаті аналізу даних розраховано середній відсоток забруднюючих речовин, подиндекси і індекси якості атмосферного повітря за нормативами України, ЕЕА, ЕРА в 2020 році. Використовуючи дані Автоматизованої системи моніторингу оточуючої середовища Донецької області розраховано середньомісячні концентрації забруднюючих речовин за даними регіональних постів і автоматических постів спостереження на границі санітарно-захисних зон. Для оцінки якості атмосферного повітря використано набір даних: взважені частинки, озон, оксид і діоксиди сірки, які використовуються для розрахунку світових показників якості повітря. Виявлено тенденцію збільшення зміни концентрації формальдегіду в атмосфері міста в період 2017 - 2020 рр.

Висновки. Розраховано середній відсоток забруднюючих речовин, подиндекси і індекси якості атмосферного повітря м. Мариуполь за нормативами України, ЕЕА, ЕРА. Отримані результати відрізняються по кількісним значенням, але за шкалою якості повітря подібні.

КЛЮЧЕВІ СЛОВА: атмосферний повітря, індекс забруднення атмосфери, санітарно-захисна зона, формальдегід, Air Quality Index

Вступ

Зміна клімату є однією з найбільших екологічних проблем, що стоять сьогодні перед суспільством. Збільшення кількості в атмосфері парникових газів штучного та природного походження (карбон діоксид, метан, нітроген оксиди, сульфур оксид та інші сполуки) і аерозольних частинок внаслідок людської діяльності змінило клімат із глибокими наслідками для суспільства. За даними Всесвітньої метеорологічної організації (2019 р.) середня глобальна температура Землі обумовлена природним парниковим ефектом зросла на 1,1 °С з доіндустріальної ери (1880 – 1900 рр.) [1].

Зміни температури зумовлені збільшенням викидів парникових газів, включаючи карбон діоксид, метан, нітроген оксиди та озон. Парникові гази поглинають інфрачервоне випромінювання, і збільшення їхнього вмісту в приземних шарах атмосфери внаслідок людської діяльності спричинило порушення теплового балансу атмосфери, що називається радіаційним впливом [2-3].

В роботі [4] показано, що контроль концентрації метану та карбон діоксиду може зменшити середнє глобальне потепління приблизно до 0,5 °С до 2050 року.

Початкова увага була зосереджена на метані, тропосферному озоні та карбон оксиді. Крім того, метан є попередником озону тропосфери, а озон і карбон оксиді забруднення повітря. Зменшення атмосферного надлишку цих короткочасних забруднень було би корисно для покращення якості повітря.

Тверді частинки – також відомі як частки атмосферних аерозолів, атмосферні тверді частинки, тверді частинки або зважені тверді частинки (ТЧ або РМ) – є мікроскопічними частинками з твердої або рідкої речовини зваженої в повітрі. Вони впливають на клімат та опади, що негативно позначається на здоров'ї людини, крім прямого вдихання.

Повітря на сьогоднішній день являє собою провідний об'єкт довкілля, з яким пов'язано найбільша частина всіх негативних впливів навколишнього середовища на здоров'я людини [5-7].

Спостереження за забрудненням атмосфери, що проводяться як складова частина державного моніторингу довкілля, здійснюються суб'єкти державної системи моніторингу довкілля, зокрема, представниками Міністерства природи та охорони довкілля (Державна екологічна інспекція), Державна служба

надзвичайних ситуацій (Державна гідрометеорологічна служба), Міністерство охорони здоров'я (санітарно-епідеміологічна служба), Центральної геофізичної обсерваторії та громадськістю [8].

Географічне розташування Маріуполя обумовлює особливі кліматичні умови. Протягом року вводять режим несприятливих метеорологічних умов, який заважає розсіюванню шкідливих домішок в повітрі, так званий режим «смогу». Масштаби негативного впливу на атмосферне повітря регулюються та контролюються на всіх рівнях, але якість атмосферного повітря не покращується. Тривалі викиди забруднюючих речовин, чинять негативний вплив на здоров'я людини, на екологічну систему міста.

Згідно даних комплексного індексу забруднення атмосферного повітря міст України у першому півріччі 2020 р. у м. Маріуполь рівень забруднення повітря оцінювався як дуже високий (КІЗА = 14,3). За значенням ІЗА

можна судити про ступінь забруднення атмосферного повітря та його динаміку [9].

Кожна країна світу стикається з проблемами забруднення атмосферного повітря, тому виникає необхідність не тільки вирішення цієї проблеми, а й приведення міжнародних комплексних показників забруднення атмосферного повітря до державних стандартів. Крім статистичних характеристик в різних країнах світу існує також безліч інтегральних та комплексних показників забруднення атмосферного повітря, наприклад, комплексний індекс забруднення атмосфери (КІЗА) [10-11], індекс якості атмосферного повітря AQI (Air Quality Index) [12-14], AQHI (Air Quality Health Index) [15-17], індекси BELATMO [18]. Для подальшого порівняльного аналізу вибрано КІЗА та AQI, який відбиває європейський досвід комплексного моніторингу атмосферного повітря та може бути адаптований до державних показників.

Методика дослідження

В Україні для сумарної оцінки широко використовується комплексний індекс забруднення атмосфери (1), який враховує не тільки концентрації різних речовин, але і їх вплив на здоров'я людей:

При розрахунку КІЗА:

$$КІЗА = \sum_{i=1}^n \left(\frac{c_i}{ГДК_i} \right)^{k_i} \quad (1)$$

де n - число забруднюючих атмосферу речовин, що враховуються при визначенні індексу (зазвичай 5),

c_i - середньодобова (річна) концентрація i -ої домішки в повітрі, мг/м³;

k_i - показник шкідливості i -ої домішки, що залежить від класу небезпеки речовини (для речовин 1-го класу небезпеки дорівнює 1,5; для речовин 2-го - 1,3; третього - 1,0; четвертого - 0,85).

Сумарний ІЗА використовується для порівняння ступеня забруднення атмосфери в різних містах, проте це можливо лише в разі якщо вимірюються концентрації однакового набору речовин. Як показує практика, набір вимірюваних забруднюючих речовин в різних містах, більш того на різних постах одного міста, може розрізнятися [19-20]. В такому випадку розраховується ІЗА для кожної речовини, а потім складається

регресний варіаційний ряд отриманих величин. Вибираються речовини з найбільшими значеннями індексів, по яких і проводиться розрахунок, а за тим і порівняння сумарного індексу забруднення атмосфери.

ІЗА передбачається, що всі забруднюючі речовини, які не перевищують гранично допустимі концентрації, однаково впливають на організм людини, але із збільшенням їх концентрацій збільшується і ступінь їх шкідливості зростає з різною швидкістю, яка залежить від класу небезпеки речовини.

Для подальшого порівняльного аналізу вибрано КІЗА, AQI_{EU} - який відбиває європейський досвід комплексного моніторингу атмосферного повітря та може бути адаптований до державних показників, а також модель світового індексу якості повітря AQI_{EPA}.

Розрахунок AQI (формула 2) включає в себе етапи: визначити максимальні концентрації по всіх вимірах для кожної контрольованої території і округлити величини; знайти інтервал, в який потрапляє дана концентрація; обчислити числове значення індексу по формулі AQI за формулою:

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}}(C - C_{low}) + I_{low} \quad (2)$$

I – значення індексу забруднення;
 C – усереднена концентрація забруднювальної речовини;
 C_{high} – межа інтервала, більша або рівна C ;
 C_{low} – межа інтервала, менша C ;
 I_{high} – значення AQI, яке відповідає C_{high} ;
 I_{low} – значення AQI, яке відповідає C_{low}

Напрямку співставляти кількісні дані європейської AQI_{EU} та американської моделі індексу якості повітря AQI_{EPA} неможливо, тому що вони використовують різні стандарти. Для порівняння необхідно перевести значення концентрацій державного нормативу з $\text{мкг}/\text{м}^3$ в ppb (*parts per billion*, одиниця

вимірювання концентрації, становить одну мільярдну частину). Конвертацію в ppb проведено для кожного конкретного значення (температура 20 °C, тиск 760 мм рт.ст.) за формулою (3) [21]:

$$C_{\text{EPA}} = C \cdot 24,05526 / M_r$$

або

$$C_{\text{EPA}} = C / K \quad (3)$$

C_{EPA} – концентрація забруднювальної речовини за стандартом EPA, ppb ;

C – концентрація забруднювальної речовини за європейським стандартом, $\text{мг}/\text{м}^3$;

M_r – молекулярна маса речовини;

K – коефіцієнт конвертації, який дорівнює $K(\text{NO}_2) = 1,25$; $K(\text{SO}_2) = 2,66$; $(\text{O}_3) = 2$; $K(\text{CO}) = 1,17$.

Результати досліджень

Проаналізовано інформацію щодо вмісту в атмосферному повітрі в межах м. Маріуполь основних та деяких специфічних забруднюючих речовин: амоніак, пил, нітроген діоксид, сульфур діоксид, карбон діоксид, фенол, формальдегід [22]. Обласні автоматизовані пости спостереження проводять вимірювання за забрудненнями: тверді частки розміром 2,5 та 10 мкм , карбон оксид, нітроген оксиди, сульфур діоксид, озон, фенол, формальдегід. Всі ці речовини відносяться до списку забруднюючих речовин, що підлягають моніторингу згідно «Порядку організації та проведення моніторингу атмосферного повітря» 2019 року.

Для моніторингу стану атмосферного повітря в м. Маріуполь використовувались дані з постів Автоматизованої системи моніторингу довкілля у Донецькій області за 2020 рік [9] (пости розташовані за адресою ОАПС-02 пр. Металургів, 112, ОАПС-03 пр. Перемоги, 21), також мережі автоматичних постів спостереження (АПС) на кордонах санітарно-захисних зон (СЗЗ) підприємств міста. Кількість постів на кордонах санітарно-захисних зон: ММК ім. Ілліча – 5, ПрАТ МК «Азовсталь» – 4, ДП «Маріупольський морський торговельний порт» (сміттєспалювальна піч), ПрАТ «Азовелектросталь» по 1, СЗЗ ТОВ «Сателіт» – 2.

Проведено аналіз відстані між обласними автоматизованими постами спостереження та постами на кордоні СЗЗ підприємств. Для подальшого аналізу обрано пости

відстань між якими мінімальна: ОАПС-03 та АПС-43 – 650 м; ОАПС-02 та АПС-44 – 1900 м.

Для розрахунку ІЗА використовувались показники: тверді частинки 2,5 та 10 мкм , нітроген діоксид, озон, сульфур діоксид. Такий набір вихідних даних обрано для узгодження державних та європейських комплексних показників, бо саме такий набір використовується для розрахунку індексу якості повітря згідно Європейського екологічного агентства. На основі ІЗА складових за формулою розраховано середньодобові значення комплексного індексу забруднення атмосфери (КІЗА).

Аналіз даних зміни середньомісячних концентрацій ЗР, показав що по NO_2 і SO_2 рівень забруднення в цілому не перевищує ГДКсд. Вміст TCH_{10} , $\text{TCH}_{2.5}$, O_3 в атмосферному повітрі стабільно перевищував ГДКсд в 2-3 рази.

Аналіз отриманих величин ІЗА показує, що кожне забруднення дає свій внесок в величину КІЗА. Значення перебувають у діапазоні, що варіюється від низького до високого рівню забруднення атмосфери.

Розрахункові значення КІЗА представлено на графіках динаміки змін на рис. 1, 2.

Аналіз даних показав що КІЗА змінюється від 1 до 8. Показники динаміки зміни КІЗА в м. Маріуполі з 2000-2016 р. [23] визначив значення показника в межах від 7 – 20, що характеризується як високий рівень забруднення. Аналіз динаміки зміни комплексного ІЗА м. Маріуполь за період дослідження (рис. 1, 2) показав що в 2020 році

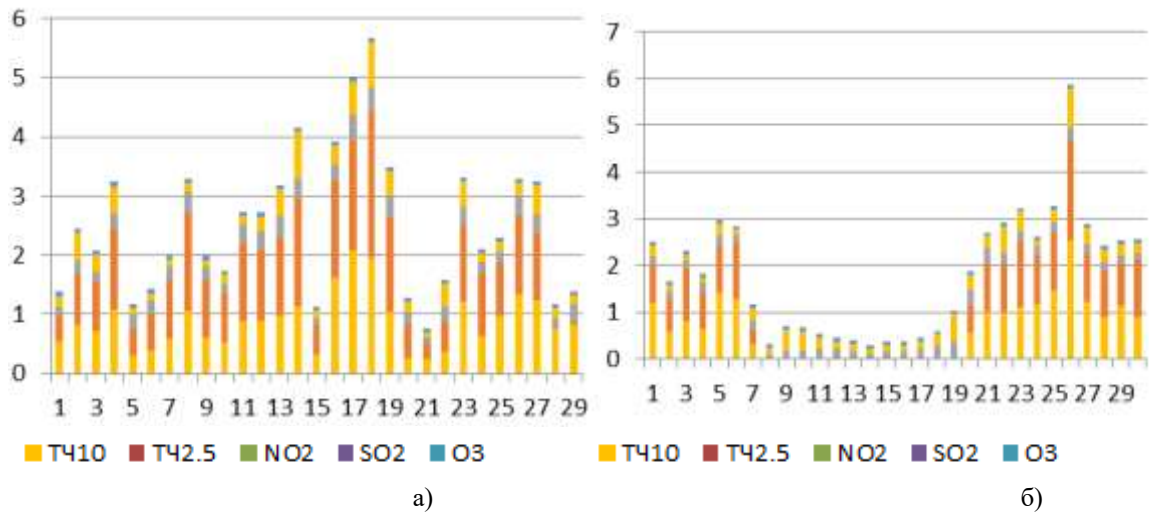


Рис. 1 – Динаміка зміни КІЗА за даними ОАПС-03 м. Маріуполь за твердими частками, нітроген діоксидом, сульфур діоксидом, озонем: а) лютий 2020; б) травень 2020
Fig. 1 – Changes of IAQI according to RAOP-03 (Regional Automatic Observation Posts) Mariupol on solid particles, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, ozone: a) February 2020; b) May 2020

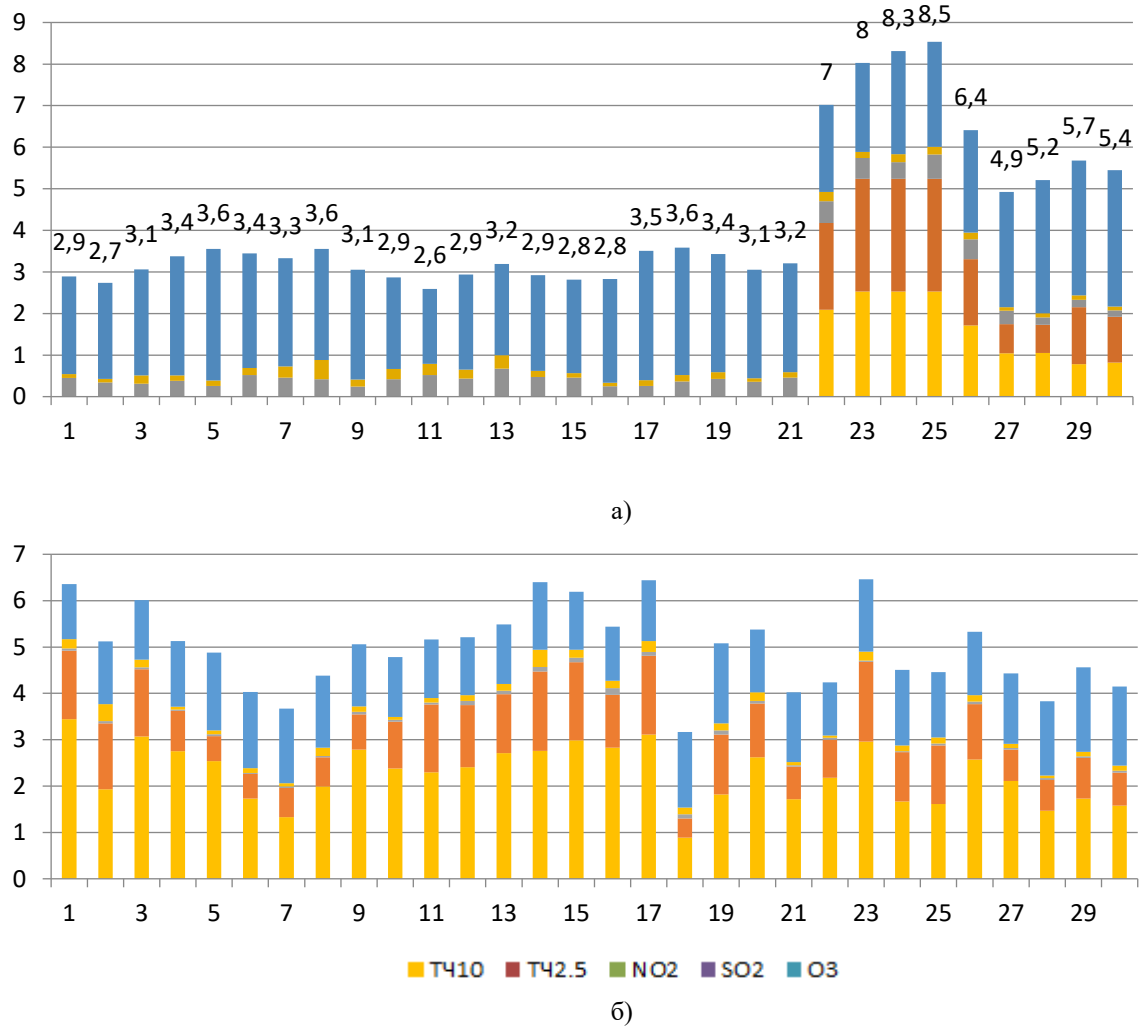


Рис. 2 – Динаміка зміни КІЗА за даними ОАПС-03 м. Маріуполь за твердими частками, нітроген діоксидом, сульфур діоксидом, озонем: а) серпень 2020; б) листопад 2020

Fig. 2 – Changes of IAQI according to RAOP-03 of Mariupol on solid particles, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, ozone: a) August 2020; b) November 2020

середній відсоток («внесок») забруднюючих речовин в КІЗА становить (табл. 1): ТЧ10 – 33 %; ТЧ2.5 – 28 %; NO₂ – 9 %, SO₂ – 10 %; O₃ – 20 %. Основними забруднювальними речовинами є тверді частинки та озон. Середнє значення КІЗА = 3,9 згідно шкали характеризується, як низький рівень забруд-

нення. Отриманий результат не узгоджується з результатами розрахунку КІЗА = 14,3 за I півріччя 2020 року за даними мережі спостережень Національної гідрометслужби України згідно [24]. Розбіжність пояснюється вибором підіндексів.

Таблиця 1
Середній відсоток («внесок») забруднюючих речовин в КІЗА ОАПС-03
Table 1
The average percentage ("contribution") of pollutants in IAQI RAOP-03

Місяць	ТЧ10	ТЧ2.5	NO ₂	SO ₂	O ₃	КІЗА
січень	43	29	11	13	4	2,7
лютий	36	37	12	12	3	2,4
березень	30	40	11	15	4	2,7
травень	25	23	20	24	8	1,8
серпень	7	8	10	5	70	4,2
вересень	33	40	6	2	19	6,5
жовтень	45	29	3	2	21	5,5
листопад	45	21	1	3	30	5,0
Ср.знач	33	28	9	10	20	3,9

З даних визначено (табл. 1), що основний внесок в КІЗА вносять тверді частки та озон. Максимальний внесок ІЗА озон влітку (70 %), що пояснюється фізико-хімічними процесами атмосфери.

Також значний інтерес представляє собою динаміка зміни вмісту в атмосферному повітрі формальдегіду. Аналіз попередніх років [25] показав перевищення середньорічних концентрацій забруднюючих речовин у Маріуполі: протягом 2019 року завісили речовини – 1,06 ГДКс.д., діоксид азоту – 1,5 ГДКс.д., фенол – 2,0 ГДКс.д., формальдегіду – 7,0 ГДКс.д.; протягом 2018 року: завісили речовини – 1,3 ГДКс.д., діоксид азоту – 1,75 ГДКс.д., фенол – 2,0 ГДКс.д., формальдегіду – 6,0 ГДКс.д. Значні перевищення

формальдегіду до 10 ГДК в повітрі міста в весняно-осінній період, які пояснюються температурним та режимом сонячного випромінювання.

Кількісні значення динаміки перевищення середньомісячних гранично допустимих концентрацій формальдегіду протягом 2017 – 2018р. в м. Маріуполь представлені в таблиці 2.

За даними Автоматизованої системи моніторингу значного перевищення концентрацій формальдегіду, які могли би привести до збільшення КІЗА, не спостерігається: протягом 2020 року абсолютні концентрації або не перевищують ГДК, або не вимірюються внаслідок проведення технічних робіт.

Таблиця 2
Перевищення (кількість разів) середньомісячних ГДК формальдегіду на постах
Донецького регіонального центру з гідрометеорології [26]

Table 2
Exceeding (times) the average monthly MPC of formaldehyde at posts
Donetsk Regional Center for Hydrometeorology [26]

Рік	I	II	III	IV	V	VI	VII	IX	X	XI
2018	4,3	3,4	2,6	4,8	8,9	7,7	8,5	8,4	6,1	–
2017	3,9	4,9	5,5	–	–	9,1	9,1	7,8	6,8	5,2

Аналіз усіх даних показує, що в загальному спостерігаємо 12 перевищень з загальної вибірки, що складає приблизно 25 – 30 %. Перевищення ГДК спостерігається в

більшості за зваженими частинками. Середнє значення комплексного індексу забруднення повітря за досліджений період 4,1 (табл. 3).

Таблиця 3
Середньомісячні концентрації забруднюючих ($C_{с.д.}$ (мкг/м³)) речовин, розраховані значення ІЗА та КІЗА за 2020 рік за даними ОАПС-03 м.Маріуполь

Table 3
Average monthly concentrations of pollutants (SSD ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)) of substances calculated by ISA values and IAQI for 2020 according to RAOP-03Mariupol

Місяць	$C_{с.д.}$ (мкг/м ³)					$C_{с.д.}$ /ГДК					КІЗА
	ТЧ ₁₀	ТЧ _{2,5}	NO ₂	SO ₂	O ₃	ТЧ ₁₀	ТЧ _{2,5}	NO ₂	SO ₂	O ₃	
січень	39,9	14,61	10,16	17,12	5,81	1,1	0,9	0,3	0,3	0,2	2,7
лютий	30,71	17,46	10,39	14,55	5,14	0,9	1	0,3	0,3	0,2	2,6
березень	36,25	19,13	8,42	14,39	5,25	1	1,1	0,2	0,3	0,2	2,7
травень	22,59	10,51	8,05	13,77	5,28	0,6	0,6	0,2	0,3	0,2	1,8
серпень	17,7	8,93	15,44	8,47	56,55	0,5	0,5	0,4	0,2	1,9	4,2
вересень	61,56	45,79	13,92	6,6	56,97	1,8	2,7	0,3	0,1	1,9	7,5
жовтень	84,58	26,49	5,59	4,97	45,5	2,4	1,6	0,1	0,1	1,5	6
листопад	79,33	18,22	2,14	7,11	38,27	2,3	1,1	0,1	0,1	1,3	5,1
срзнач	45,3	19,8	12,7	15,2	27,6	1,3	1,2	0,2	0,2	0,9	4,1

Таблиця 4
Індекс якості повітря європейський (AQI_{EU}) м. Маріуполь 2020 р.

European Air Quality Index (AQIEU) Mariupol 2020

Місяць	$C_{с.д.}$ (мкг/м ³)					AQI _{EU}
	ТЧ ₁₀	ТЧ _{2,5}	NO ₂	SO ₂	O ₃	
січень	39,90	14,61	10,16	17,12	5,81	40
лютий	30,71	17,46	10,39	14,55	5,14	31
березень	36,25	19,13	8,418	14,39	5,25	36
травень	22,59	10,51	8,05	13,77	5,28	23
серпень	17,70	8,93	15,44	8,47	56,55	57
вересень	61,56	45,79	13,92	6,60	56,97	62
жовтень	84,58	26,49	5,59	4,97	45,50	85
листопад	79,33	18,22	2,14	7,11	38,27	80

Результати зіставлення комплексного ІЗА з пороговими значеннями згідно шкали європейського індексу якості повітря AQI_{EU}, представлені в таблиці 4. AQI заснований на стандартах якості повітря і приймає до уваги як охорону здоров'я людини так і стан навколишнього середовища, він повідомляє про єдину, найнебезпечнішу із забруднюючих речовин. Отримані результати оцінюються як добрі за нітроген, сульфур оксидами та озоном. За зваженими частинками достатньо добрий, помірно, небезпечний стан повітря.

Комплексний показник в 1 з 8 випадків визначається, концентрацією озону, в усіх інших випадках концентрацією зважених частинок. В 3 з 8 випадків, спостерігається небезпечний стан повітря.

Процес зіставлення комплексного ІЗА з моделлю світового індексу якості повітря

AQI_{ЕРА} в м. Маріуполь проводився за даними сайту з 15-ти пунктів моніторингу, за розташуванням більшість співпадає з автоматизованими пунктами спостереження. На всіх пунктах присутні показники: PM_{2,5}, PM₁₀, дані за вмістом O₃, NO₂, SO₂, CO не представлені.

Напряму співставляти кількісні дані європейської AQI_{EU} та американської моделі індексу якості повітря AQI_{ЕРА} неможливо, тому що вони використовують різні стандарти. Конвертацію здійснено $\text{мг/м}^3 \rightarrow \text{ppb}$ для O₃, SO₂, NO₂. Концентрації PM_{2,5} та PM₁₀ використано в мг/м^3 згідно формули AQI_{ЕРА} для оцінки підіндексу необхідно округлити до цілих значень. Отримані результати наведено в таблиці 5.

Розрахунок підіндексу AQI_{ЕРА} через концентрацію виконувався через калькулятор підіндексу якості атмосферного повітря [27], що аналогічно розрахунку за робочою формулою. Таким чином для кожного

конкретного значення всередині кожної вибірки визначався інтервал і розраховувалась величина за формулою для розрахунку AQI_{EPA} .

З даних таблиці 5 визначено, що підіндекси забруднюючих речовин переважно знаходяться в безпечному інтервалі, зокрема

сумарний показник ΣAQI_{EPA} обумовлений поточними концентраціями зважених часток $PM_{2,5}$

Результати зіставлення розрахованих інтегральних показників якості повітря за 2020 рік м. Маріуполь наведені в табл. 6.

Таблиця 5

Індекс якості повітря світовий (AQI_{EPA}) м. Маріуполь 2020 р.

Table 5

World Air Quality Index (AQI_{EPA}) Mariupol 2020

	C _{с.д.} (мкг/м ³)		C _{с.д.} , ppb			(AQI _{EPA}) _i					AQI _{EPA}
	ТЧ ₁₀	ТЧ _{2,5}	NO ₂	SO ₂	O ₃	ТЧ ₁₀	ТЧ _{2,5}	NO ₂	SO ₂	O ₃	
січень	40	15	5,75	6,38	3,0	37	57	6	9	3	57
лютий	31	17	5,75	5,63	2,5	29	61	6	9	3	61
березень	36	19	4,18	5,26	2,5	33	66	4	7	3	66
травень	23	11	4,18	5,26	2,5	21	46	4	7	3	46
серпень	18	9	7,84	3,0	29	17	38	8	3	27	38
вересень	62	46	7,32	2,63	29	54	127	7	3	27	127
жовтень	85	26	3,14	1,88	23	66	166	3	3	21	166
листопад	79	18	1,05	2,63	19	63	163	1	3	18	163

Таблиця 6

Інтегральні показники якості повітря за 2020 рік за даними ОАПС-03 м. Маріуполь

Table 6

Integrated indicators of air quality for 2020 according to RAOP-03 Mariupol

	C _{с.д.} (мкг/м ³)					КІЗА	AQI _{EU}	AQI _{EPA}
	ТЧ ₁₀	ТЧ _{2,5}	NO ₂	SO ₂	O ₃			
січень	39,9	14,61	10,16	17,12	5,81	2,7	40	57
лютий	30,71	17,46	10,39	14,55	5,14	2,6	31	61
березень	36,25	19,13	8,42	14,39	5,25	2,7	36	66
травень	22,59	10,51	8,05	13,77	5,28	1,8	23	46
серпень	17,7	8,93	15,44	8,47	56,55	4,2	57	38
вересень	61,56	45,79	13,92	6,6	56,97	7,5	62	127
жовтень	84,58	26,49	5,59	4,97	45,5	6	85	166
листопад	79,33	18,22	2,14	7,11	38,27	5,1	80	163

Аналіз забруднюючих речовин, який використовується майже в усіх реалізованих моделях якості повітря, обумовлює однакові якісні результати, не дивлячись на різні кількісні результати. За даним набором забруднюючих речовин не можливо комплексно судити про якість повітря, зв'язок між основними джерелами викидів з атмосферою,

дослідження складу атмосфери, наукові проблеми, що мають суспільне значення, і подальший вибір суспільства та сфери впливу. Дослідження в галузі оцінки якості атмосфери допомагають створити прогнозуючу здатність щодо майбутніх умов довкілля, що може вказувати на ймовірний вплив різних видів промисловості на суспільство.

Висновки

Індекс забруднення атмосферного повітря є комунікаційним інструментом, який використовується державними та громадськими органами для сповіщення населення про поточний стан якості повітря.

Необхідність подібного показника полягає в тому, що абсолютні концентрації забруднюючих речовин в масових одиницях мг/м³ в атмосферному повітрі можуть бути зрозумілими вузькому колу фахівців. Більшість

населення не зрозуміє прямих результатів вимірювання, ще менша кількість людей може зробити висновок про очікувані наслідки. Саме тому, необхідно перетворювати поточні концентрації забруднення в показник, який відбиває взаємозв'язок між даними моніторингових спостережень і наслідками для здоров'я людини.

У різних країнах по-різному розраховують індекс якості повітря. Абсолютних способів його обчислення не існує. Показники якості повітря інформує про регульовані забруднення та їх ймовірний вплив на здоров'я.

Проаналізувавши дані Автоматизованої системи моніторингу довкілля Донецької області розраховано середньомісячні концентрації забруднюючих речовин за даними регіональних постів та автоматичних постів спостереження на межі санітарно-захисних зон. Для оцінки якості атмосферного повітря

використано набір даних: зважені частинки, озон, нітроген та сульфур діоксиди, які використовуються для розрахунку світових показників якості повітря.

Розраховано середній відсоток забруднюючих речовин, підіндекси та індекси якості атмосферного повітря м. Маріуполь за нормативами України, ЕЕА, ЕРА. Отримані результати відрізняються за кількісними значеннями, але за шкалою якості повітря подібні. Врахування в вихідному наборі даних по формальдегіду, значно збільшує кількісне значення ІЗА.

Виявлена тенденція збільшення особливості зміни концентрації формальдегіду в атмосфері міста протягом 2017 – 2020 рр. Підвищення концентрації домішки в атмосфері пов'язано з підвищенням хімічної активності атмосфери в теплий період року та підвищенням загальної кількості викидів в атмосферу.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Література

1. NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2019, published online January 2020, <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513>
2. Bonan, G. B. Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*. 2008. № 320. P. 1444 – 1449. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1155121>
3. Hoegh-Guldberg, O., Bruno J. F. The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*. 2010. № 328. P. 1523 – 1528. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1189930>
4. Shindell, D., Kuylensstierna J. C. I., Vignati E. Simultaneously Mitigating Near-Term Climate Change and Improving Human Health and Food Security. *Science*. 2012. № 335. P. 183 – 189
5. Branco P.T.B.S. Alvim-Ferraz M.C.M., Martins F.G., Sousa S.I.V. The microenvironmental modelling approach to assess children's exposure to air pollution. *Environmental Research*. 2014. № 135. P. 317 – 332. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.002>
6. Rich D. Q. Accountability studies of air pollution and health effects: lessons learned and recommendations for future natural experiment opportunities. *Environment International*. 2017. № 100. P. 62 – 78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.12.019>
7. Davalos A. D. T. J. Luben, A. H. Herring, J. D. Sacks Current approaches used in epidemiologic studies to examine short-term multipollutant air pollution exposures. *Annals of Epidemiology*, 2017. № 27. P. 145 – 153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2016.11.016>
8. Моніторинг якості атмосферного повітря: український та міжнародний досвід. [Аналітична записка]. Київ: ГО «Фундація «Відкрите Суспільство», 2018. 13 с.
9. Департамент екології та природних ресурсів Донецької обласної державної адміністрації. URL: <https://ecology.donoda.gov.ua/stan-dovkilliya/>
10. Какарека С. В. Оценка суммарного загрязнения атмосферного воздуха. *География и природные ресурсы*. 2012. № 2. С. 14 – 20. URL: <http://www.izdatgeo.ru/pdf/gipr/2012-2/14.pdf>
11. Какарека С.В. Методические подходы к оценке суммарного загрязнения атмосферного воздуха. *Природопользование*. Минск. 2014. Вып. 25. С. 61 – 69. URL: http://nature-nas.by/resources/journals/default/PRI-RODA_25_2014.pdf
12. UK Daily Air Quality Index. URL: <https://uk-air.defra.gov.uk/air-pollution/daq?view=more-info>
13. AQI EEA URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>

14. Стандарти якості повітря ЕЕА. URL: <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>
15. Air quality Health index. URL: https://weather.gc.ca/airquality/pages/index_e.html
16. Air Quality Index. A Guide to Air Quality and Your Health, 2014(2009). URL: https://www.airnow.gov/sites/default/files/2018-04/aqi_brochure_02_14_0.pdf
17. Environment Canada – Air – About the Air Quality Health Index. URL: https://weather.gc.ca/airquality/pages/index_e.html
18. Індекс якості повітря BELATMO (Бельгія). URL: <https://www.irceline.be/en/air-quality/measurements/air-quality-index/information>
19. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89. М.: Госкомгидромет, 1991. 693 с.
20. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. СПб.: Астерон, 2008. 253с.
21. Мислюк, О. О. Практикум з хімічної екології: навчальний посібник. К. : Кондор, 2013. 304 с.
22. Екологічний паспорт Донецької області за 2019 рік. URL : <http://ecology.donoda.gov.ua>
23. Дан О. Л., Бутенко Е. О., Капустин О. Є. Екологічна ситуація Приазовського регіону - проблеми та рішення. Повітря. Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. 2018. Вип. 36. С. 229 – 236. URL: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.36.2018.143040>
24. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за I півріччя 2020 року (за даними мережі спостережень Національної гідрометслужби України). URL: http://cgo-sreznv-skyi.kyiv.ua/data/ukr-zabrud-viz-1/oglyad-stanu-zabrudnennya--pivrichchya-2020_-na-sayt.pdf
25. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2019 році. 2020. URL: <https://ecology.donoda.gov.ua/stan-dovkilliya/>
26. Пастернак О.М. Сезонні коливання забруднення атмосферного повітря формальдегідом. Актуальні проблеми науки та освіти: матеріали XXI підсумкової науково-практичної конференції викладачів МДУ., 1 лютого 2019 р. За заг. ред. К.В. Балабанова. Маріуполь: МДУ, 2019. С. 48 – 49. URL: http://mdu.in.ua/Nauch/Konf/2019/zbirka_aktualni_problemi_nauki_ta_osviti_2019.pdf
27. AQI Calculator. URL: <https://www.airnow.gov/aqi/aqi-calculator-concentration>

References

1. NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2019. (2020). Retrieved from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513>
2. Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320, 1444 - 1449. <https://doi.org/10.1126/science.1155121>
3. Hoegh-Guldberg, O. & Bruno, J. F. (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328, 1523 - 1528. <https://doi.org/10.1126/science.1189930>
4. Shindell, D., Kuylenstierna, J. C. I. & Vignati, E. (2012). Simultaneously Mitigating Near-Term Climate Change and Improving Human Health and Food Security. *Science*. (335), 183 – 189. <https://doi.org/10.1126/science.1210026>
5. Branco, P.T. B.S., Alvim-Ferraz, M.C.M., Martins, F.G. & Sousa, S.I.V. (2014). The microenvironmental modeling approach to assess children's exposure to air pollution. *Environmental Research*, (135), 317 - 332. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.002>
6. Rich, D. Q. (2017). Accountability studies of air pollution and health effects: lessons learned recommendations for future natural experiment opportunities. *Environment International*, (100), 62-78. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.12.019>
7. Davalos, A. D., Luben, T. J., Herring, A. H. & Sacks, J. D. (2017). Current approaches used in epidemiological studies to examine short-term multipollutant air pollution exposures. *Annals of Epidemiology*, (27), 145 - 153. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2016.11.016>
8. Atmospheric air quality monitoring: Ukrainian and international experience. (2018). Kyiv: NGO Open Society Foundation. (In Ukrainian)
9. Department of Ecology and Natural Resources of Donetsk Regional State Administration. (2020). Retrieved from <https://ecology.donoda.gov.ua/stan-dovkilliya/> (In Ukrainian)
10. Kakareka, S.V. (2012). Estimation of total air pollution. *Geography and natural resources*, (2), 14 - 20. Retrieved from <http://www.izdatgeo.ru/pdf/gipr/2012-2/14.pdf>
11. Kakareka, S.V. (2014). Methodical approaches to the assessment of total air pollution. *Nature management*, (25), 61 - 69. Retrieved from http://nature-nas.by/resources/journals/default/PRIRODA_25_2014.pdf
12. UK Daily Air Quality Index. Retrieved from <https://uk-air.defra.gov.uk/air-pollution/daq?view=more-info>
13. AQI EEA. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>
14. EEA air quality standards. Retrieved from <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>
15. Air quality Health index. Retrieved from https://weather.gc.ca/airquality/pages/index_e.html

16. Air Quality Index. A Guide to Air Quality and Your Health, 2014 (2009). Retrieved from https://www.airnow.gov/sites/default/files/2018-04/aqi_brochure_02_14_0.pdf
17. Environment Canada - Air - About the Air Quality Health Index. Retrieved from https://weather.gc.ca/airquality/pages/index_e.html
18. BELATMO air quality index (Belgium). Retrieved from <https://www.irceline.be/en/air-quality/measurements/air-quality-index/information>
19. Manual on air pollution control RD 52.04.186-89 . (1991). Moskow: Goskomgidromet.
20. Bezuglaya, E.Yu. & Smirnova, I.V. (2008). Urban air and its changes. St. Petersburg: Asteron.
21. Myslyuk, O.O. (2013). Workshop on chemical ecology. Kyiv: Condor. (In Ukrainian)
22. Ecological passport of Donetsk region for 2019.(2020). Retrieved from <http://ecology.donoda.gov.ua> (In Ukrainian)
23. Dan, O.L., Butenko, E.O. & Kapustin O.E. (2018).The ecological situation in the Azov region - problems and solutions. *Air. Bulletin of Priazovsky State Technical University. Series: Technical Sciences*, 36, 229 - 236. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.36.2018.143040> (In Ukrainian)
24. Review of the state of environmental pollution on the territory of Ukraine for the first half of 2020 (according to the network of observations of the National Hydrometeorological Service of Ukraine). Retrieved from <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/data/ukr-zabrud-viz-1/oglyad-stanu-zabrudnennya--pivrichchya-2020 -na-sayt.pdf> (In Ukrainian)
25. Regional Report on the state of the environment in the Donetsk region in 2019. (2020). Retrieved from <https://ecology.donoda.gov.ua/stan-dovkillya/> (In Ukrainian)
26. Pasternak, O.M. (2019). Seasonal fluctuations of formaldehyde air pollution. In K.V. Balabanov (Ed.). *Current Problems Of Science And Education: Proceedings of the XXI final scientific-practical conference of MSU teachers, Mariupol, 2019, February 1, (pp. 48-49)*. Mariupol: MSU. Retrieved from http://mdu.in.ua/Nauch/Konf/2019/zbirka_aktualni_problemi_nauki_ta_osviti_2019.pdf (In Ukrainian)
27. AQI Calculator. Retrieved from <https://www.airnow.gov/aqi/aqi-calculator-concentration>

Отримана 24.03.2021

Переглянуто 11.04.2021

Прийнята до друку 22.04.2021

УДК (UDC): 911.2: 502.1: 502.51(285)

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-03>

В. О. МАРТИНЮК¹, канд. геогр. наук, доц., **С. В. АНДРІЙЧУК¹**

¹Рівненський державний гуманітарний університет,
вул. Ст. Бандери, 12, м. Рівне, 33028, Україна

e-mail: vitalii.martyniuk@rshu.edu.ua
andriichuk.serhii@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8654-3510>
<https://orcid.org/0000-0001-6553-1855>

ОЦІНКА ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНОГО СТАНУ БАСЕЙНОВОЇ СИСТЕМИ ОЗЕРА СТРІЛЬСЬКЕ (ГІДРОЛОГІЧНА ПАМ'ЯТКА ПРИРОДИ)

Актуальність. Наявна інформація про конкретні озера об'єктів ПЗФ, перш за все місцевого значення, обмежується короткою інформацією, що не йде на користь розвитку заповідної справи та спонукає до еколого-географічних пошуків озер або озерно-басейнових систем.

Мета. Здійснити оцінку еколого-географічного стану басейнкової системи оз. Стрільське (гідрологічна пам'ятка природи) для кадастрових потреб об'єктів ПЗФ Поліського регіону України.

Методи. Регіональної конструктивно-географічної лімнології, ландшафтно-лімнологічного аналізу, ґрунтово-геохімічного профілювання озерних водозборів, ГІС-картографічного моделювання.

Результати. Представлено у вигляді картографічної моделі просторово-типологічну структуру земельних угідь водозбору оз. Стрільське й обґрунтовано його геоекологічний стан, батиметричної карти озера та морфолого-морфометричних і гідрологічних розрахунків ОБС. Проаналізовано гідрохімічні параметри озера за блоком показників сольового складу, трофо-сапробіологічних характеристик та речовин токсичної дії. Здійснено оцінку літологічного складу та потужності донних відкладів озера, побудовано графіки радіальної міграції хімічних елементів і сполук на одній із зондувальних точок й обґрунтовано якісний склад озерного сапропелю. Із застосуванням ГІС-технологій побудовано ландшафтну карту природно-аквального комплексу оз. Стрільське та здійснено ландшафтометричну оцінку його морфологічної будови. Виявлено перевищення ГДК у воді озера в 1,7 рази за хімічним споживанням кисню, в 1,6 рази за біологічним споживанням кисню, у 2 рази за залізом загальним. Озерна улоговина на 65,7% заповнена донними відкладами, які представлені в основному органом-залістим сапропелем.

Висновки. Басейнова система у минулому зазнала антропогенних трансформацій у результаті меліоративного природокористування, що обмежило частку поверхневого стоку в озеро. Найбільшого антропогенного навантаження зазнають літоральні аквальної фації озера, що пов'язано з рекреаційною діяльністю сезонно функціонуючої бази відпочинку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: озеро, еколого-географічна оцінка, донні відклади, природний аквальний комплекс, аквафація, акваурочище, природно-заповідний фонд

Martyniuk V. O.¹, Andriichuk S. V.¹

¹Rivne State University of Humanities, St. Bandery St., 12, Rivne, 33028, Ukraine

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL CONDITION OF THE BASIN SYSTEM LAKES STRILSKA (HYDROLOGICAL MONUMENT OF NATURE)

Topicality. The available information on specific lakes of nature protection fund (NPF) objects, primarily of local significance, is limited to brief information on morphometric and hydrological characteristics, information on the rare component of aquatic organisms and the species diversity of the adjacent catchment areas. This state of affairs does not benefit the development of protected areas and encourages ecological and geographical searches of lakes or lake-basin systems, which are part of the NPF.

Purpose is to assess the ecological and geographical condition of the lake basin system Strilaska (hydrological monument of nature) for cadastral needs of NPF objects of Polissya region of Ukraine.

Methods of regional constructive-geographical limnology, landscape-limnological analysis, soil-geochemical profiling of lake catchments, GIS-cartographic modeling.

Results of the study are presented in the form of a cartographic model of the spatial-typological structure of the lands of the lake catchment.

© Мартинюк В. О., Андрійчук С. В., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.

Shooting and substantiation of its geoecological condition, bathymetric map of the lake and morphological-morphometric and hydrological calculations of the LBS. The hydrochemical parameters of the lake were analyzed according to the block of indicators of salt composition, tropho-saprobological characteristics and substances of toxic action. The lithological composition and capacity of the bottom sediments of the lake are estimated, the graphs of radial migration of chemical elements and compounds at one of the probing points are constructed and the qualitative composition of the lake sapropel is substantiated. Using GIS technologies, a landscape map of the natural-aqual complex of the lake was built. Shooting and landscape-metometric assessment of its morphological structure.

Conclusions. The basin system has in the past undergone anthropogenic transformations as a result of reclamation nature management, which has limited the share of surface runoff into the lake. The lake water exceeded the MPC by 1.7 times the chemical oxygen demand, 1.6 times the biological oxygen demand and 2 times the total iron consumption. The lake basin is 65.7% filled with bottom sediments, which are represented mainly by organo-iron sapropel. The littoral aqua facies of the lake suffer the greatest anthropogenic load, which is connected with the recreational activities of the seasonally functioning recreation center.

KEYWORDS: lake, ecological-geographical assessment, bottom sediments, natural aquatic complex, aquafation, aqua-tract, nature reserve fund

Мартынчук В. А.¹, Андрийчук С. В.¹

¹*Ровненский государственный гуманитарный университет, ул. Ст. Бандеры, 12, г. Ровно, Украина, 33028*

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАСЕЙНОВОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕРА СТРЕЛЬСКОЕ (ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПАМЯТНИК ПРИРОДЫ)

Актуальность. Имеющаяся информация о конкретных озерах объектов ПЗФ, прежде всего местного значения, ограничивается краткой информацией, что не идет на пользу развития заповедного дела и побуждает к эколого-географическим поискам озер или озерно-бассейновых систем.

Цель – осуществить оценку эколого-географического состояния бассейновой системы оз. Стрельское (гидрологический памятник природы) для кадастровых потребностей объектов природно-заповедного фонда (ПЗФ) Полесского региона Украины.

Методы региональной конструктивно-географической лимнологии, ландшафтно-лимнологического анализа, почвенно-геохимического профилирования озерных водосборов, ГИС-картографического моделирования.

Результаты исследования представлены в виде картографической модели пространственно-типологической структуры земельных угодий водосбора оз. Стрельское и обоснование его геоэкологического состояния, батиметрической карты озера и гидрологических расчетов озерно-бассейновой системы (ОБС). Проанализированы гидрохимические параметры озера по блоку показателей солевого состава, трофо-сапробиологических характеристик и веществ токсического действия. Осуществлена оценка литологии и мощности донных отложений озера, построены графики радиальной миграции химических элементов и соединений в одной из зондирующих точек. С применением ГИС-технологий построено ландшафтную карту природно-аквального комплекса озера и осуществлено ландшафтометрическую оценку его морфологического строения.

Выводы. Бассейновая система в прошлом претерпела антропогенных трансформаций в результате мелиоративного природопользования, что ограничило долю поверхностного стока в озеро. Выявлено превышение в озере в 1,7 раза ПДК по химическому потреблению кислорода, в 1,6 раза по биологическому потреблению кислорода, в 2 раза по железу общему. Озерная котловина на 65,7% заполнена донными отложениями, которые представлены в основном органо-железистым сапропелем. Наибольшую антропогенную нагрузку испытывают литоральные аквальные фации озера, что связано с рекреационной деятельностью сезонно функционирующей базы отдыха.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: озеро, эколого-географическая оценка, донные отложения, природный аквальный комплекс, аквафация, акваурочище, природно-заповедный фонд

Вступ

Постановка проблеми. Важливе місце у структурі сучасного природокористування посідають об'єкти природно-заповідного фонду (ПЗФ). Станом на 01.01.2020 р. ПЗФ України має у своєму складі 8512 територій та об'єктів загальною площею 4,418 млн. га. Відношення фактичної площі ПЗФ

до площі держави («показник заповідності») становить 6,77% [1].

Серед об'єктів ПЗФ України помітне місце займають озера, які є складовими заповідників, національних і регіональних ландшафтних парків, заказників та пам'яток природи загальнонаціонального та місцево-

го значення тощо. Озера виконують важливі ландшафтно-гідрологічні, мікрокліматичні, біостаційні, естетико-рекреаційні функції. Вони акумулюють важливу палеогеографічну інформацію, передусім за якісним складом озерних осадів, про кліматичні умови минулого, а також природно-антропогенні трансформації ландшафтів на певних хронологічних етапах свого розвитку.

Наявна інформація про конкретні озера об'єктів ПЗФ, зокрема місцевого значення, іноді обмежується лаконічним текстом енциклопедичного змісту, де подаються основні гідрологічні характеристики, відомості про раритетну компоненту гідробіонтів та видове різноманіття прилеглих територій водозбору. Безперечно, такий стан речей не іде на користь розвитку заповідної справи й спонукає до комплексних міждисциплінарних пошуків озер або озерно-басейнових систем (ОБС), що є складовими ПЗФ. Такі дослідження мають бути спрямовані на вивчення еколого-географічного (геокомпонентного та геокомплексного) стану ОБС, обґрунтування екосистемних послуг природоохоронних водойм та їх басейнів, розробку оптимізаційних заходів заповідного, а в окремих випадках рекреаційного природокористування. Лише за такого підходу основний принцип охорони природних ландшафтів – «збереження їх структури та характеру функціонування в умовах інтенсивного природокористування та внаслідок антропогенного забруднення» [2, с. 6], буде реально втілюватися у життя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. ОБС є локальною геосистемою, що включає природно-аквально-комплекс (ПАК) озера та територіальні комплекси його водозбору, які функціонують під впливом ландшафтно-географічних й екологічних чинників [3]. У залежності від поставленої мети і завдань дослідження ОБС може виступати як позиційно-динамічна, парагенетична, біоцентрична система [4], але у такому випадку доречно послуговуватися принципами виділення такого типу ОБС й відповідною термінологією локальних геосистем. Наукова зацікавленість до об'єктів локального рівня заповідних та рекреаційних територій останнім часом зростає. С. В. Анісімов [5] обґрунтовує вибір локальних територій за класифікаційно-бальною шкалою для організації малих рекреаційних об'єктів, Н. В. Максименко

та ін. [6] розробляє напрями оптимізації природокористування в інвайронментальному менеджменті території локального рівня.

Конструктивно-географічні пошуки озер Українського Полісся здійснені Л. В. Ільїним [7-8]. Дослідження окремих аспектів озер та їхніх басейнів, зокрема Волинського Полісся, ведуться О. М. Громик (радіоекологічна оцінка водойм, [9]), І. В. Зубковичем (оцінка геоекологічного стану водозборів озер за міграцією біогенних речовин та важких металів, [10]), О. С. Музиченко та ін. (оцінка екостану та використання рекреаційних ресурсів озер, [11]), В. О. Фесюком та ін. (екологічна оцінка якості води озер рекреаційного використання, [12]) й іншими вченими.

Серед зарубіжних публікацій у яких аналізуються геоекологічний стан озерних водойм (водосховища) слід виокремити роботу О. А. Тіхомірова [13], у якій розкрита структура аквального комплексу водосховища та антропогенні трансформації локальних аквакомплексів. На основі палеолімологічного підходу Т. Кофф та ін. вивчають антропогенне забруднення малих озер Естонії, їх екосистемні трансформації під впливом дренажних вод водозборів, притоку міських стічних вод, а також з виробіток сланцевих родовищ у водойми [14]. А. Пашталенець та ін. проводять наукові пошуки щодо екостану озер національних і ландшафтних парків Польщі. Вчені виявили кореляцію між показниками евтрофікації та більшістю лімологічних параметрів озер. Водночас, дослідженнями не встановлено прямої залежності між структурою земельних угідь водозбору та екостаном озер. Хоч і зростання нітрогенного і фосфорного навантаження у межах водозбору, як зазначають дослідники, корелює з евтрофікацією озера [15]. А. Чарнецький та ін. вивчають еколого-рекреаційну ємкість літоральних зон озер, з урахуванням природно-антропогенних чинників, та їхніх водозборів (на прикладі ландшафтного парку Ілава) для планування землеустрою рекреаційних територій. Вони зазначають, що з точки зору стійкого розвитку озер навантаження на літорально-прибережну зону водозбору має бути нижче її потенційних екологічних можливостей [16]. Озера відзначаються високим рівнем екосистемних послуг. Аналіз цінностей екосистемних послуг озер показав, що оцінка середньої вартості таких послуг становила від 106 до 140

дол. США у 2010 р. на респондента за рік для досліджень за методом негедоністичного ціноутворення та від 169 до 403 дол. у цьому ж році для пошуків за методом гедоністичного ціноутворення [17]. На наш погляд, у дослідженнях українських та зарубіжних

вчених недостатньо обґрунтовуються питання ландшафтної організації ПАК озер.

Мета статті – здійснити оцінку еколого-географічного стану басейнової системи оз. Стрільське для кадастрових потреб об'єктів ПЗФ Поліського регіону України.

Об'єкти та методи дослідження

Територіальним об'єктом дослідження є ОБС оз. Стрільське (на топографічних картах назва Озерце), яка розміщена у Льва-Горинському фізико-географічному районі Волинського Полісся та приурочена до місцевостей низинних мохових, трав'янисто-мохових боліт та долин малих річок на водно-льодовикових і алювіальних відкладах. В адміністративному відношенні водойма розташована у Сарненському адміністративному районі за чотири кілометри на північний захід від с. Карасин. ОБС майже з усіх сторін обмежена меліоративними каналами. При виділенні меж водозбору врахований не лише

орографічний чинник, але й антропогенний, що пов'язаний з мережею осушувальних каналів (рис. 1).

Матеріалами дослідження слугували польові ландшафтно-лімнологічні пошуки авторів протягом 2019-2020 рр. у межах ОБС оз. Стрільське. Гідрохімічні аналізи озерної води виконані у сертифікованій лабораторії Рівненської СЕС. Частково у роботі використані фондові джерела з пошуку сапропелю Київської геолого-розвідувальної експедиції (ГРЕ). У процесі дослідження використані методи регіональної конструктивно-географічної лім-



Умовні позначення: ____ A ____ – жовта діагональна лінія через озеро показує гідролого-геологічний поперечник з пунктом відбору (A) проб донних відкладів

Рис. 1 – Територіальна локалізація басейну оз. Стрільське на космознімку

Symbols: ____ A ____ – a yellow diagonal across line the lake shows the hydrological and geological diameter with the sampling point (A) of bottom sediments

Fig. 1 – Territorial localization of the basin of Stril'ske lake on a space shot



Рис. 2 – Алгоритм-схема оцінки еколого-географічного стану басейну озера

Fig. 2 – The algorithm-scheme for assessing the ecological and geographical condition of the lake basin

нології [7-8], ландшафтно-лімнологічного аналізу [18], ґрунтово-геохімічного профілювання озерних водозборів [19], а також власний досвід геоекологічної оцінки ОБС Поліського регіону [20-22]. Виконання цифрової

графіки ґрунтується на застосуванні програмного ГІС-паketу *ArcGIS* 10.3. Алгоритм оцінки еколого-географічного стану ОБС наведена на рис. 2.

Результати досліджень та їх обговорення

«Озеро Стрільське» – гідрологічна пам'ятка природи загальнодержавного значення площею 15,0 га. Створена розпорядженням Ради Міністрів УРСР №780-р від 14.10.1975 р. Знаходиться на землях Клесівської об'єднаної територіальної громади. Головними землекористувачами є Карпилівське лісництво ДП «Сарненський лісгосп» (кв. 17, вид. 41; кв. 18, вид. 24; кв. 27, вид. 1,3), [23].

Площа водозбору незначна й становить 0,37 км² (рис. 3). У структурі земельних угідь 56,0% займають ліси, у тому числі заболочені ліси. Переважають чорно-вільхові та березово-чорновільхові ліси, іноді з домішкою сосни звичайної та дуба звичайного. Підлісок густий, утворений крушиною ламкою та горобиною звичайною. У трав'яному покриві переважає ожина несійська, малина, теліптеріс болотний, кілька видів осоки (о. берегова, о. пухирчаста, о. видовжена), чорниця, паслін солодко-гіркий та інші види. Окрім чорновільшників поширені соснові та

березово-соснові ліси чорничникові та чорничниково-зеленомохові [24]. Уточнена нами площа озера становить 14,78 га (або 40,37%). Чагарниками зайнято 1,74% земельних угідь водозбору.

Площа еколого-стабілізуючих угідь (S_{ACU}) водозбору становить 35,89 га (98,06%), а антропогенно-трансформованих угідь (S_{ATU}) – 0,71 га (1,94%). Останні включають базу відпочинку (1,07%), розташовану на південь від озера, пляж (0,14%) та ґрунтові дороги (0,73%). Таким чином, показник господарського освоєння водозбору, як співвідношення S_{ATU} та S_{ACU} є дуже низьким і становить 0,02.

Озеро овальної форми, безстічне (рис. 4). Берегова лінія виражена чітко, слабо порізана. Водна рослинність розвинута у периферійній частині озера, переважно уздовж західного берега та локально у східній частині. Схили озерної улоговини круті. Літоральна частина водойми представлена ізобатою до 3,0 м. Субліторально-профундальна частина озера (понад 3,0 м), яка фактично

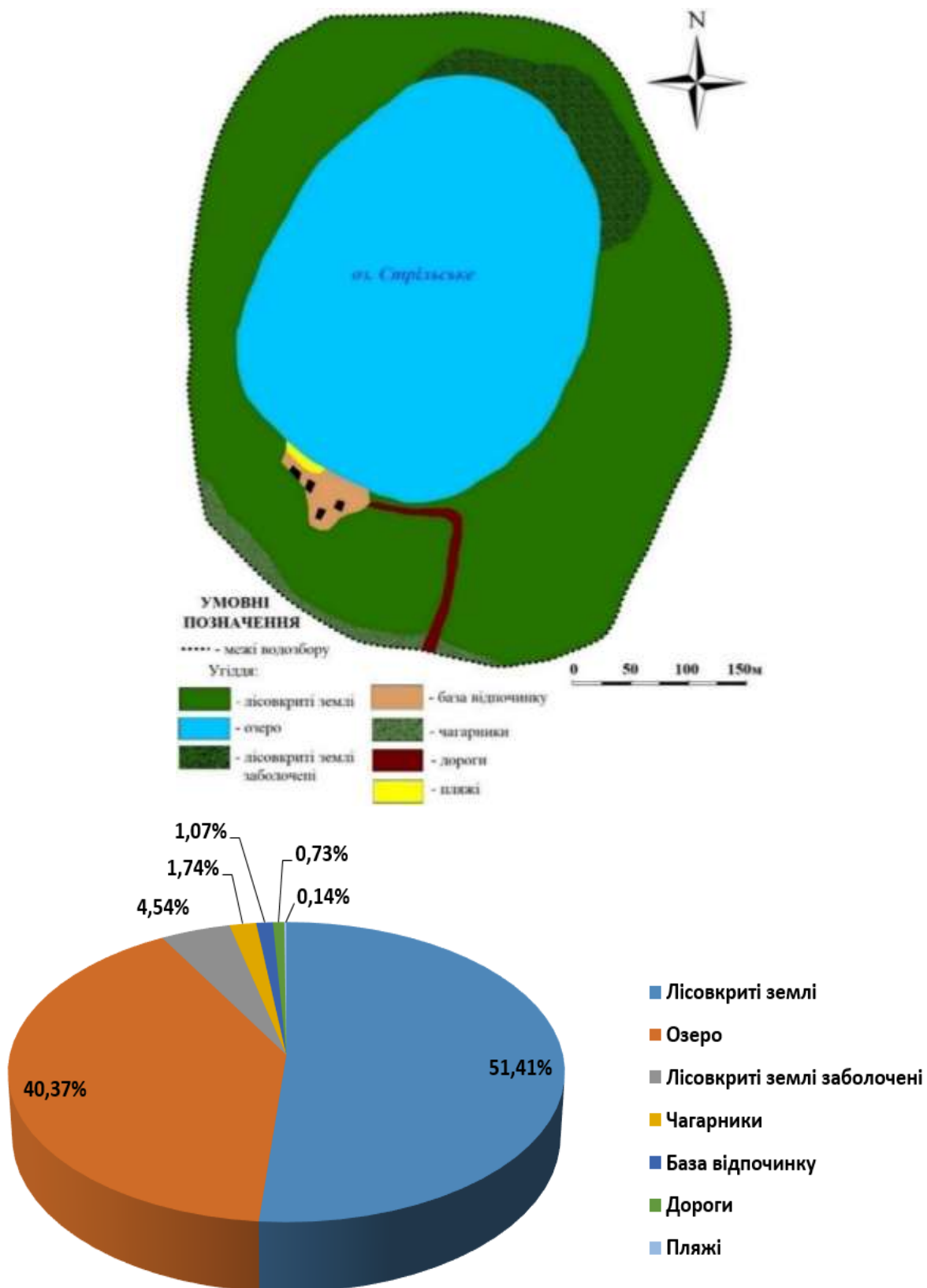


Рис. 3 – Просторово-типологічна структура земельних угідь оз. Стрільське
 Fig. 3 – The spatial and typological structure of lands of Stril'ske lake

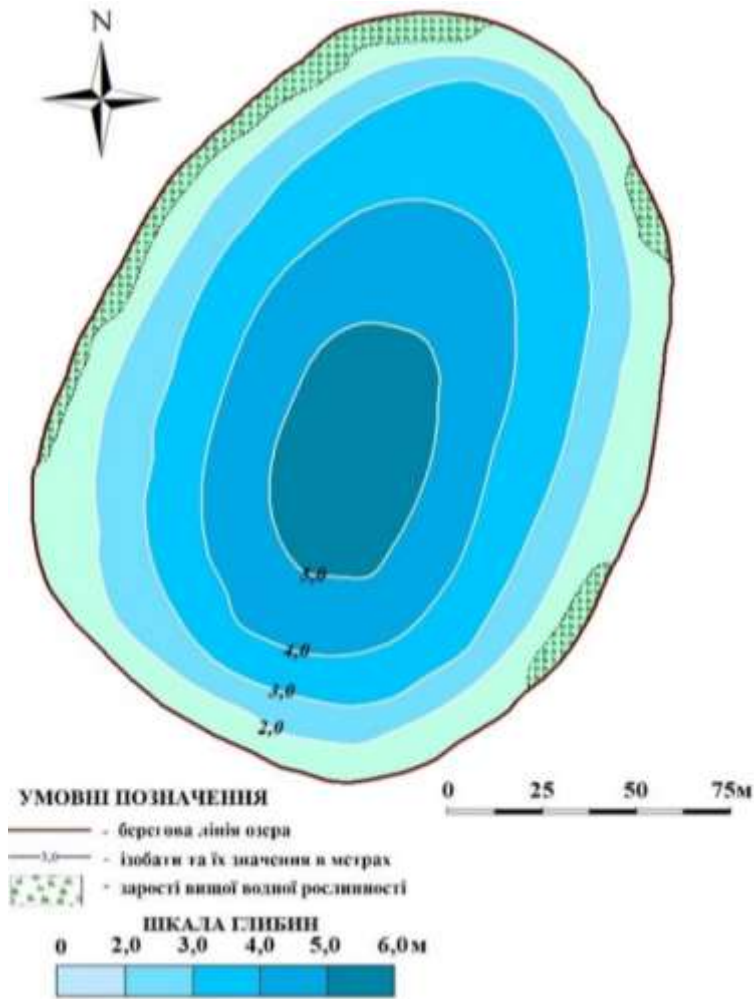


Рис. 4 – Батиметрична модель оз. Стрільське
 Fig. 4 – The bathymetric model of Striliske lake

Морфометричні та гідрологічні характеристики оз. Стрільське
 Morphometric and hydrological characteristics of Striliske lake

Таблиця 1

Table 1

* F , $км^2$	$H_{абс.}$, $м$	$h_{ср.}$, $м$	$h_{max.}$, $м$	L , $км$	$B_{max.}$, $км$	$B_{ср.}$, $км$	l , $км$	K_n	$K_{вид.}$
$K_{емк.}$	$K_{відк.}$	$K_{зл.}$	$V_{оз.}$, $тис.м^3$	K	ΔS , $км^2$	** $W_{пр.}$, $тис.м^3$	$a_{вод.}$	$\Delta a_{вод.}$	$A_{ш.}$, $мм$
0,15	146,9	2,6	5,9	0,501	0,365	0,300	1,40	0,576	1,670
0,441	0,058	4,896	394,0	0,405	2,467	46,7	0,119	8,437	1064,9

*Площа озера (F), абсолютна відмітка рівня води ($H_{абс.}$), глибина середня ($h_{ср.}$) та максимальна ($h_{max.}$), довжина водойми (L), ширина максимальна ($B_{max.}$) та середня ($B_{ср.}$), довжина берегової лінії (l), коефіцієнти – порізаності берегової лінії (K_n), видовженості озера ($K_{вид.}$), ємкості ($K_{емк.}$), відкритості ($K_{відк.}$), глибинності ($K_{зл.}$), об'єм водних мас ($V_{оз.}$), показник площі (K), питомий водозбір (ΔS), об'єм приточних вод з водозбору ($W_{пр.}$), умовний водообмін ($a_{вод.}$), питома водообмінність ($\Delta a_{вод.}$), шар акумуляції ($A_{ш.}$). **Середньорічний модуль стоку, $дм^3/с км^2 - 4,0$.

*Lake area (F), absolute mark of water leve ($H_{абс.}$), average depth ($h_{ср.}$) and max depth ($h_{max.}$), lake length (L), max width of the lake ($B_{max.}$) and average width of the lake ($B_{ср.}$), coastal zone length (l), coefficients of – shoreline ruggedness (K_n), elongation of the lake ($K_{вид.}$), capacity ($K_{емк.}$), openness ($K_{відк.}$), depth level ($K_{зл.}$), water area ($V_{оз.}$), area indicator (K), specific catment (ΔS), volume of water from mthe cathment ($W_{пр.}$), conditional water exchange ($a_{вод.}$), specific water exchange ($\Delta a_{вод.}$), accumulation layer ($A_{ш.}$). **Average annual runoff module, $дм^3/с from км^2 - 4,0$.

уособлює коритоподібне ложе водойми, найбільша за площею (близько 57,0%).

Максимальна глибина озера становить 5,9 м, середня – 2,6 м. Уріз води озера – 146,9 м над рівнем моря, що на 4,4 м вище абсолютної відмітки р. Случ (с. Любиковичі), за 8 км на захід від озера. Довжина озера 0,501 км, ширина максимальна – 0,365 км, середня – 0,300 км. Довжина берегової лінії складає 1,40 км. Об'єм водних мас озера становить 394,0 тис. м³. Основне джерело живлення озера – атмосферні опади. Розрахована низка коефіцієнтів та показників у системі «озеро-водозбір» наведена у табл. 1.

Гідрохімічний стан озера за показниками сольового складу відповідає нормативам ГДК для водойм рибогосподарського призначення (ГДК_{рп.}). Стосовно трофо-сапробіологічних показників, то нами виявлено перевищення в 1,7 рази ГДК_{рп.} за ХСК(БО), в 1,6 рази за БСК₅ у воді озера. Усі інші хімічні показники озера цього блоку відповідають нормативам для водойм рибогосподарського при-

значення. Серед показників біоцидної дії здійснені аналізи лише заліза загального, яке у 2 рази перевищує нормативи води водойм за ГДК_{рп.}. Детально гідрохімічні характеристики оз. Стрільське наведено у табл. 2. Донні відклади озера представлені піщано-мулистими, торф'янистими та органо-залізистими сапропелевими відкладами. Площа зайнята під сапропелем (за даними Київської ГРЕ) становить 9,8 га. Максимальна потужність донних відкладів досить значна й складає 11,0 м, середня – 7,7 м (рис. 5).

Потужність пелогену 0,2-0,4 м. Загальні запаси сапропелю за категорією С₂ становлять 754,6 тис. м³, а у перерахунку на 60,0% вологість – 131,0 тис. т. Аналіз геохімічних показників донних відкладів озера в точці зондування А (рис. 5) показав, що концентрація сполук Fe₂O₃ (у % на суху речовину) варіює від 3,73 до 8,0%. Середньозважений вміст Fe₂O₃ у керні становить 5,64%. Концентрація сполук CaO в даній точці відбору проб знаходиться у межах 0,91-3,32%, а середній вміст CaO у відібраних пробах складає 1,69%.

Таблиця 2

Деякі показники сольового фону, трофо-сапробіологічних характеристик та речовин біоцидної дії у воді оз. Стрільське*

Table 2

Some indicators of salt background, tropho-saprobiological characteristics and substances of biocidal action in the water of Strilske lake*

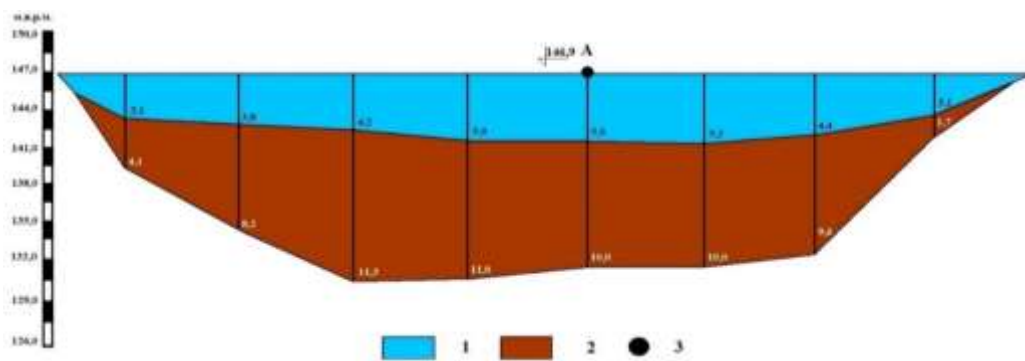
№ з/п	Показник	ГДК**	оз. Стрільське (дата відбору проб: 10.06.2020)
А. Показники сольового складу			
1	Сухий залишок, мг/дм ³	<300	63,0
2	Хлориди, мг/дм ³	300	10,0
3	Сульфати, мг/дм ³	100	<2,0
Б. Трофо-сапробіологічні показники			
1	Завислі речовини, мг/дм ³	25,0	7,0
2	Прозорість, м	>1,5	2,1
3	pH	6,5-8,1	6,65
4	Нітроген амонійний, мгN/дм ³	0,5	0,05
5	Нітроген нітратний, мгN/дм ³	40,0	<0,1
6	Нітроген нітритний, мгN/дм ³	0,08	<0,003
7	Фосфор фосфатів, мгP/дм ³	2,14	<0,005
8	Кальцій, мг/дм ³	180,0	0,2
9	Розчинений кисень, мг O ₂ /дм ³	≥6	7,7
10	Хімічне споживання кисню за біохроматною окиснюваністю (ХСК за БО), мгO ₂ /дм ³	30,0	50,0
11	Біохімічне споживання кисню протягом 5 діб (БСК ₅), мг O ₂ /дм ³	3,0	8,0
С. Специфічні показники токсичної дії			
1	Залізо загальне (Fe), мг/дм ³	0,1	0,2

*Гідрохімічні аналізи проб води виконані у сертифікованій лабораторії Рівненської обласної СЕС.

**ГДК для водойм рибогосподарського призначення [25].

*Hydrochemical analyzes of water samples were performed in the certified laboratory of Rivne Regional Sanitary Epidemiological Station.

**MAC for water bodies used for fishery purposes [25].



Умовні позначення: 1 – вода, 2 – донні відклади, 3 – пункт відбору проб сапропелю на геохімічну діагностику.

Рис. 5 – Співвідношення потужності донних відкладів та водної маси оз. Стрільське (побудовано за матеріалами Київської ГРЕ)

Legend: 1 – water, 2 – bottom sediments, 3 – sapropel sampling point for geochemical diagnostics.

Fig. 5 – The ratio of the capacity of the bottom sediments and the water mass of Stril'ske lake (developed on the materials of the Kiev Geological Exploration Expedition (GEE))

За ступенем кислотності (рН сольової витяжки) донні відклади озера належать до середньокислих (4,93) та близьких до нейтральних (5,86). Середньозважений показник рН донних відкладів становить 5,42, тобто вони є слабкокислі (рис. 6а).

Розглянемо особливості міграції важких металів (Ni, Co, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr – у мг/кг на суху речовину) озерних відкладів. Концентрація Ni варіює в різних горизонтах керну від 9,0 до 50,0 мг/кг. Середній вміст Ni в пробах становить 21,44 мг/кг. Вміст Co коливається у межах 3,0-9,0 мг/кг, а середньозважений показник складає 5,88 мг/кг. Концентрація Cu в різних горизонтах відкладів варіює від 5,0 до 30,0 мг/кг. Середній вміст Cu в керні становить 13,81 мг/кг. Варіації вмісту Zn у керні досить значні (38-241 мг/кг), а середньозважений показник складає 91,25 мг/кг. Вміст Pb у керні донних осадів знаходиться у межах 15,0-60,0 мг/кг. Середня концентрація Pb у пробах зондувальної точки становить 30,79 мг/кг, що є вище порогових показників за якісним складом сапропелю. Концентрація Cd в даній точці зондування знаходиться у діапазоні 0,5-1,5 мг/кг, а середній вміст Cd в пробах складає 0,79 мг/кг. Досить значні варіації вмісту Cr в сапропелевих відкладах, від 8,0 до 100,0 мг/кг; середньозважений показник становить 46,44 мг/кг. Згідно документу [26], сапропелеві відклади озера за вмістом у них Ni, Co, Cu, Cd відповідають першому класу придатності їх у якості органіко-мінеральних добрив, а стосовно вмісту Zn, Pb і Cr – другому класу придатності.

Оцінка проб сапропелю зондувальної точки А на вміст нітратів (мгN/кг на суху речовину) показала, що в 0,5 м шарі донних осадів

концентрація NO_3^- складає понад 100,0 мгN/кг. Підвищений вміст нітратів (понад 100,0 мгN/кг) також спостерігається на горизонті керну 12,5-16,0 м від урізу води. Середні значення вмісту NO_3^- становлять 71,56 мгN/кг. Згідно роботи [26], вміст нітратів у пробах сапропелю за межі ГДК, які становлять 130,0 мгN/кг не перевищує.

Розподіл цезію-137 (Н Кі/кг/Е-10⁻⁹ для Кі/кг) в озерних відкладах показав, що найвища його концентрація у придонному шарі (до 0,1 м) – 2,93 Кі/кг, а на глибині 16,0 м від урізу води – найнижча (0,065 Кі/кг). В одній пробі на глибині 8,4 м від урізу води також зафіксовано підвищений вміст ¹³⁷Cs (1,34 Кі/кг). Середні значення концентрації ¹³⁷Cs у керні становлять 0,652 Кі/кг. Згідно технічних умов [26], радіоактивне забруднення ¹³⁷Cs сапропелю не перевищує ГДК щодо використання їх як органіко-мінеральних добрив. Більш детально розподіл хімічних елементів та сполук у донних відкладах оз. Стрільське наведено на рис. 6а-б.

Результати аналізів проб озерного сапропелю на вміст пестицидів (за даними Київської ГРЕ) у придонному шарі (до 0,5 м) показали, що концентрація пропазину в п'яти пробах становила $4,3 \times 10^{-1}$ - $8,3 \times 10^{-3}$ мг/кг, а ДДТ – $(4,8-7,9) \times 10^{-3}$. У нижніх горизонтах (0,5-11,0 м) керну в 11 пробах вміст пропазину варіював $1,1 \times 10^{-1}$ - $23,0 \times 10^{-3}$ мг/кг, а ДДТ – $(1,7-3,2) \times 10^{-3}$. Вміст пестицидів у пробах озерних відкладів не перевищував ГДК щодо якісного складу сапропелю.

Аналіз геокомпонентних складових водойми (морфоло-морфометричні, гідрологічні, гідрохімічні, літологічні, геохімічні параметри) став основою для геокомплексного узагальнення та побудови ландшафтної карти ПАК

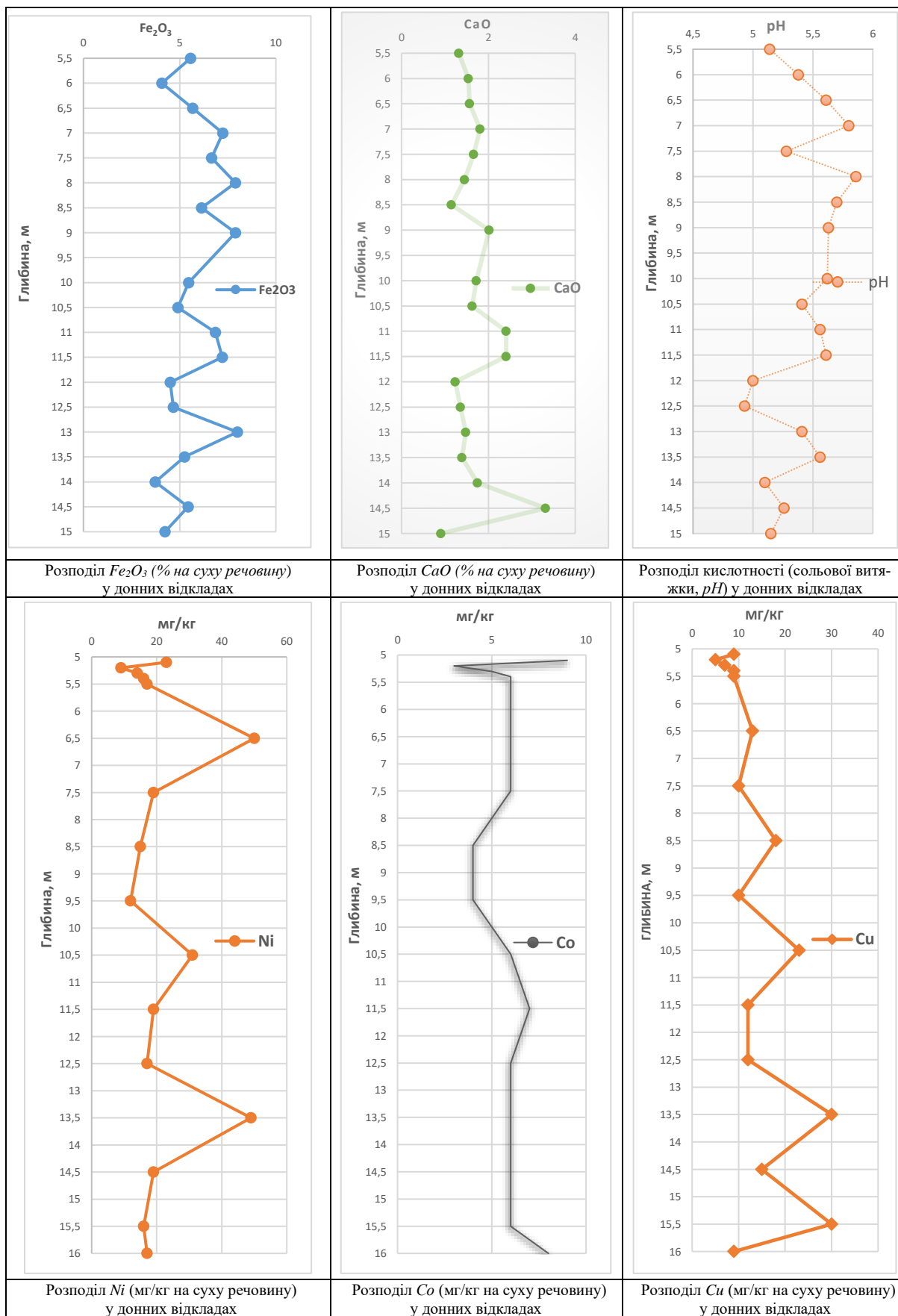


Рис. 6а – Геохімічні особливості донних відкладів оз. Стрільське (побудовано за даними Київської ГРЕ)
Fig. 6a – Geochemical features of bottom sediments of Stril'ske lake (built according to the Kyiv GEE)

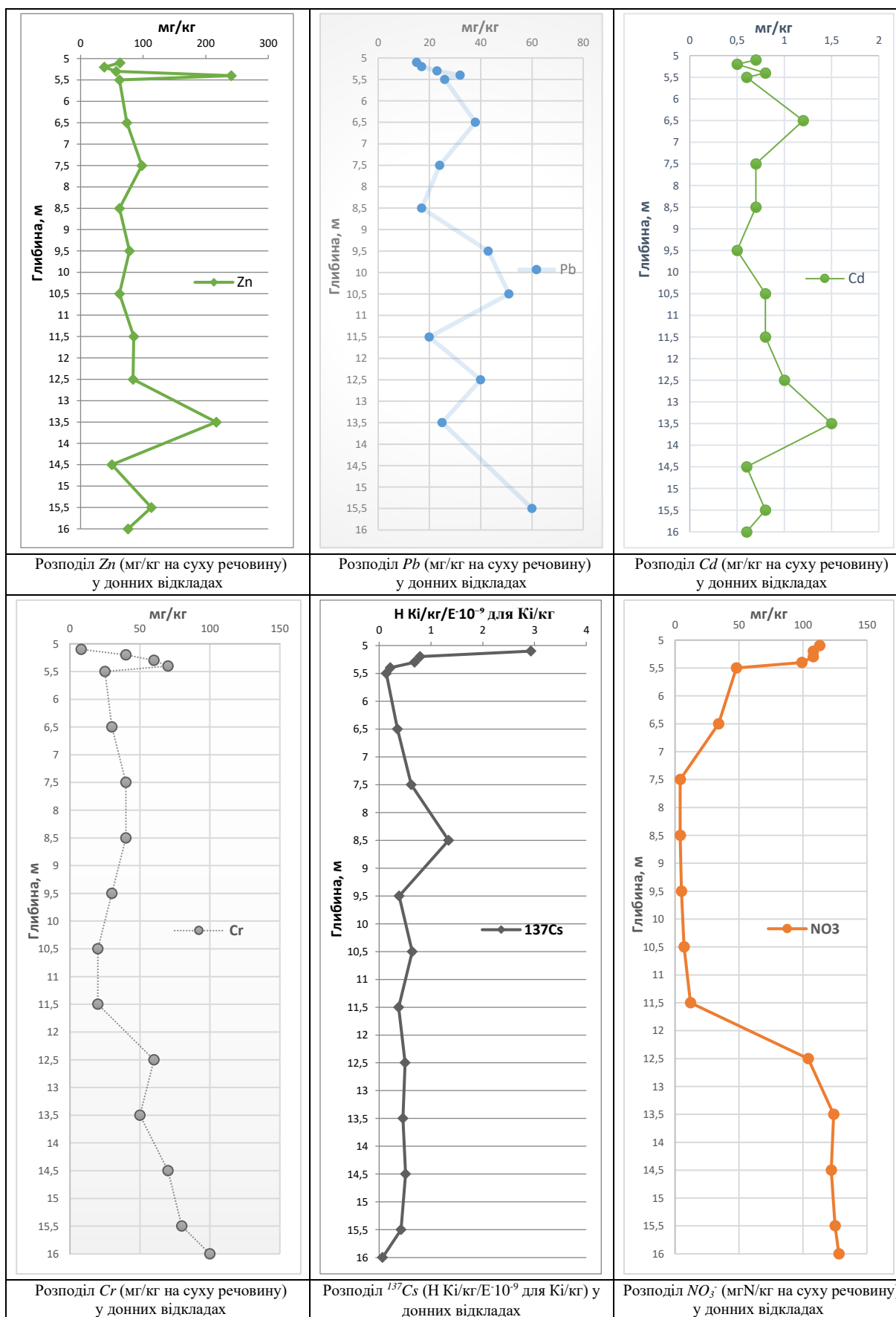
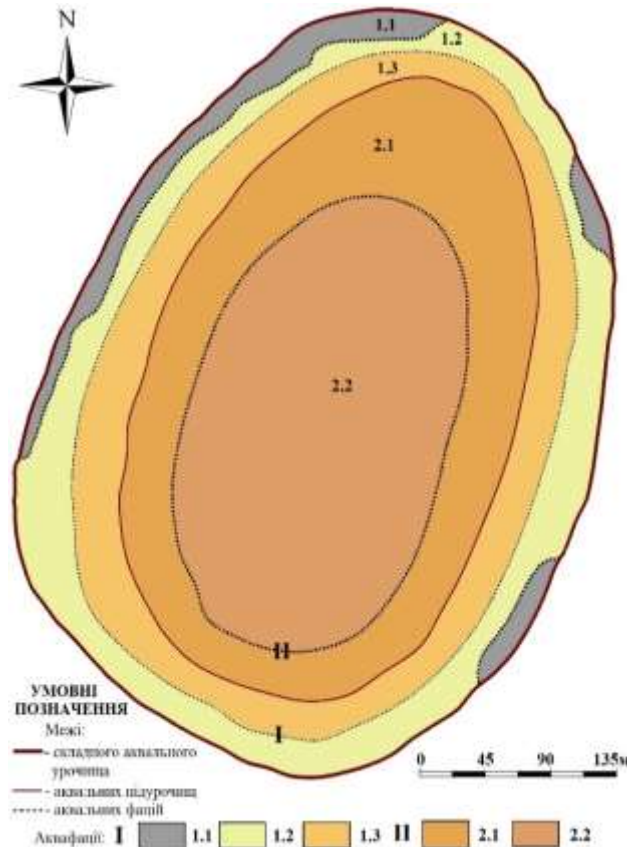


Рис. 6b – Геохімічні особливості донних відкладів оз. Стрільське (побудовано за даними Київської ГРЕ)
 Fig. 6b – Geochemical features of bottom sediments of Stril'ske lake (built according to the Kyiv GEE)



I. Літоральне аквапідуроччя на торф'яно-болотних, мулисто-піщаних та сапропелевих відкладах, що сформувалися на алювіальних пісках з видовим різноманіттям надводних і підводних макрофітів.

Аквафації: **1.1.** Літоральні абразійно-аккумулятивні торф'яно-болотні малопотужні (0,1-0,6 м) осоково-очеретяно-лепехові, без температурної стратифікації. **1.2.** Літоральні аккумулятивно-абразійні мулисто-піщані малопотужні (0,1-0,6 м) рогово-ситникові, без температурної стратифікації. **1.3.** Літоральні аккумулятивно-транзитні органо-залізисто-сапропелеві мало- та середньопотужні (0,6-3,5 м) елодейно-рде-сникові та локально лататтеві, без температурної стратифікації.

II. Субліторально-профундальне аквапідуроччя на сапропелевих відкладах, що підстеляються алювіальними пісками з видовим різноманіттям підводної рослинності.

Аквафації: **2.1.** Субліторальні транзитно-аккумулятивні органо-залізисто-сапропелеві середньопотужні (3,5-5,0 м) та потужні (5,0-8,0 м) елодейні та нитчасто-харові, без температурної стратифікації. **2.2.** Профундальні аккумулятивні органо-залізисто-сапропелеві дуже потужні (понад 8,0 м) вільно плаваючих водоростей, з неоднорідним температурним режимом влітку.

I. Littoral aqua subtract on peat-swamp, silty-sandy and sapropel deposits formed on alluvial sands with species diversity of surface and underwater macrophytes.

Aquafacies: **1.1.** Littoral abrasion-accumulative peat-swamp low-heavy (0.1-0.6 m) sedge-reed-alder, without temperature stratification. **1.2.** Littoral accumulative-abrasive silty-sandy low-heavy (0.1-0.6 m) cattails, without temperature stratification. **1.3.** Littoral accumulative-transit organ-iron-sapropel low- and medium-heavy (0.6-3.5 m) elodea-pondweed and locally water lily, without temperature stratification.

II. Sublittoral-profound aqua subtract on sapropel deposits underlain by alluvial sands with species diversity of underwater vegetation.

Aquafacies: **2.1.** Sublittoral transit-accumulative organo-iron-sapropel medium-heavy (3.5-5.0 m) and heavy (5.0-8.0 m) elodea and filamentous-chorus, without temperature stratification. **2.2.** Profundum accumulative organo-iron-sapropel very heavy (over 8.0 m) free-floating algae, with inhomogeneous temperature in summer.

Рис. 7 – Ландшафтна структура ПАК оз. Стрільське
Fig. 7 –The landscape structure of NAC of Stril'ske lake

озера. Згідно з методикою [18], озеро розглядається як складне аквальне урочище. В ПАК на основі ландшафтної диференціації, зокрема мікрорельєфу озерної улоговини, гідрофізичних та геохімічних процесів, літологічного складу та потужності донних відкладів, водних рослинних угруповань і особливостей сезонного температурного режиму водних мас виділяються аквапідурочища (літоральне, субліторальне, профундальне, пелагіальне або їх перехідні види) та аквафації. Слід обумовити, що пелагіальні аквапідурочища та їхні аквафації, як правило, виокремлюються за температурною стратифікацією водойми.

У ПАК оз. Стрільське нами виділено два аквапідурочища, зокрема літоральне та субліторально-профундальне (рис. 7). Літоральне аквапідурочище представлено трьома видами аквафацій та п'ятьма контурами, що займають 43,24% площі ПАК. Вид 1.1 включає пояс макрофітів (очерет, лепеха, осока, рогіз, ситник, хвощ річковий) літоралі, які мають дискретне поширення. З рослин із плаваючими листями зустрічається латаття сніжно-біле, глечики жовті (локально поширені у виді 1.3), які занесені до Зеленої книги України.

Загальна площа літорально-субліторального аквапідурочища становить 56,76%, воно займає центральну частину акваторії ПАК і представлено двома видами аквафацій.

Тут поширена в основному підводна рослинність (елодея, рдесники, нитчасто-харові водорості). Близько 10,0% становить площа заростання дна озера. Аквапідурочище вирізняється значною потужністю (3,5-11,0 м) органо-залізо-сапропелевих відкладів. У профундалі спостерігається неоднорідний температурний режим з глибиною, але чітко вираженої температурної стратифікації немає. Середня площа ландшафтних виділів становить 2,96 га. Розраховані деякі ландшафтометричні показники ПАК виглядають так: індекс подрібненості – 0,47, коефіцієнт складності – 2,36, коефіцієнт ландшафтної роздрібненості – 0,80 (табл. 3).

Помітного рекреаційного навантаження зазнає південна частина літорального аквапідурочища з боку бази відпочинку. Рекреація тут носить тимчасовий характер, головний напрям – купання, пляжний відпочинок, любительська риболовля, збирання ягід у межах водозбору.

Таблиця 3

Складність територіального розчленування ПАК оз. Стрільське

Table 3

The complexity of the territorial division of NAC of Strilske lake

Вид ПАК		Площа виду ПАК (га)		% площі виду від загальної площі		Кількість контурів виду фацій в межах ПАК	% від загальної кількості	Середня площа виду урочища (га)	Індекс подрібненості	Коефіцієнт складності	Коефіцієнт ландшафтної роздрібненості
(Під-) урочище	Фація, n	(Під-) урочище	Фація, n	(Під-) урочище	Фація						
I		6,39		43,24		5	71,43	2,13	0,78	2,35	0,67
	1.1		0,78		5,28						
	1.2		2,78		18,84						
	1.3		2,83		19,12						
II		8,39		56,76		2	28,57	4,19	0,24	0,48	0,50
	2.1		3,96		26,82						
	2.2		4,43		29,94						
Усього		14,78	14,78	100,00	100,00	7	100,00	2,96	0,47	2,36	0,80

Висновки

Геоecологічний стан водозбору оз. Стрільське, за структурою землекористування та співвідношенням антропогенно-трансформованих угідь до еколого-стабілізуючих можна

віднести до еталонного. Водночас, сам водозбір зазнав у минулому антропогенних трансформацій у результаті меліоративного приро-

докористування, що обмежило частку потрапляння поверхневого стоку в озеро. Дренажні води з меліоративних каналів не надходять у водойму. У результаті гідрохімічної оцінки водойми було виявлено перевищення в 1,7 рази ГДК_{рпн} за хімічним споживанням кисню, в 1,6 рази за біологічним споживанням кисню (за 5 діб), у 2 рази за залізом загальним.

Озерна улоговина на 65,70% заповнена донними відкладами, які представлені в основному органом-залізістим сапропелем. Глибина улоговини разом із озерними осадами становить 16,9 м, що збігається з відміткою 130,0 м н.р.м. На цій глибині сапропелі підстеляються еоценовими пісками дрібнозернистими кийвської світи палеогену (Р₂к_v), які не виступають водотривом щодо ймовірного проникнення підземних вод з верхньокрейдового горизонту (приблизно 121,0-123,0 м). Оцінка геохімічних параметрів донних осадів ПАК показала, що вони забруднені важкими металами, радіоактивним цезієм-137, нітратами та пестицидами. Забруднення, згідно технічних умов до якісного

складу сапропелю, не перевищує ГДК. Виняток становлять високі концентрації у сапропелі цинку, свинцю та хрому.

Розроблена цифрова ландшафтна карта озера відображає сучасну структуру ПАК. Найбільшого антропогенного навантаження зазнають літоральні аквальні фації (п 1.1-1.2) озера, які пов'язані з рекреаційною діяльністю сезонно функціонуючої бази відпочинку.

Оцінка еколого-географічного стану басейну оз. Стрільське необхідна для формування ландшафтно-кадастрової бази даних про озеро, що є складовими об'єктами ПЗФ Поліського регіону України. Вона поповнить інформаційно-аналітичну систему поверхневих вод Верхньої Прип'яті, яка функціонує на басейнових засадах інтегрованого управління водними ресурсами. Зважаючи на загальнодержавний статус «Озера Стрільське» як гідрологічної пам'ятки природи, пропонуємо започаткувати геоекологічний моніторинг цілісної ОБС. Такі роботи у цьому плані нами ведуться.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Література

1. Природно-заповідний фонд України. URL : <http://pzf.menr.gov.ua/pzf-україни/території-та-об'єкти-пзф-україни.html>
2. Krainiukov O. M., Timchenko V. D. Methodological principles of the construction geography on the study of the state and protection of natural landscapes. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. Вип.31. С. 6-15. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-01>
3. Ковальчук І., Мартинюк В. Конструктивно-географічні дослідження озерно-басейнових систем для потреб збалансованого природокористування. *Українська географія: сучасні виклики*. Зб. наук. праць у 3-х т. К. : Прінт-Сервіс, 2016. Т. 2. С. 128–130.
4. Гродзинський М. Д. *Пізнання ландшафту: місце і простір* : Монографія. У 2-х т. К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. Т. 2. 503 с.
5. Анисимов С. В. Обоснование выбора локальных территорий для организации малых рекреационных объектов. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2016. Вип. 1-2 (25). С. 70-76. URL : <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/6316>
6. Максименко Н. В., Клещ А. А. Напрямки оптимізації природокористування в інвайронментальному менеджменті територій локального рівня організації довкілля. *Dniprop. Univer. bulletin, Geology, geography*. 2017. 25(2), 81-88. DOI: <https://doi.org/10.15421/111722>
7. Ільїн Л. В. *Лімнокомплекси Українського Полісся* : монографія : У 2-х т. Т.1: Природничо-географічні основи дослідження та регіональні закономірності. Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. нац. ун-ту імені Лесі Українки, 2008. 316 с.
8. Ільїн Л. В. *Лімнокомплекси Українського Полісся*: Монографія: У 2 т. Т. 2: Регіональні особливості та оптимізація. Луцьк: РВВ «Вежа» Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. 400 с.
9. Громик О. М. Радіологічна оцінка водойм зони радіоактивного забруднення Волинської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2020. Вип. 22. С. 43-53. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-22-04>
10. Зубкович І. В. Особливості геоекологічного стану басейнової системи озера Озерянське (Волинське Полісся). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. Вип.33. С. 34-47. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-33-03>

11. Музиченко О. С., Лавринюк З. В. Екологічний стан та використання рекреаційних ресурсів озер Велимче та Сомино Волинської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»* 2016. Вип. 15. С. 67–74. URL : <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/7896>
12. Fesyuk V., Ilyin L., Moroz I., Ilyina O. Environmental assessment of water quality in various lakes of the Volyn region, which is intensively used in recreation. *Вісник Харків. нац-го ун-ту імені В. Н. Каразіна, Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2020. Вип. 52. С. 236-250. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-17>
13. Тихомиров О. А. Трансформация структуры аквальных комплексов равнинного водохранилища. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2010. № 1. С. 44-49. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-struktury-akvalnyh-kompleksov-ravninnogo-vodohranilisha>
14. Koff T., Vandel E., Marzecová A., Avi E., Mikomägi A. Assessment of the effect of anthropogenic pollution on the ecology of small shallow lakes using the palaeolimnological. *Estonian Journal of Earth Sciences*. 2016. Vol. 65.No 4. P.221–233. DOI: <https://doi.org/10.3176/earth.2016.19>
15. Pasztaleniec A., Kutyla S. The Ecological Status of Lakes in National and Landscape Parks: Does the Location of a Lake and Its Catchment within a Protected Area Matter? *Pol. J. Environ. Stud.* 2015. № 24 (1). P. 227–240. DOI: [DOI: https://doi.org/10.15244/pjoes/24926](https://doi.org/10.15244/pjoes/24926)
16. Czarnecki A., Luc M., Lewandowska-Czarnecka A. Ecological capacity measurements as useful tools of planning land management in a lake district: Hawa Landscape Park case study. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 2006. Vol. 98. P. 295-304. DOI: <https://doi.org/10.2495/eeia060291>
17. Reynauda A., Lanzanova D. A Global Meta-Analysis of the Value of Ecosystem Services Provided by Lakes. *Ecological Economics*. 2017. Vol. 137. P. 184-194. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.03.001>
18. Kovalchuk I. P., Martyniuk V. A. Methodology and experience of landscape-limnological research into lake-basin systems of Ukraine. *Geography and Natural Resources*. 2015. Vol. 36. Issue 3. P. 305–312. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1875372815030117>
19. Лико Д. В., Мартинюк В.О., Лико С. М., Портухай О. І., Зубкович І. В. *Метод ґрунтово-геохімічних катен у дослідженнях водозборів Волинського Полісся*. Монографія. Рівне: Видавець О. Зень, 2019. 140 с.
20. Андрійчук С. В., Мартинюк В. О. Басейново-ландшафтна модель оцінки геоекологічного стану та охорони озера (на прикладі гідрологічного заказника «Озерця»). *Актуальные научные исследования в современном мире*. Переяслав, 2020. Вып. 5(61). ч. 4. С. 6-15. URL : <https://iscience.in.ua/arkhyv/2020>
21. Мартинюк В. А. Модель геоекологического состояния озерно-бассейновой системы. *Вестн. Брестского ун-та. Серия 5. Химия. Биология. Науки о Земле*. 2018. № 2. С. 108–116. DOI: <http://www.brsu.by/science/vestnik-brgu>
22. Мартинюк В. О., Зубкович І. В. Ландшафтно-географічна модель екологічного паспорта басейнової системи озера Озерце (Волинське Полісся). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 3-4. С. 29–39. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2017-28-03>
23. Про затвердження Положення про гідрологічну пам'ятку природи загальнодержавного значення «Озеро Стрільське». Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 28 листопада 2011 року N 481. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN71346>
24. *Природно-заповідний фонд Рівненської області*. За ред. Ю. М. Грищенка. Рівне : Волинські обереги, 2008. 2016 с.
25. Перечень рыбохозяйственных нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействий (ОБУВ) вредных веществ для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М. : Изд-во ВНИРО, 1999.
26. Технические условия. ТУ 10.11.860-90 «Удобрения сапропелевые». URL: <http://www.1bm.ru/techdocs/kgs/tu/490/info/175606/>

References

1. *Nature Reserve Fund of Ukraine*. (2020). Retrieved from <http://pzf.menr.gov.ua/пзф-україни/території-та-об'єкти-пзф-україни.html> (in Ukrainian).
2. Krainiukov, O. M. & Timchenko, V. D. (2019). Methodological principles of the construction geography on the study of the state and protection of natural landscapes. *Man and environment. Issues of neoecology*. 31, 6-15. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-01> (in English).
3. Kovalchuk, I. P. & Martyniuk, V. O. (2016). Constructive and geographical studies of lake-basin systems for the needs of sustainable nature management. *Ukrainian geography: modern challenges*. Coll. science works in 3-ree v. K. : Print-Service, vol. 2, 128-130. (in Ukrainian).
4. Grodzinski, M. D. (2005). *Understanding Landscape : Place and Space* : Monograph. In 2 vol. K. : Publishing and Printing Center «Kyiv University», Vol. 2. 503. (in Ukrainian).
5. Anisimov, S. V. (2016). Rationale selection of local areas for placing small recreational facilities. *Man and environment. Issues of neoecology*. 1-2(25), 70-76. Retrieved from Retrieved із <https://periodicals.karazin.ua/humaneniviron/article/view/6316> (in Russian).
6. Maksymenko, N. V. & Klieshch, A. A. (2017). Directions for optimization of natural resource use in environmental management for local areas. *Dniprop. Univer. bulletin, Geology, geography*. 25(2), 81-88. URL: <https://doi.org/10.15421/111722> (in Ukrainian).

7. Il'in, L. V. (2008a). *Limnocomplexes of Ukrainian Polesia* : Monograph: In 2 t. T. 1: Spatial and geographical bases of research and regional patterns. Lutsk : RVV "Vezha" VNU im. L. Ukrainka. (in Ukrainian).
8. Il'in, L. V. (2008b). *Limnocomplexes of Ukrainian Polesia*: Monograph: In 2 t. T. 2: Regional features and optimization. Lutsk : RVV "Vezha" VNU im. L. Ukrainka. (in Ukrainian).
9. Hromyk, O. M. (2020). Radiological assessment of reservoirs in Volyn region that is under radioactive contamination. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (22), 43-53. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-22-04> (in Ukrainian).
10. Zubkovich, I.V. (2020). Peculiarities of the geoecological state of the Ozeryanske lake basin system (Volyn Polesie). *Man and environment. Issues of neoecology*. 1(33), 34-47. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-33-03> (in Ukrainian).
11. Muzychenko, O. S. & Lavrynyuk, Z. V. (2016). Environmental status and use of recreational resources lakes Velymche and Somyne Volyn region. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (15), 67-74. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/7896> (in Ukrainian).
12. Fesyuk, V., Ilyin, L., Moroz, I. & Ilyina, O. (2020). Environmental assessment of water quality in various lakes of the Volyn region, which is intensively used in recreation. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series «Geology. Geography. Ecology»*. 52, 236-250. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-17> (in English).
13. Tikhomirov, O. A. (2010). Structural transformation of aquatic complexes of a lowland reservoir. *Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography*. 1, 44-49. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-struktury-akvalnykh-kompleksov-ravninnogo-vodohranilisha> (in Russian).
14. Koff, T., Vandel, E., Marzecová, A., Avi, E. & Mikomägi, A. (2016). Assessment of the effect of anthropogenic pollution on the ecology of small shallow lakes using the palaeolimnological. *Estonian Journal of Earth Sciences*. 65, 4, 221-233. <https://doi.org/10.3176/earth.2016.19>
15. Pasztaleniec, A. & Kutyla, S. (2015). The Ecological Status of Lakes in National and Landscape Parks: Does the Location of a Lake and Its Catchment within a Protected Area Matter? *Pol. J. Environ. Stud.* 24(1), 227–240. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/24926>
16. Czarnecki, A., Luc, M. & Lewandowska-Czarnecka, A. (2006). Ecological capacity measurements as useful tools of planning land management in a lake district: Iława Landscape Park case study. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 98, 295-304. <https://doi.org/10.2495/eeia060291> (in English).
17. Reynauda, A. & Lanzanova, D. (2017). A Global Meta-Analysis of the Value of Ecosystem Services Provided by Lakes. *Ecological Economics*. 137, 184-194. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.03.001> (in English).
18. Kovalchuk, I. P., & Martyniuk, V. A. (2015). Methodology and experience of landscape-limnological research into lake-basin systems of Ukraine. *Geography and Natural Resources*. 36, 3, 305–312. <https://doi.org/10.1134/S1875372815030117> (in English).
19. Lyko, D. V., Martyniuk, V. O., Lyko, S. M., Portujax, O. I. & Zubkovich, I. V. (2019). *The method of soil-geochemical catheters in studies of watersheds of Volyn Polesia*. Monograph ; Rivne State University of Humanities. Rivne : O. Zen. (in Ukrainian).
20. Andrichuk, S. V. & Martyniuk, V. O. (2020). The basin and landscape model of an assessment of the geoecological condition and lake protection (on the example of hydrological reserve «Ozertsia»). *Actual scientific research in the modern world. Magazine*. Pereyaslav, 5(61), 4, 6-15. Retrieved from <https://iscience.in.ua/arkhyv/2020> (in Ukrainian).
21. Martyniuk, V. A. (2018). The model of geoecological condition of the lake-basin system. *Vesnik of Brest University. Series 5. Chemistry. Biology. Sciences about Earth*. 2, 108–116. Retrieved from <http://www.brsu.by/science/vestnik-brgu> (in Russian).
22. Martyniuk, V. O., Zubkovich, I. V. (2017). Landscape-geographical model of ecological passport of basin system of Ozertse lake (Volyn Polissia). *Man and environment. Issues of neoecology*. 28(3-4), 29-39. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2017-28-03> (in Ukrainian).
23. *On approval of the Regulations on the hydrological natural monument of national importance «Lake Striliske»*. Order of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine dated November 28, 2011, N 481. Retrieved from <https://ips.ligazakon.net/document/FIN71346> (in Ukrainian).
24. Gryshchenko, Yu. M. (Ed.). (2008). *Nature Reserve Fund of Rivne Region*. Rivne : Volyn charms, 2016. (in Ukrainian).
25. The list of fishery standards for maximum permissible concentrations (MPC) and tentatively safe levels of exposure (TSLE) of harmful substances for water bodies of fishery importance. (1999). Moscow: VNIRO Publishing House. (in Russian).
26. *Technical conditions*. TC 10.11.860-90 «Sapropel fertilizers». (1990). Retrieved from <http://www.1bm.ru/tech-docs/kgs/tu/490/info/175606/> (in Russian).

Отримана 20.02.2021

Переглянуто 04.03.2021

Прийнята до друку 22.03.2021

УДК (UDC): 504.453

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-04>

Р. В. ПОНОМАРЕНКО¹, д-р техн. наук, с.н.с. **Л. Д. ПЛЯЦУК**², д-р техн. наук, проф.,

Ю. В. БУЦ³, д-р техн. наук, доц.

¹Національний університет цивільного захисту України
вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023, Україна

²Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна

³Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця
проспект Науки, 9А, м. Харків, Україна, 61166

e-mail: prv@nuczu.edu.ua
l.plyacuk@ecolog.sumdu.edu.ua
butsyura@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6300-3108>
<https://orcid.org/0000-0001-7032-1721>
<https://orcid.org/0000-0003-0450-2617>

ЗМІНИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВОГО ВОДНОГО ОБ'ЄКТА В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Мета. Визначення адекватності математичної моделі для аналізу прогнозування зміни загального вмісту аніонів в умовах басейну Дніпра.

Методи. Статистичні, математичне моделювання.

Результати. Виконано ретроспективний аналіз та математичне моделювання, за даними проб контрольного забору води р. Дніпро в межах Басейнового управління водними ресурсами по 12 постам за період з 2010 по 2019 роки. Розглянуто підхід до визначення балансу забруднюючої речовини, що міститься в поверхневому водному об'єкті, який враховує його бічне надходження, за рахунок техногенного впливу та процес розпаду у водному середовищі. Випадкова зміна бічних припливів викликає флуктуації коефіцієнтів розпаду та надходження забруднюючої речовини. Виведено стохастичне рівняння балансу речовини, на основі якого може бути побудоване рівняння для щільності розподілу її концентрації. Рішення рівняння показало, що щільність розподілу підпорядковується логнормальному закону розподілу. Цей підхід застосований до аналізу часових рядів показників суми аніонів в воді поверхневого водного об'єкта. Підтверджено придатність логнормального закону розподілу, а також знайдені параметри розподілів. Виявлено, що для загального вмісту аніонів розподіл розщеплюється на дві логнормальні гілки, одна – для високих, інша – для низьких значень показників. Розглянуто застосування статистичних розподілів для ймовірного прогнозування екстремальних значень показників.

Висновки. Розрахована ймовірність перевищення (забезпеченість) нормативних меж, продемонстровано можливість її використання для цілей гідрохімічного нормування. В подальшому запропонований підхід, може стати предметом досліджень щодо аналізу часових рядів інших забруднюючих речовин, що надходять до поверхневого водного об'єкта, внаслідок техногенного навантаження.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: водний об'єкт, техногенне навантаження, часовий ряд, стохастична модель, логнормальний розподіл

Ponomarenko R.V.¹, **Plyatsuk L.D.**², **Buts Y.V.**³

¹National University of Civil Defense of Ukraine, street Chernyshevskaya, 94, Kharkiv, 61023, Ukraine

²Sumy State University, street Rimsky-Korsakov, 2, Sumy, 40007, Ukraine

³Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, 9a Ave.- Science, Kharkiv, 61166, Ukraine

CHANGES IN THE ECOLOGICAL STATUS OF THE SURFACE WATER BODY UNDER MAN-MADE CONDITIONS

Purpose. Determining the adequacy of a mathematical model for analyzing the prediction of changes in the total anion content in the Dnieper basin.

Methods. Statistical analysis and mathematical modeling.

Results. A retrospective analysis and mathematical modeling based on samples of control water intake of the Dnieper River within the Basin Water Resources Management at 12 posts for the period from 2010 to 2019.

© Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Буц Ю. В., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

The approach to determining the balance of the pollutant contained in the surface water body, which takes into account its lateral inflow, due to man-made impact and the process of decomposition in the aquatic environment. Accidental change of lateral inflows causes fluctuations of coefficients of disintegration and receipt of polluting substance. The stochastic equation of the balance of matter is derived, on the basis of which the equation for the density distribution of its concentration can be constructed. The solution of the equation showed that the density of the distribution obeys the lognormal distribution law. This approach is used to analyze the time series of the sum of anions in the water of a surface water body. The suitability of the lognormal distribution law is confirmed, and the distribution parameters are found. It was found that for the total content of anions the distribution is split into two lognormal branches, one - for high, the other - for low values. The application of statistical distributions for probabilistic prediction of extreme values of indicators is considered.

Conclusions. The probability of exceeding (providing) normative limits is calculated, the possibility of its use for the purposes of hydrochemical rationing is demonstrated. In the future, the proposed approach may be the subject of research on the analysis of time series of other pollutants entering the surface water body, due to man-made load on it.

KEY WORDS: water body, man-caused load, time series, stochastic model, lognormal distribution

Пономаренко Р. В.¹, Пляцук Л. Д.², Буц Ю. В.³

¹Національний університет громадянської захисти України, ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, 61023, Украина

²Сумской государственной университет, ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина

³Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, проспект Науки, 9А, г. Харьков, 61166, Украина

ІЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Цель. Определение адекватности математической модели для анализа прогнозирования изменения общего содержания анионов в условиях бассейна Днепра.

Методы. Статистический анализ и математическое моделирование,

Результаты. По данным проб контрольного забора воды р. Днепр в пределах бассейнового управления водными ресурсами по 12 постам за период с 2010 по 2019 годы. Рассмотрен подход к определению баланса загрязняющего вещества, содержащегося в поверхностном водном объекте, который учитывает его боковое поступления за счет техногенного воздействия и процесс распада в водной среде. Выведено стохастическое уравнение баланса вещества, на основе которого может быть построено уравнение для плотности распределения ее концентрации. Этот подход применен к анализу временных рядов показателей суммы анионов в воде поверхностного водного объекта. Выявлено, что для общего содержания анионов распределение расщепляется на две логнормальной ветви, одна - для высоких, другая - для низких значений показателей.

Выводы. Рассчитана вероятность превышения (обеспеченность) нормативных границ, продемонстрирована возможность ее использования для целей гидрохимического нормирования. В дальнейшем предложенный подход, может стать предметом исследований по анализу временных рядов других загрязняющих веществ, поступающих к поверхностному водного объекта, в результате техногенной нагрузки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водный объект, техногенная нагрузка, временной ряд, стохастическая модель, логнормальное распределение

Вступ

Поверхневі водні об'єкти являють собою стратегічний, життєво важливий природний ресурс, що має особливе значення. Вони є національним багатством кожної країни, однією з природних основ її економічного розвитку. Вони забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини, визначають можливості розвитку промисловості й сільськогосподарства, розміщення населених пунктів, організації відпочинку й оздоровлення людей.

Україна належить до держав з недостатнім забезпеченням водними ресурсами. Водні

природні ресурси України – це, насамперед, місцевий і транзитний стік річок, водні запаси озер, штучних водойм і підземних горизонтів.

При здійсненні водогосподарської політики в нашій країні впродовж багатьох десятиліть вода ніколи не розглядалася як основа життєзабезпечення природних екосистем і людини, не враховувався і не прогнозувався економічний стан водних систем і їхній вплив на біорізноманіття. Традиційно вода розглядалася і використовувалась тільки як господарський ресурс для промислового і сільськогосподарського виробництва, отримання

електроенергії, а також для скидання стічних вод, що додатково впливало на зниження природно-екологічного потенціалу водних ресурсів.

Інтеграція України до Європейського Економічного Співробітництва і Світової організації торгівлі передбачає формування та реалізацію збалансованої політики переходу України до сталого розвитку. Саме тому забезпечення наших громадян, галузей економіки доброякісною водою є одним з пріоритетних завдань соціально-економічної політики для України.

На сьогоднішній день розвиваються різні підходи до розрахунку показників якості води поверхневих водних об'єктів [1-3, 7-9]. Для отримання динамічного прогнозу, що описує зміну показників протягом певного періоду, зазвичай застосовують імітаційні моделі, в основі яких лежать моделі формування стоку з водозбірної території, доповнені блоками виносу супутніх забруднюючих речовин (ЗР) [4, 5]. Розроблено моделі внутрішньо вододійових процесів, які направлені розрахунок динаміки фітопланктону і біогенних речовин [6, 10-14]. У той же час, для задач прогнозування зміни якості води, а також вмісту ЗР в поверхневих водних об'єктах, в наслідок техногенного навантаження, небезпечних для водних екосистем, доцільно використовувати великомасштабні моделі, які охоплюють водозбір в цілому і містять параметри, що залежать від структури водозбору. У таких моделях можна в явному вигляді врахувати стохастичні процеси, перейти до імовірнісного опису та отримати розподілу ймовірностей досліджуваних величин. Подібний підхід використаний

в [6, 9] для вивчення статистичних розподілів ряду показників якості води, включаючи групу мікробіологічних показників, фітопланктон, каламутність, кольоровість. Поряд з цим була досліджена зміна витрат водотоків і вплив, який вона чинить на показники якості води поверхневого водного об'єкта. В основі цього підходу лежить макродинаміка надходження забруднюючих речовин з водозбірної території в поверхневий водний об'єкт, за рахунок їх безперервного накопичення на водозборі. Важливість теоретичних уявлень полягає в тому, що вони вказують на спосіб обробки часових рядів показників якості води. У статті підхід, що розвивається авторами, застосовується для умов річки Дніпро.

Для статистичного аналізу на першому етапі обрано загальний вміст аніонів, на основі даних системи моніторингу Державного агентства водних ресурсів України.

Зазвичай для статистичних прогнозів використовують набір стандартних розподілів ймовірностей, вибираючи з них ті, які в достатній мірі узгоджуються з емпіричними даними. При цьому вибір типу розподілу враховує фізико-хімічні закономірності процесів але не дозволяє давати змістовну інтерпретацію результатів.

На відміну від запропонованого підходу, в роботі статистичний розподіл не підбирається, а виводиться з розгляду макродинаміки процесу, врахування стохастичності переходу до статистичного ансамблю і рішенням рівняння для щільності розподілу. На цій основі дається інтерпретація отриманих результатів для показників якості води, що аналізується.

Методика дослідження

Для визначення адекватності математичної моделі прогнозування зміни загального вмісту аніонів в умовах басейну Дніпра проведено ретроспективний аналіз зміни вмісту суми аніонів в воді Дніпра з подальшим виведенням стохастичного рівняння балансу їх суми та побудовою рівняння для щільності розподілу їх концентрації.

Дослідження проводились за даними проб контрольного забору води р. Дніпро в

межах Басейнового управління водними ресурсами по 12 постах (рис.1) за період з 2010 по 2019 рр.

Дослідження проводили за даними моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України Державного агентства водних ресурсів України.

Вихідні дані для дослідження наведені в таблиці.

Результати та обговорення

Баланс речовини, що міститься в воді поверхневого водного об'єкта, складається в

загальному випадку з зовнішніх та внутрішніх джерел (стоки розглядаються як від'ємні

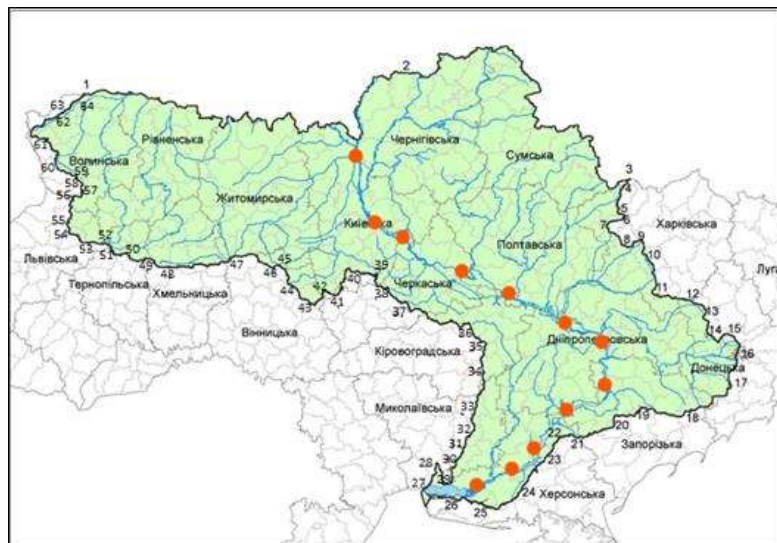


Рис. 1 – Схематичне розміщення 12 постів контролю забору води, за даними яких було проведено дослідження

Fig. 1 – Schematic location of 12 posts of control water intake used for the research

Таблиця

Середні багаторічні значення суми аніонів (ммоль/дм³) на постах заборів води басейну Дніпра

Table

Average long-term values of the anions sum (mmol / dm³) at the water intakes posts of the Dnieper basin

Роки	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12
2010	0,92	0,46	1,01	0,96	1,01	0,90	1,00	1,05	1,60	1,20	1,00	1,10
2011	1,18	0,44	0,92	0,97	0,97	0,89	0,80	1,04	1,70	2,00	1,30	1,20
2012	0,91	0,37	0,83	0,99	0,81	0,96	0,88	1,10	1,70	1,20	1,70	1,40
2013	1,05	0,50	1,15	0,96	0,84	0,85	0,85	1,04	1,50	2,00	1,00	1,20
2014	0,85	0,35	0,78	0,97	0,75	0,84	0,77	0,79	1,40	1,70	1,30	1,00
2015	1,07	0,49	0,79	0,99	0,98	0,90	0,94	1,07	1,60	1,20	1,70	1,20
2016	1,03	0,42	0,91	0,96	0,85	1,01	0,95	1,16	2,00	2,00	1,70	1,50
2017	0,88	0,38	0,89	0,97	0,82	0,90	1,08	1,21	2,40	1,70	1,70	1,70
2018	0,90	0,41	1,19	0,99	0,87	0,95	1,03	1,25	1,70	2,00	1,70	1,60
2019	0,88	0,37	1,07	1,03	1,31	0,86	0,95	0,92	1,90	1,50	1,60	1,40

джерела). Група зовнішніх джерел включає в себе надходження з бічними припливами, атмосферними опадами, виділення або поглинання донними осадами, флорою (макрофіти, перифітон). До групи внутрішніх джерел відносяться: виділення ЗР в воду або вилучення її з води фітопланктоном та іншими гідробіонтами, що переносяться течією, сорбція речовини частками суспензії та їх седиментація на дно поверхневого водного об'єкта, хімічна трансформація в об'ємі води, що призводить до утворення, розпаду або дезактивації ЗР. Такий підхід встановлення джерел пов'язаний з тим, що кожна група може бути однаково врахована в моделі.

Сумарна дія зовнішніх джерел характеризується величиною m – інтенсивністю

надходження ЗР (по масі). За визначенням, $m(l)dl$ – це маса речовина, яка надходить в річку на ділянці $(l, l + dl)$ за одиницю часу, де l – горизонтальна координата уздовж русла поверхневого водного об'єкта. Дія внутрішніх джерел залежить від концентрації ЗР в поверхневому водному об'єкті.

Швидкість приросту концентрації речовини c за рахунок внутрішніх джерел в найпростішому випадку задається величиною kc , де k – сумарна константа швидкості процесу; при $k > 0$ йде утворення ЗР, а при $k < 0$ – її розпад.

Вода водотоку переносить за одиницю часу деяку масу забруднюючої речовини $M = cQ\tau$, де Q – витрати водотоку. Далі перенесення розглядається в межах лагран-

жового опису. Переміщення виділеного об'єкту води течією водотоку зі швидкістю v на відстань vdt супроводжується збільшенням кількості перенесення ЗР за рахунок дії зовнішніх джерел на величину $mvdt$, а за рахунок дії внутрішніх джерел – на величину $kcQdt$, так що загальний приріст маси ЗР складе $dM = mvdt + kcQdt$ (швидкість течії v вважаємо постійною на даній ділянці водотоку). Підставляючи сюди $M = cQ$ отримаємо:

$$\frac{d(cQ)}{dt} = mv + kcQ \quad (1)$$

При виведенні (1) розглядалася лише координата уздовж потоку. Це допустимо, якщо ЗР, що надходить встигає розподілитися по поперечному перерізу водотоку значно раніше, ніж вода доходить до кінця розглянутої ділянки водотоку, тобто по суті потрібно, щоб довжина цієї ділянки істотно перевищувала ширину водотоку.

Вище було прийнято, що швидкість течії водотоку постійна, тому в правій частині (1) опущений член $-vcQ$ (він залишається від адвектного члена $-(vcQ)'$ при переході від ейлерового до лагранжового опису), де штрих позначає похідну по координаті l . Постійне прагнення до вирівнювання швидкостей водотоку на різних його ділянках має місце для річкових басейнів, особливо сформованих на осадових породах [7, 8]. Це пов'язано з тим, що весь тривалий процес ерозійного формування річкової мережі протікає в напрямку мінімуму дисипації енергії, який як раз досягається при вирівнюванні швидкостей течії.

У правій частині (1) опущений також дисперсійний член $[D(cQ)]'$, де D – коефіцієнт поздовжньої турбулентної дифузії. По суті передбачається, що поздовжній градієнт вмісту ЗР досить малий, що дозволяє знехтувати її дифузійним перенесенням в порівнянні з адекватними $D(cQ)' \ll vcQ$. Дія бічного припливу призводить до збільшення витрати водотоку зі швидкістю:

$$\frac{dQ}{dt} = qv, \quad (2)$$

де q – інтенсивність бічного припливу, тобто об'єм, що надходить до водотоку в розрахунку на одиницю довжини русла за одиницю часу, $(\text{м}^3/\text{с})/\text{км}$. Комбінуючи (1) і (2), отримаємо рівняння зміни концентрації ЗР в

виділеному об'ємі води в міру її просування разом з течією водотоку:

$$\frac{dc}{dt} = \frac{m}{\omega} - \frac{q}{\omega} + kc, \quad (3)$$

де враховано, що $Q = \omega v$, де ω – площа живого перетину водотоку. Перший член в правій частині (3) описує приріст концентрації ЗР за рахунок зовнішніх джерел, другий – зниження концентрації ЗР за рахунок розведення (самоочищення), викликаного бічним припливом, третій – приріст ЗР за рахунок внутрішніх джерел.

При постійному бічному припливі і постійній швидкості течії з (2) і $Q = \omega v$ випливає, що площа живого перетину зростає лінійно з часом $\omega = \omega_0 + qt$ де ω_0 – значення ω в початковий момент часу. Якщо основна маса ЗР надходить з бічним припливом, то $m = qc_q$, де c_q – концентрація ЗР в воді, що надходить. Таке ж співвідношення можна записати і в загальному випадку, коли діє кілька зовнішніх джерел надходження ЗР, але тоді c_q буде являти собою деяку ефективну концентрацію. З урахуванням наведених залежностей рівняння (3) перетвориться до виду:

$$\frac{dc}{dt} = k_q \frac{c_q - c}{1 + k_q t} + kc, \quad (4)$$

де $k_q = \frac{q}{\omega_0}$ – сумарна константа швидкості надходження води з бічним припливом. Зворотна величина $\tau_q = \frac{1}{k_q}$ характеризує

час заповнення живого перетину водотоку водою з бічним припливом. Далі проаналізуємо ситуацію, коли перенесення ЗР здійснюється на періодах $t \ll \tau_q$. Тоді замість (4)

отримаємо:

$$\frac{dc}{dt} = k_q (c_q - c) + kc, \quad (5)$$

При $k = k_q$ ефект надходження ЗР з внутрішніх джерел (член $-kc$) повністю компенсується зменшенням концентрації ЗР за рахунок розведення водою, що надходить з бічним припливом (член $-k_q c$). Якщо ЗР утворюється або розпадається з незначною швидкістю $|k| \ll k_q$, то рівняння (5) редукується до виду $\frac{dc}{dt} = k_q (c_q - c)$. Навпаки, при високій швидкості утворення або розпаду ЗР

$|k| \gg k_q$, точніше, за умови $|k|c \gg k_q c_q$, рівняння (5) спрощується до $\frac{dc}{dt} = kc$.

Випадкова зміна бічного припливу викликає флуктуації коефіцієнта k_q і синхронні з ним флуктуації коефіцієнта k з тієї ж відносною інтенсивністю, але з іншого амплітудою. З огляду на це зауваження представимо зазначені коефіцієнти у вигляді суми середнього значення і випадкової складової

$$k_q = \bar{k}_q(1 + \sigma \xi(t)), \quad k = \bar{k}(1 + \sigma \xi(t)), \quad (6)$$

де рискою зверху позначені середні значення параметрів, $\xi(t)$ – стандартний білий шум, σ – відносна інтенсивність шуму, однакова для обох параметрів. Підставляючи (6) в (5), отримаємо стохастичне диференціальне рівняння (СДУ).

$$\frac{dc}{dt} = (\bar{k}_q(c_q - c) + \bar{k}c)(1 + \sigma \xi(t)). \quad (7)$$

В окремому випадку $\bar{k}_q = \bar{k}$ рівняння (7) приймає вид:

$$\frac{dc}{dt} = \bar{k}c_q(1 + \sigma \xi(t)). \quad (8)$$

Це СДУ описує броунівський рух концентрації ЗР щодо лінійного тренду. Якщо розглядати статистичний ансамбль з δ -подібним початковим розподілом, то з (8) випливає нормальний закон розподілу концентрації ЗР із середнім $\bar{k}_q c_q t$ і дисперсією $(c_q \sigma)^2 \bar{k}_q t$

У випадку, коли $\bar{k}_q \neq \bar{k}$ рівняння (7) можна представити у вигляді:

$$\frac{dc}{dt} = K(c_1 - c)(1 + \sigma \xi(t)),$$

або

$$\frac{dx}{dt} = -Kx(1 + \sigma \xi(t)), \quad (9)$$

$$\text{де: } x = c - c_1, \quad K = \bar{k}_q - \bar{k}, \quad c_1 = \frac{c_q \bar{k}_q}{K}.$$

Перейдемо від СДУ (9) до ймовірнісного трактування. Для цього вводиться статистичний ансамбль, який являє собою сукупність довільних реалізацій розглянутого випадкового процесу. Розподіл по ансамблю описується щільністю ймовірностей $p(x,t)$, яка підпорядковується відповідному рівнянню Фоккера-Планка-Колмогорова. Перейдемо від змінної x до $y = \ln|x|$ і представимо (9) у вигляді:

$$\frac{dy}{dt} = -K - K\sigma \xi(t).$$

Цьому СДУ відповідає наступне

рівняння Фоккера-Планка-Колмогорова щодо щільності розподілу $f(y,t) = xp(x,t)$:

$$\frac{df}{dt} = K \frac{df}{dy} + K \frac{\sigma^2 \partial^2 f}{2dy^2}. \quad (10)$$

У початковому стані всі системи ансамблю мають одну і ту ж величину x рівну $x_0 = c_0 - c_1$, тобто вважається, що всі реалізації випадкового процесу $x(t)$ починаються з x_0 . Це означає, що початкова щільність ймовірностей має вигляд дельта-функції $p(x,0) = \delta(x - x_0)$. Використовуючи відомі її властивості, можна показати, що ця умова в застосуванні до щільності $f(y,t)$ призводить до початкової умови $f(y,0) = \delta(y - y_0)$, де $y_0 = \ln|x_0|$. При зазначеній початковій умові рішення рівняння (10) дає для $f(y,t)$ нормальний розподіл, який при переході до $p(x,t)$ трансформується в логнормальне:

$$p(x,t) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi|K|t}} \exp\left\{-\frac{\left(\ln\left|\frac{x}{x_0}\right| + Kt\right)^2}{2\sigma^2|K|t}\right\}. \quad (11)$$

Параметр t треба розглядати, як час добігання води в водотоці від початкового до кінцевого створу.

Функція розподілу, що представляє собою ймовірність не перевищення деякого рівня x , знаходиться інтегруванням виразу (11):

$$F(x) = \int_0^x p(x) dx = \Phi\left(\frac{\ln\left|\frac{x}{x_0}\right| + Kt}{\sigma\sqrt{|K|t}}\right) = \Phi(\alpha \ln|x| + \beta), \quad (12)$$

$$\text{де: } \alpha = \frac{1}{\sigma\sqrt{|K|t}}, \quad \beta = \alpha(Kt - \ln|x_0|),$$

Φ – стандартний нормальний розподіл, визначається як:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-u^2/2} du.$$

Таким чином, теорія передбачає, що значення концентрацій ЗР в воді поверхневого водного об'єкта повинна підкорятися логнормальному закону розподілу (12). Перевіряємо на емпіричних даних, наскільки цей теоретичний результат можна

застосувати для реальних умов за наявними даним спостереження.

Для подальшого аналізу даних найбільшу цікавість представляє випадок $|k| \gg k_q$, коли переважний внесок у зміну концентрації ЗР вносить внутрішнє джерело (при цьому негативне джерело $k < 0$ відповідає стоку ЗР, наприклад за рахунок її розпаду). У цьому випадку справедливо наближення $K \approx -\bar{k}, c_1 \approx 0, x \approx c$ (визначення величин – після формули (9)), а функція розподілу і її параметри мають вигляд:

$$F(x) = \Phi(\alpha \ln c + \beta),$$

$$\alpha = \frac{1}{\sigma \sqrt{|k|t}},$$

$$\beta = \alpha(-\bar{k}t - \ln c_0), \quad (13)$$

де $\alpha > 0$, а параметр β може бути як позитивним, так і від'ємним.

На основі наявних, в системі моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України, реальних середньобагаторічних даних (табл. 1), проведено дослідження якості води Дніпра, за наявними постами спостереження (рис. 1). Дослідження зміни суми аніонів води проводились після попереднього ретроспективного аналізу на основі отриманих вище теоретичних залежностей.

Перевіримо припущення $t \ll \tau_q$ яке було прийнято при переході від (4) до (5) і яке означає, що час добігання води від початкового створу розглянутої ділянки водотоку до його кінцевого створу набагато

менше часу заповнення живого перетину водою з бічного припливу. Час добігання рівний $t = \frac{L}{v}$ де L – довжина ділянки. Розгляда-

лися 12 ділянок вздовж водотоку Дніпра (рис. 1) довжиною ≈ 12 км, кожна. При середній швидкості течії ≈ 1 м/с отримуємо час добігання $\approx 3,3$ години. Для розрахунку часу $\tau_q = \omega_0 q$ використовуємо порядкові оцінки живого перетину водотоку $\omega_0 \approx 10^2$ м² і інтенсивності бічного припливу $q \approx 0,1-1$ (м³/с)/км. В результаті отримуємо $\tau_q \approx 1-10$ діб. Таким чином, умова $t \ll \tau_q$ виконується, і можна використовувати отримані теоретичні розподілу. Розглянемо тепер статистику зміни суми аніонів на предмет її відповідності теоретичним залежностям.

Дані ретроспективного аналізу (рис. 2) демонструють загальне підвищення концентрації суми аніонів протягом останніх 10 років. Середні багаторічні максимуми і мінімуми по 12 постах спостереження представлені в табл. 1. Горизонтальна лінія на рис. 2, проведена за табличними даними.

Спостерігається багаторічна тенденція до підвищення суми аніонів в воді, особливо протягом останніх років. Тренд становить ≈ 0.12 одиниць за 10 років, або 1,5% відносно середнього значення.

Така зміна вмісту суми аніонів здається невеликою, проте це не так, оскільки йому відповідає 32% зниження концентрації аніонів, що досить помітно.

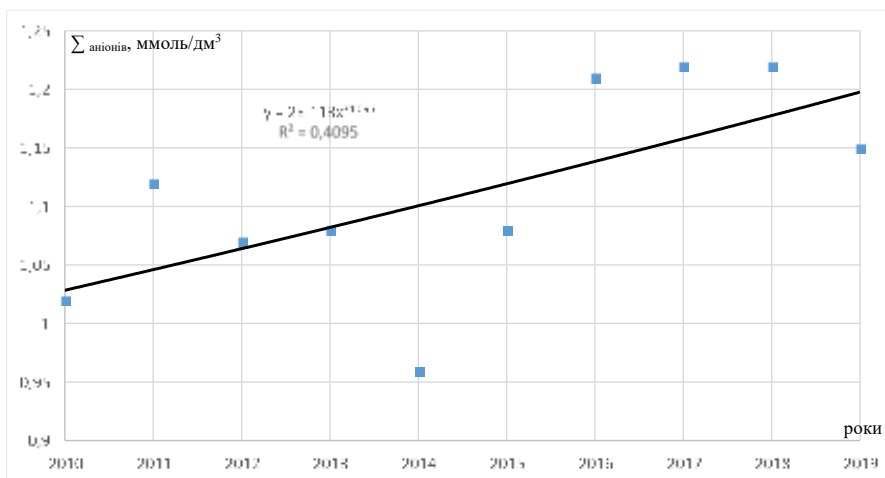


Рис. 2 – Часовий ряд концентрації суми аніонів

Fig. 2 – Time series of the anions sum concentration

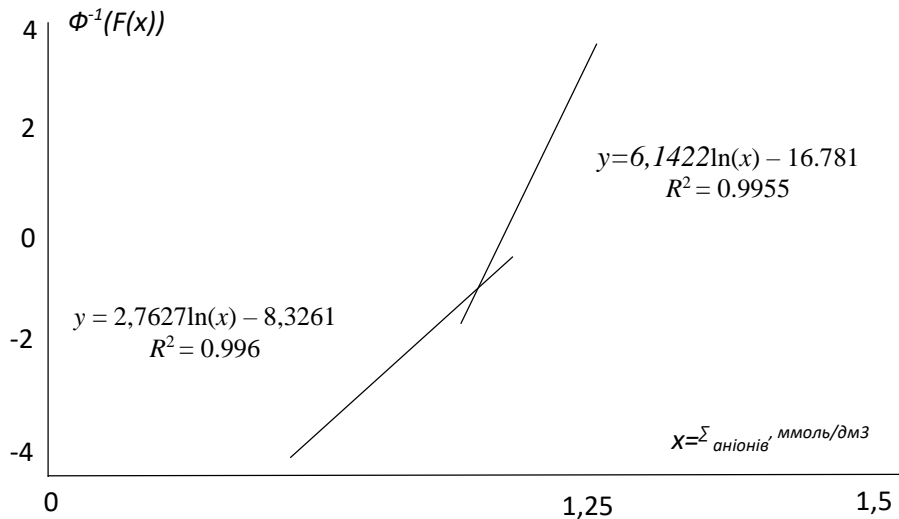


Рис. 3 – Функція розподілу концентрації суми аніонів
Fig. 3 – The distribution function of the anions sum concentration

Рисунок 3 показує, що в розглянутому поверхневому водному об'єкті за час спостереження зміна суми аніонів відбувалося в інтервалі 0,96-1,22. Він розпадається на два підінтервали, що розділяються значенням суми аніонів 1,1, в кожному з яких діє нормальний розподіл, але з відмінними значеннями параметрів:

$$F(x) = \Phi(\alpha x + \beta),$$

$$\alpha = 2,76, \beta = -8,33 \text{ при } x < 1,2,$$

$$\alpha = 6,14, \beta = -16,78 \text{ при } x > 1,2,$$

де x = сума аніонів. Коефіцієнт детермінації R^2 наведений на рисунку, близький до одиниці. Наявність двох гілок розподілу обумовлено річними змінами техногенного навантаження, про які говорилося вище, при цьому верхня гілка відповідає річному, а нижня – середньобаторічному.

Так як сума аніонів – це негативний десятковий логарифм концентрації окремих

аніонів $\sum \text{аніонів} = -\lg[\text{аніона}]$, тому з того, що $\sum \text{аніонів}$ розподілена по нормальному закону, випливає, що їх концентрація розподілена по логнормальному закону:

$$F(c) = \Phi(\bar{\alpha} \ln c + \beta),$$

Де $\bar{\alpha} = -\alpha / \ln 10$, в відповідності з теоретичним результатом (13).

Перевагами запропонованого підходу є можливість простого та оперативного виведення стохастичного рівняння балансу ЗР та побудови рівняння для щільності розподілу їх концентрацій. Як недоліком все ж справедливо буде вказати на необхідність при використанні запропонованої моделі застосовувати комп'ютерну техніку.

Для випадку досягнення мети наших досліджень застосування запропонованої моделі є оправданим.

Висновки

На основі даних ретроспективного аналізу за 2010-2019 роки проведено аналіз зміни показників суми аніонів в воді Дніпра по 12 постах забору проб и виявлено тенденції до погіршення екологічного стану поверхневого водного об'єкта – загальне збільшення вмісту суми аніонів за середньобаторічними показниками. Що можна пояснити постійним збільшенням антропогенного навантаження на басейн водойми.

Теоретично показано, що флуктуації концентрації забруднюючих речовин в воді поверхневого водного об'єкта, пов'язані з

хаотичністю надходження води і забруднюючих речовини в річку, призводять до статистичних розподілів концентрації речовини, що підкоряється логнормальному закону.

Аналіз часових рядів для значення середньобаторічних показників загального вмісту аніонів в річці Дніпро підтвердив теоретичні висновки і дозволив визначити параметри їх розподілів. Виявлено розщеплення розподілу концентрацій на дві логнормальні гілки, що відповідають різним умовам формування стоку води і забруднюючої речовини.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Література

1. Fredys Simanca Herrera, Daniela Garzón Rubiano, Fabián Blanco Garrido, Pablo Carreño Hernández, Siby Garces Polo, Jenny Romero, Yulineth Gomez-Charris. Evaluation of water quality state through regulations and physicochemical indicators for the administration of water resources in the Integrated Management District of Salto del Tequendama. *Procedia Computer Science*. 2020. Vol. 177. P. 300-307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.10.041>
2. Xiaoran Cao, Clarisse Mukandinda Cyuzuzo, Ayaole Saiken, Bo Song. A linear additivity water resources assessment indicator by combining water quantity and water quality. *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 121, 106990. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106990>
3. Ira Brückner, Silke Classen, Monika Hammers-Wirtz, Cassandra Klaer, Joachim Reichert, Johannes Pinnekamp. Tool for selecting indicator substances to evaluate the impact of wastewater treatment plants on receiving water bodies. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 745, 140746. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140746>
4. Hajkowicz, S., Collins K., Hajkowicz S. A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water resources management*. 2006. Vol. 21, No 9. P. 1553–1566. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9112-5>
5. Malekmohammadi B., Jahanishakib F. Vulnerability assessment of wetland landscape ecosystem services using driver-pressure-state-impact-response (DPSIR) model. *Ecological Indicators*. 2017. Vol.82. P. 293-303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.060>
6. Hortência de Sousa Barroso, Tallita Cruz Lopes Tavares, Marcelo de Oliveira Soares, Tatiane Martins Garcia, Brenda Rozendo, Alanne Simone Cavalcante Vieira, Patrícia Barros Viana, Thalita Melo Pontes, Tasso Jorge Tavares Ferreira, Jurandir Pereira Filho, Carlos Augusto França Schettini, Sandra Tédde Santaella. Intra-annual variability of phytoplankton biomass and nutrients in a tropical estuary during a severe drought. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2018. Vol. 213. P. 283-293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.08.023>
7. Boehm A.B., Soller J.A. Refined ambient water quality thresholds for human-associated fecal indicator HF183 for recreational waters with and without co-occurring gull fecal contamination. *Microbial Risk Analysis*. 2020. Vol. 16. 100139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mran.2020.100139>
8. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Третяков О. В., Черкашин В., Затько Й. Прогнозування показників кисневого режиму поверхневого джерела в умовах водної екосистеми басейну Дніпра. *Техногенно-екологічна безпека*. Харків: НУЦЗ України. 2020. Вип. 7. (1/2020) С. 51-56. URL: http://repositc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/10754/3/51-56-Ponomarenko_Pljatsuk_Tretjakov_Cherkashyn_Zatko.pdf
9. Jiping Jiang, Sijie Tang, Dawei Han, Guangtao Fu, Dimitri Solomatine, Yi Zheng. A comprehensive review on the design and optimization of surface water quality monitoring networks. *Environmental Modelling & Software*. 2020. Vol. 132. 104792. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104792>
10. Bezsonnyi V., Tretjakov O., Khalmuradov B., Ponomarenko R. Examining the dynamics and modeling of oxygen regime of Chervonooskil water reservoir. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 5/10 (89). P. 32–38. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109477>
11. Eduardo Eiji Maeda, Filipe Lisboa, Laura Kaikkonen, Kari Kallio, Sampsa Koponen, Vanda Brotas, Sakari Kuikka. Temporal patterns of phytoplankton phenology across high latitude lakes unveiled by long-term time series of satellite data. *Remote Sensing of Environment*. 2019. Vol. 221. P. 609-620. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.12.006>
12. Ponomarenko R., Plyatsuk L., Hurets L., Polkovnychenko D., Grigorenko N., Sherstiuk M., Miakaiev O. Determining the effect of anthropogenic loading on the environmental state of a surface source of water supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 3/10 (105). P. 54–62. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206125>
13. Laura Melo Vieira Soares, Maria do Carmo Calijuri, Talita Fernanda das Graças Silva, Evlyn Marcia Leão de Moraes Novo, Carolline Tressmann Cairo, Claudio Clemente Faria Barbosa. A parameterization strategy for hydrodynamic modelling of a cascade of poorly monitored reservoirs in Brazil. *Environmental Modelling & Software*. 2020. Vol. 134. 104803. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104803>
14. Maurice A. Duka, Tetsuya Shintani, Katshuhide Yokoyama. Thermal stratification responses of a monomictic reservoir under different seasons and operation schemes. *Science of The Total Environment*. 2020.144423. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144423>

References

1. Fredys Simanca Herrera, Daniela Garzón Rubiano, Fabián Blanco Garrido, Pablo Carreño Hernández, Siby Garces Polo, Jenny Romero & Yulineth Gomez-Charris. (2020). Evaluation of water quality state through regulations and physicochemical indicators for the administration of water resources in the Integrated Management District of Salto del Tequendama. *Procedia Computer Science*, 177, 300-307. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.10.041>
2. Xiaoran Cao, Clarisse Mukandinda Cyuzuzo, Ayaole Saiken & Bo Song. (2021). A linear additivity water resources assessment indicator by combining water quantity and water quality. *Ecological Indicators*, 121, 106990. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106990>
3. Ira Brückner, Silke Classen, Monika Hammers-Wirtz, Cassandra Klaer, Joachim Reichert & Johannes Pinnekamp. (2020). Tool for selecting indicator substances to evaluate the impact of wastewater treatment plants on receiving water bodies. *Science of The Total Environment*, 745, 140746. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140746>
4. Hajkowicz, S. A. & Collins, K. (2006). Review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resources Management*, 21(9), 1553–1566. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9112-5>
5. Malekmohammadi, B. & Jahanishakib F. (2017). Vulnerability assessment of wetland landscape ecosystem services using driver-pressure-state-impact-response (DPSIR) model. *Ecological Indicators*, 82, 293-303. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.060>
6. Hortência de Sousa Barroso, Tallita Cruz Lopes Tavares, Marcelo de Oliveira Soares, Tatiane Martins Garcia, Brenda Rozendo, Alanne Simone Cavalcante Vieira, Patrícia Barros Viana, Thalita Melo Pontes, Tasso Jorge Tavares Ferreira, Jurandir Pereira Filho, Carlos Augusto França Schettini & Sandra Tédde Santaella. (2018). Intra-annual variability of phytoplankton biomass and nutrients in a tropical estuary during a severe drought. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 213, 283-293. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.08.023>
7. Boehm, A.B. & Soller, J.A. (2020). Refined ambient water quality thresholds for human-associated fecal indicator HF183 for recreational waters with and without co-occurring gull fecal contamination. *Microbial Risk Analysis*, 16, 100139. <https://doi.org/10.1016/j.mran.2020.100139>
8. Ponomarenko, R.V., Plyatsuk, L.D., Tretyakov, O. B., Cherkashin, V. & Zatko, J. (2020). Forecasting of indicators of the oxygen regime of the surface source in the aquatic ecosystem of the Dnieper basin. *Technogenic and ecological safety*, 7 (1/2020), 51-56. Retrieved from http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/10754/3/51-56-Ponomarenko_Plyatsuk_Tretjakov_Cherkashyn_Zatko.pdf
9. Jiping Jiang, Sijie Tang, Dawei Han, Guangtao Fu, Dimitri Solomatine & Yi Zheng. (2020). A comprehensive review on the design and optimization of surface water quality monitoring networks. *Environmental Modelling & Software*, 132, 104792. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104792>
10. Bezsonnyi V., Tretyakov O., Khalmuradov B. & Ponomarenko R. (2017). Examining the dynamics and modeling of oxygen regime of Chervonooskil water reservoir. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10 (89)), 32–38. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109477>
11. Eduardo Eiji Maeda, Filipe Lisboa, Laura Kaikkonen, Kari Kallio, Sampsa Koponen, Vanda Brotas & Sakari Kuikka. (2019). Temporal patterns of phytoplankton phenology across high latitude lakes unveiled by long-term time series of satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 221, 609-620. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.12.006>
12. Ponomarenko R., Plyatsuk L., Hurets L., Polkovnychenko D., Grigorenko N., Sherstiuk M., Miakaiev O. (2020). Determining the effect of anthropogenic loading on the environmental state of a surface source of water supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(10 (105)), 54–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206125>
13. Laura Melo Vieira Soares, Maria do Carmo Calijuri, Talita Fernanda das Graças Silva, Evlyn Marcia Leão de Moraes Novo, Carolline Tressmann Cairo & Claudio Clemente Faria Barbosa. (2020). A parameterization strategy for hydrodynamic modelling of a cascade of poorly monitored reservoirs in Brazil. *Environmental Modelling & Software*, 134, 104803. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104803>
14. Maurice A. Duka, Tetsuya Shintani & Katshuhide Yokoyama. (2020). Thermal stratification responses of a monomictic reservoir under different seasons and operation schemes. *Science of the Total Environment*, 767, 144423. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144423>

Отримана 11.01.2021

Переглянуто 30.03.2021

Прийнята до друку 12.04.2021

УДК (UDC): 911:504:314

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-05>

A. N. NEKOS¹, DSc (Geographic), prof., Yu. I. MUROMTSEVA², PhD (Economic), doc.

¹ V. N. Karazin Kharkiv National University

6 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

² G.S. Scovoroda Kharkiv National Pedagogical University

29 Alchevskikh st., Kharkiv, 61002, Ukraine

e-mail: alnekos999@gmail.com
jmuromtseva@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1852-0234>
<https://orcid.org/0000-0003-2787-6080>

ESTIMATION OF THE AIR EMISSIONS OF POLLUTANTS INFLUENCE ON PRIMARY MORBIDITY INDICATOR OF THE POPULATION : CASE IN KHARKIV REGION – UKRAINE

Purpose. To establish structural shifts in the indicators of the primary morbidity of the population, and to determine the relationship between the indicators of emissions of pollutants into the air and the primary morbidity of the population of the Kharkiv region.

Methods. We used system approach, statistical methods.

Results. The structure and dynamics of the number of newly registered cases of diseases and primary morbidity of the population were considered during the period from 2004 to 2017. A correlation-regression analysis of the relationships between emissions and primary morbidity by disease classes in the Kharkiv region was made, which showed the presence of a moderate correlation between the phenomena. The synthesized regression equations can be used to determine the influence of each individual factor (SO₂, CO₂, N₂O emissions) on the primary morbidity of the population for different classes of diseases. In the structure of primary morbidity of the population of Kharkiv region, the major share is made up of diseases of the respiratory, circulatory and nervous systems - their share increased from 49% in 2004 to 51% in 2017 year.

Conclusions. The indicators of primary morbidity by diseases of the genitourinary system, nervous system, circulatory system and congenital malformations were the most sensitive to air pollutions and emission CO₂ into the atmosphere. The most negative impact on the values of all classes of primary morbidity in the Kharkiv region have CO₂, N₂O.

KEY WORDS: environmental factors, primary morbidity, Kharkiv region, dynamics of morbidity, emissions, pollutants

НЕКОС А. Н.¹, МУРОМЦЕВА Ю. І.²

¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна;

²Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди, вул. Алчевських, 29, м. Харків, 61002, Україна;

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У АТМОСФЕРУ НА ПОКАЗНИКИ ПЕРВИННОЇ ЗАХВОРЮВАНОСТІ НАСЕЛЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Мета. Встановити структурні зміни у показниках первинної захворюваності населення, та визначити взаємозв'язок між показниками викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та первинною захворюваністю населення Харківської області.

Методи. Системний підхід, статистичні методи.

Результати. Проаналізовано структуру й динаміку кількості вперше зареєстрованих випадків захворювань та первинної захворюваності населення за період з 2004 по 2017 рр. Здійснено кореляційно-регресійний аналіз зв'язків між обсягами викидів та первинною захворюваністю за класами хвороб у Харківській області, який показав наявність помітного зв'язку між явищами. Синтезовані рівняння регресії можна використовувати для визначення впливу кожного окремого фактора (викиду SO₂, CO₂, N₂O) на

© Nekos A. N., Muromtseva Yu. I., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

первинну захворюваність населення за різними класами хвороб. У структурі первинної захворюваності населення Харківської області значну частку займають хвороби органів дихання, системи кровообігу та нервової системи – їх питома вага збільшилася з 49% в 2004 р. до 51% в 2017р.

Висновки. Найбільш чутливими до викидів шкідливих речовин та CO₂ в атмосферу виявилися показники первинної захворюваності на хвороби сечостатевої системи, нервової системи, системи кровообігу та уроджені аномалії. Найбільш негативний вплив на значення показників усіх класів первинної захворюваності на Харківщині чинять CO₂, N₂O.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: екологічні чинники, первинна захворюваність, Харківська область, динаміка захворюваності, викиди, забруднюючі речовини

Некос А. Н.¹, Муромцева Ю. І.²

¹Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, площадь Свободы, 6, г. Харьков, 61022, Украина

²Харьковский национальный педагогический университет имени Г.С. Сковороды, ул. Алчевских, 29, г. Харьков, 61002, Украина

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРВИЧНОЙ ЗАБОЛЕВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Цель. Установить структурные сдвиги в показателях первичной заболеваемости населения, и определить взаимосвязь между показателями выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и первичной заболеваемостью населения Харьковской области.

Методы. Системный подход, статистические методы.

Результаты. Рассмотрены структура и динамика количества впервые зарегистрированных случаев заболеваний и первичной заболеваемости населения за период с 2004 по 2017 гг. Проведен корреляционно-регрессионный анализ связей между объемами выбросов и первичной заболеваемостью по классам болезней в Харьковской области, который показал наличие заметной связи между явлениями. Синтезированные уравнения регрессии можно использовать для определения влияния каждого отдельного фактора (выброс SO₂, CO₂, N₂O) на первичную заболеваемость населения по различным классам болезней. В структуре первичной заболеваемости населения Харьковской области значительную долю занимают болезни органов дыхания, системы кровообращения и нервной системы - их удельный вес увеличился с 49% в 2004 гг. до 51% в 2017

Выводы. Наиболее чувствительными к выбросам вредных веществ и CO₂ в атмосферу оказались показатели первичной заболеваемости болезнями мочеполовой системы, нервной системы, системы кровообращения и врожденные аномалии. Наиболее негативное влияние на значения показателей всех классов первичной заболеваемости в Харьковской области оказывают CO₂, N₂O.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экологические факторы, первичная заболеваемость, Харьковская область, динамика заболеваемости, выбросы, загрязняющие вещества

Introduction

Healthy human life in a nature friendly environment is an indisputable privilege and a global goal of sustainable human development. For a long time, Ukraine has been dominated by resource- and energy-intensive industries and technologies, raw material-oriented exports, excessive concentration of production in industrial regions, which is counter-productive for environment friendly living. The level of socio-economic development, welfare and health of the population does not correspond to the natural, scientific and technical, production potential of Ukraine. In addition, Ukraine has international obligations to ensure the goals of sustainable development, defined by UN strategic documents and enshrined in the Order of the

President of Ukraine on the Sustainable Development Goals of Ukraine until 2030 [1].

Thus, the analysis and monitoring of factors influencing the implementation of sustainable development goals in Ukraine, namely - ensuring a healthy lifestyle and promoting well-being for all at any age, ensuring openness, security, sustainability and environmental sustainability of cities and other settlements, is important. The dynamics of morbidity in the Kharkiv region due to the influence of anthropogenic factors have not been studied well. The analysis of trends in the incidence and prevalence of diseases among the population is an important component of planning strategic areas of social development of the region, medical

care, scientific basis for developing an effective system for preserving and promoting public health. Therefore, the study of factors influencing the primary morbidity of the population at the present stage is important for such an economically powerful region of Ukraine as Kharkiv region.

Research into the problems of morbidity and health of the population is of interest to not only medical scientists, but also to geographers, demographers, ecologists, and economists. The issues relating to regional population morbidity and factors contributing to this were covered in the works of Ukrainian scientists - Mezentseva N.I., Batychenko S.P., Mezentseva K.V.[2], Krainyukova O.M., Yakusheva A.V.[3], Shevchuk L.T., Gutsulyak V.M. [4], Baranovsky V.A., Pirozhenko K.G., Shevchenko V.O., Kornus O.G., Kornus A.O., [5], Shishchuk V.D., Volosovets O.P., Krivopustov S.P. [6], Kryuchko T.O., Honchar M.O., Abaturon O.E., Bolbot Yu.K., Kuzmenko A.Ya., Loginova I.O., Squarska O.O., Iordanova S.V. and other. The impact of environmental factors on public health was considered in the works of Voitko O.V., Omelchuk C.T., Ostapchuk Yu.M. [7], Nekos, A.N.; Medvedeva, Yu.V. [8],

Tsyganenko O.I., Khomenko I.M., Persheguba J.V. [9] and others.

Demographic situation in Ukraine began to be characterized as a crisis in the late 80's of the twentieth century [10]. This was due to negative natural population growth due to declining birth rates and increasing death rates, declining life expectancy, an aging nation, and migratory outflows. At that time and later, most economists and demographers associated Ukraine's lag from developed countries in terms of life expectancy and mortality rates with the socio-economic crisis in society, a difficult transition to market relations [11]. However, these are not the main reasons influencing demographic processes. Population mortality is also naturally and ecologically conditioned as repeatedly stated in the reports of the World Health Organization [12], and directly depends on the morbidity of the population [13].

The aim of this study is to establish structural changes in the indicators of primary morbidity of the population. We also aim to determine the relationship between the indicators of emissions of pollutants into the atmosphere and the primary morbidity of the population of Kharkiv region.

Materials and methods

The study is based on the analysis of published statistical data of the Main Department of Statistics in Kharkiv region, the State Statistics Service of Ukraine. For the study we used general scientific methods - a systematic approach, analysis and synthesis, statistical methods (grouping, graphics, correlation and regression analysis, time series etc.). For the study environmental and medical-demographic phenomena for processing statistical materials was used Microsoft EXCEL software package. Calculations of multiple regression were performed using

Microsoft EXCEL (Analysis ToolPak -> Regression).

The period from 2004 to 2017 was chosen for the study, which covers all the necessary medical, demographic and environmental indicators. The structure and dynamics of the number of first registered cases of diseases were considered, and the indicator of primary morbidity of the population was calculated as the ratio of the number of first registered cases of diseases among the population per year to the average annual number of available population.

Results

During the period from 2004 to 2017, the number of newly registered cases of the disease among the population decreased from 2326.3 to 1777.2 thousand people (by 23.6%). The decrease in cases of newly registered diseases occurred not only in absolute terms (549.1 thousand people) but also in relative terms - from 811 persons/1000 populations to 658

persons/1000 population, or by 18.9% (Fig. 1). The annual average rate of decline in primary morbidity over the 14-year period from 2004 to 2017 was 1.6%.

In the structure of morbidity, which is registered for the first time, the major share is occupied by respiratory diseases, their share increased from 35% in 2004 to 40% in 2017 (Fig. 1).

Diseases of the circulatory system make a significant contribution to morbidity. On the positive side, their share decreased from 11% in 2004 to 8% in 2017. The proportion of other diseases (neoplasms, diseases of the nervous and urogenital systems, skin and subcutaneous tissue diseases, diseases of the musculoskeletal system and connective tissue, congenital anomalies) remained in 2017 at the same level as in 2004. A significant proportion of first-time cases are related to "other causes" - 25% in 2004 and 24% in 2017.

During the same period (2004 –2017) the

quantitative indicators and chemical composition of pollutant emissions into the atmosphere in the Kharkiv region were analyzed. Information on emissions of pollutants into the atmosphere is provided by the State Statistics Service of Ukraine in accordance with the Methodological Regulations [14]:

- greenhouse gas emissions (N₂O, CH₄, HFCs, PFCs, SF₆);
- emissions of pollutants (NO_x, CO, NMVOC, NH₃);
- emissions of solid suspended particles (less than 10 μm and 2.5 μm).

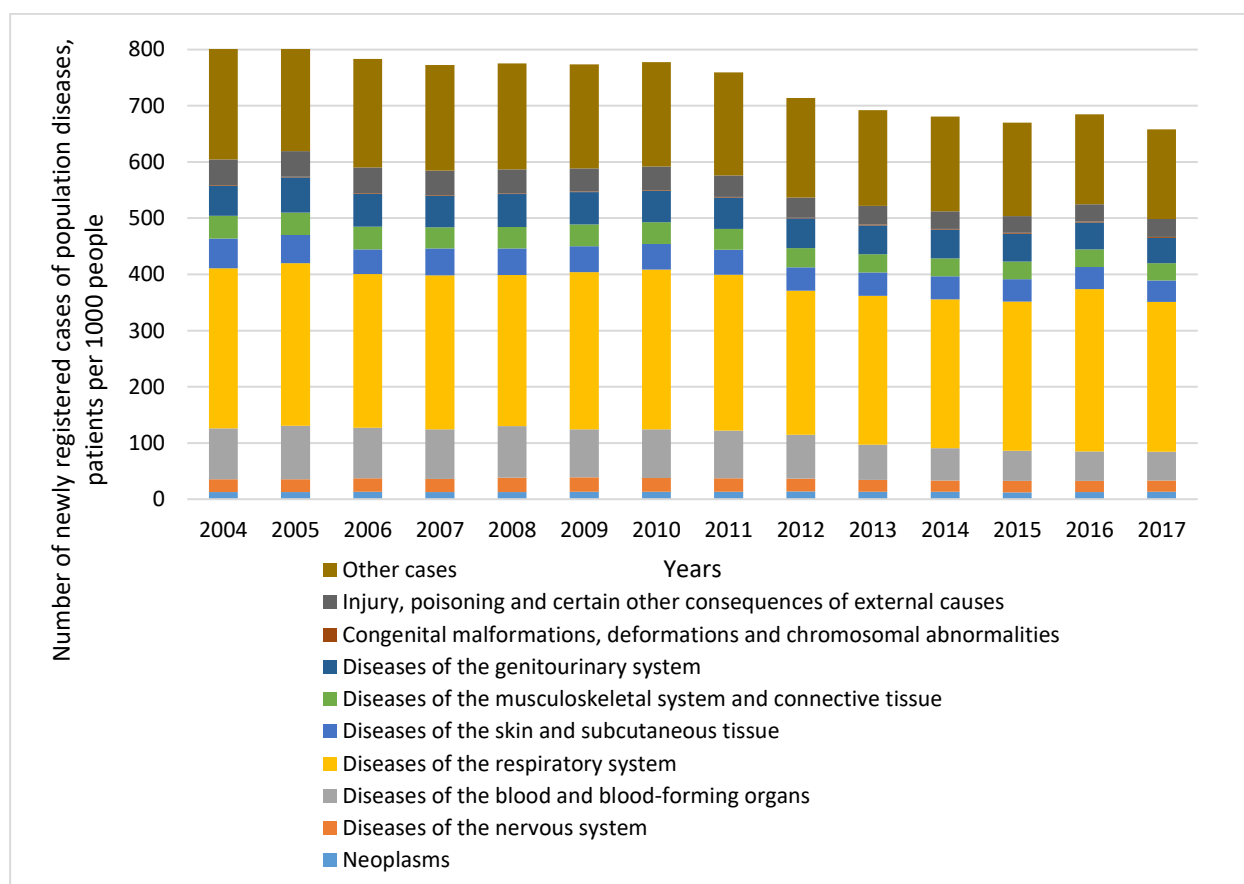


Fig. 1 – Dynamics of first registered cases of diseases of the population of Kharkiv region in 2004 - 2017, per 1000 people (<http://kh.ukrstat.gov.ua/index.php/zakhvoriuvanist-naseleennia>)

During the study, the total impact on the incidence of all these emissions into the atmosphere was analyzed, as well as the impact of individual substances - sulfur dioxide, nitrogen dioxide, carbon dioxide. The above compounds cause harmful effects on the human body in concentrations above the maximum allowable (MPC). According to the authors [5] - "Dust causes allergic diseases, pneumonia, bronchial

asthma, infectious diseases, cardiovascular diseases, malignant neoplasms. Carbon monoxide is the cause of oxygen starvation, fatal lesions, the development of inflammatory processes in the respiratory tract and lung tissue, tachycardia, arrhythmia, increased blood pressure, increased stroke and cardiac output, suppression of vascular tone, erythrocytosis, hyperglycemia and glucose acidosis, detoxification of the liver

and kidneys. Mild poisoning is manifested by general malaise, headache. Severe poisoning develops coma, and later - nervous disorders in the form of paralysis, paresis, memory loss, inability to prolong mental stress. *Silicon dioxide* - gives severe lung disease. *Nitrogen oxide* - pulmonary edema, disorders of vitamin metabolism. Hydrocarbons - headache, dizziness. Sulfur oxide - pulmonary edema, pharynx and respiratory paralysis, severe nervous disorders, mental disorders, Yokkai asthma.

In Fig. 2 shows emissions of pollutants (greenhouse gases, NO_x, CO, NMVOC, NH₃,

emissions of solid suspended particles less than 10 μm and 2.5 μm) per 1 person (kg/person) and separately - carbon dioxide (t/person). As you can see, there was a reduction in all pollutant emissions from 102.9 kg/person to 16.7 kg/person, i.e. more than 6 times, and carbon dioxide emissions from 3.87 t/person to 2.15 t/person, i.e. decreased by 1.8 times. The most noticeable reduction in emissions of all pollutants occurred in the period from 2014 to 2017, while from 2004 to 2013 the emissions into the atmosphere remained at an average of 108.3 kg/person of pollutants and 4.4 t/person of carbon dioxide.

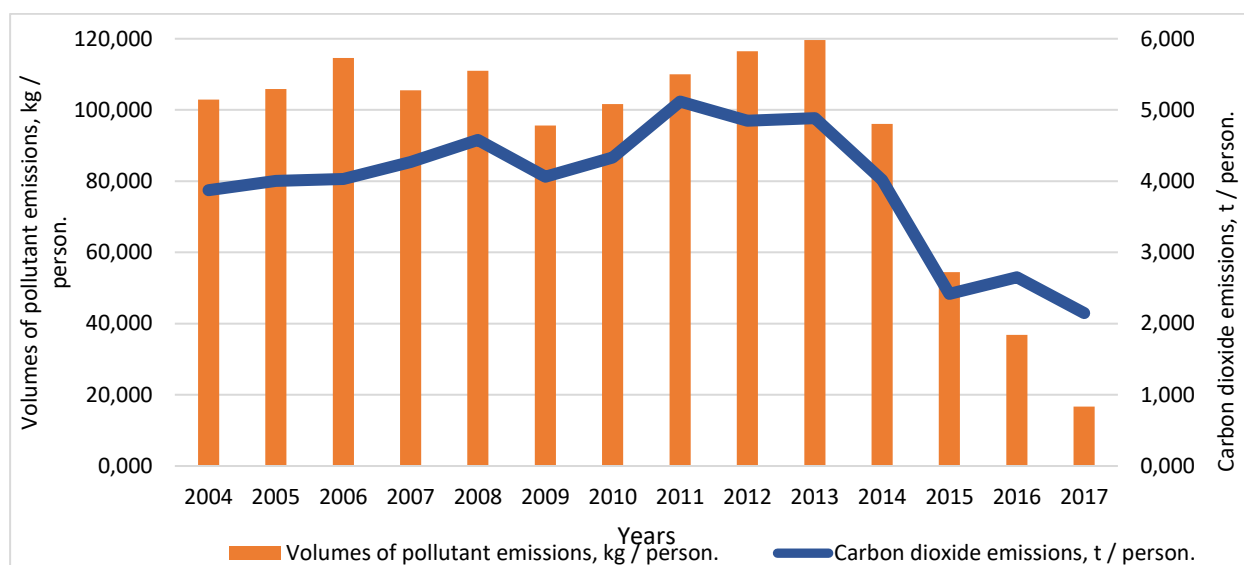


Fig. 2 – Volumes of pollutant emissions into the atmosphere and carbon dioxide per capita for 2004 - 2017 in Kharkiv region

(<http://kh.ukrstat.gov.ua/navkolyshnie-seredovyshe-stat/1058-vykydy/1478-vykydy-dioksydu-sirkyta-oksydiv-azotu-v-atmosferne-povitria-1990-2014-rr> and <http://kh.ukrstat.gov.ua/dynamika-vykydiv-zabrudniuiuchykh-rechovyn-i-dioksydu-vuhletsiu-v-atmosferne-povitria>)

J. Robbins found that human health depends on the environmental situation [5, p.29], so the next stage of the study was a correlation-regression analysis of the relationship between emissions per capita and primary morbidity by disease classes in Kharkiv region for the period 2004 - 2017. The results of calculations of correlation coefficients are presented in Table 1.

Thus, the most dependent on the environmental situation in the Kharkiv region were the incidence of diseases of the genitourinary system, nervous system, circulatory system - as evidenced by correlation coefficients with values greater than 0.6, which corresponds to a moderate relationship on the Cheddock scale. Incidence rates of congenital anomalies were inversely related to the amount of emissions into the atmosphere. Thus, the primary morbidity of

diseases of the nervous system decreased since 2004 from 22.7 cases/1000 people to 20.3 (by 10.6%), diseases of the circulatory system from 90.5 to 50.9 per 1000 people (in 1,78 times), diseases of the genitourinary system from 53.8 to 45.0 per 1000 people (16.4%), and congenital anomalies increased from 1.6 times - from 1.0 to 1.6 per 1000 people. Nitrogen dioxide and carbon dioxide have the greatest impact on all types of diseases in the Kharkiv region.

To construct multiple regression on the basis of the data in Table 1, classes of diseases and pollutants were selected, the correlation coefficient between which was more than 0.5. Thus, multi-factor models of linear relationship between the studied phenomena were synthesized, which are presented in Table 2.

Table 1

Correlation coefficients between emissions of substances into the atmosphere and primary morbidity of the population of Kharkiv region

Factor characteristics (air emissions per capita)	Dependent variable (number of first registered cases of diseases, Per 1000 people)								
	Neoplasm	Diseases of the nervous system	Diseases of the circulatory system	Respiratory diseases	Diseases of the skin and subcutaneous tissue	Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	Diseases of the genitourinary system	Congenital anomalies (malformations), deformities and chromosomal disorders	Other causes
Sulfur dioxide	0,626	0,369	0,381	-0,234	0,159	0,230	0,428	-0,305	0,254
Nitrogen dioxide	0,195	0,617	0,651	-0,159	0,517	0,525	0,687	-0,569	0,583
Carbon dioxide	0,488	0,621	0,637	-0,099	0,434	0,487	0,627	-0,536	0,515
All emissions except CO ₂	0,344	-0,108	-0,257	-0,012	-0,216	-0,262	-0,527	0,176	-0,202

Table 2

Dependence of primary morbidity of the population of Kharkiv region on volumes of SO₂, CO₂, N₂O emissions into the atmosphere per 1 person (2004 - 2017)

Classes of diseases	Equation of dependence	R-square
Diseases of the circulatory system	$Y=1,87+1,72X_1+26,8X_2+1,19X_3$	0,65
Diseases of the genitourinary system	$Y= 37,3 -0,31X_1+3,83X_2+X_3$	0,56
Diseases of the nervous system	$Y = 14-0,2X_1+3,31X_2+0,05X_3$	0,61
Congenital anomalies	$Y = 2,1+0,02X_1-0,27X_2-0,02X_3$	0,51

General view model

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3,$$

where Y – is the corresponding level of primary morbidity;

X₁ – sulfur dioxide emissions;

X₂ – carbon dioxide emissions;

X₃ – emissions of nitrogen dioxide;

a₁, a₂, a₃ – regression coefficients;

a₀ – baseline morbidity, i.e. without taking into account the impact of emissions into the atmosphere.

Based on the synthesized equations, we can simulate the situation and calculate the forecast in the absence of pollutants emissions into the atmosphere, ie at X₁ = X₂ = X₃ = 0, or at other values (reduced or increased) of these emissions into the air. This will allow predicting the probable levels of additional primary morbidity (in case of deterioration of the environmental situation) or an increase in the number of healthy people (subject to further reduction of pollutants emissions into the atmosphere).

Discussion

Important in the territorial-nosological analysis is the assessment of the relationship between the quantitative and qualitative composition

of environmental pollution and the structure of morbidity. Such a study was conducted at the regional level for the Kharkiv region.

As you can see, most of the consequences of poisoning are diseases of the respiratory, nervous and cardiovascular systems of the human body. And these 3 classes of diseases make up the vast majority of cases of primary morbidity in the Kharkiv region, the share of which increased from 49% in 2004 to 51% in 2017.

For the group "other causes" of the morbidity, the correlation coefficients, according to the Chaddock scale, indicate a moderate relationship between air emissions per capita. The group of "other cases of diseases" according to the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD-10) includes the following diseases - some infectious and parasitic diseases; diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune mechanism; diseases of the endocrine system, eating disorders and metabolic disorders; mental and behavioral disorders; diseases of the eye and appendages; diseases of the ear and papilla; diseases of the digestive system; pregnancy, childbirth and the postpartum period; certain conditions that occur in the perinatal period; symptoms, signs and abnormalities found in laboratory and clinical studies, not classified in other headings and external causes of morbidity and mortality. However, this group in terms of disease genesis is the most heterogeneous

compared to other disease groups, so it requires a separate study.

Regarding the groups of primary morbidity, which showed a weak dependence on pollutant emissions into the atmosphere ($r < 0.5$) - respiratory diseases, skin and subcutaneous tissue diseases, diseases of the musculoskeletal system and connective tissue, they also require further study. Recent researches by Sasha Khomenko, MSc Marta Cirach and others [15], Jerrett, M., Burnett, R. T. and others [16] have shown that air emissions affect morbidity and mortality, especially in urban areas, such as large European and American cities. Also, the authors of Kenneth Y. Chay, Michael Greenstone [17], found that air pollution has the greatest impact on infant mortality.

Thus, air pollution has a detrimental effect on our lives in many ways. Therefore, further studies of the impact of air emissions on the primary morbidity of the population should be conducted - place of residence - rural areas or urban geosystem, sex-age cohorts, as well as indicators of professionally oriented groups (industrial workers (including in terms of occupational diseases), office workers and those who work outdoors). In addition, primary morbidity rates should be analyzed in conjunction with relevant mortality rates.

Conclusions

During the period from 2004 to 2017 in the Kharkiv region there has been a decrease in the number of emissions of pollutants into the atmosphere, which coincides with a decrease in the number of cases of newly registered morbidity of the population of the region. Primary morbidity rates decreased in 2017 compared to 2004 by 18.9%, while emissions were reduced by 6 times and carbon dioxide emissions by 1.8 times (a significant reduction in emissions occurred after 2014, which can be explained with changes in foreign policy and socio-economic changes in the country and the region as a whole).

Primary morbidity is the result of endogenous and exogenous causes, and the performed correlation-regression analysis of the impact of pollutant emissions into the atmosphere on the primary morbidity of the

population showed only a moderate relation between them. The most sensitive to emissions of pollutants and carbon dioxide into the atmosphere were the indicators of primary incidence of diseases of the genitourinary system, nervous system, circulatory system and congenital anomalies. Nitrogen dioxide and carbon dioxide have the most negative impact on the values of indicators of all classes of primary morbidity in Kharkiv region.

Carried out correlation-regression analysis and modeling of primary morbidity depending on the indicators of pollutants emissions into the atmosphere is of practical importance. Thus, it is possible to determine the impact of each individual factor (emissions of nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon dioxide) on the primary morbidity of the population for different classes of diseases.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest in the publication of this manuscript. In addition, the authors fully adhered to ethical standards, including plagiarism, data falsification, and double publication.

References

1. Decree of the President of Ukraine on the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030 of September 30, 2019 № 722/2019. (2019). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (In Ukrainian)
2. Mezentseva, N. I., Batichenko, S. P. & Mezentsev, K. V. (2018). Morbidity and health of the population in Ukraine: socio-geographical dimension: a monograph. Kyiv: State Enterprise "Print Service". (In Ukrainian)
3. Krainyukov, O. M. & Yakusheva, A.V. (2016). Assessment of risk to human health due to the use of oil-contaminated drinking water using RAIS (US-EPA). *Man and the environment. Issues of neoeology*, (3-4 (26)), 46-51. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/7752> (In Ukrainian)
4. Gutsulyak, V. M. & Nakonechny, K.P. (2010). Medico-ecological assessment of landscapes of Chernivtsi region: Monograph. Chernivtsi: Ruta. (In Ukrainian)
5. Kornus, O. G., Kornus, A. O. & Shishchuk, V. D. (2015). Territorial and nosological structure of morbidity of the population of Sumy region: monograph. Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko; Sumy State University, Medical Institute. Sumy: Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko., 172 p. (In Ukrainian)
6. Volosovets, O. P., Kryvopusrov, S. P., Kruchko etc (2018). The impact of environmentally unfavorable environment on the incidence and prevalence of diseases of the circulatory system in children of Ukraine. *Public health. Health of Society*, T. 7 (№ 5). pp. 229-236. <https://doi.org/10.22141/2306-2436.7.5.2018.158608> (In Ukrainian)
7. Voitko, O. V., Omelchuk, S. T. & Ostapchuk Yu. M. (2009). Influence of certain anthropogenic factors on the incidence of lung cancer in the population of Ukraine. *Oncology*, 11(4), 257-262. (In Ukrainian)
8. Nekos, A. N. & Medvedeva, Yu. V. (2018). Ecological safety of food plant products grown in the conditions of technogenic-transformed landscapes of the urban geosystem. *Proceedings of VI International. scientific Conference (on the 110th anniversary of the birth of Professor V.A. Dementiev): Modern problems of landscape science and geoecology*, Minsk, 2018, November 13-16 (pp. 148-151). Minsk: BSU. (In Russian)
9. Tsyganenko, O. I., Khomenko, I. M., Persheguba, Ya. V., Sklyarova, N. A. & Avramenko, L. M. (2018). Influence on ecological health of athletes of cold atmospheric air. *Man and the environment. Issues of neoeology*, (30), 158-165. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2018-30-14> (In Ukrainian)
10. Kulchytsky, S.V. (2007). Demographic losses of Ukraine // Encyclopedia of Modern Ukraine: electronic version [website] / ch. editor: I.M. Dziuba, AI Zhukovsky, MG Zheleznyak and others; NAS of Ukraine, NTSh. Kyiv: Institute of Encyclopedic Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2007. Retrieved from http://esu.com.ua/search_articles.php?id=21468 (In Ukrainian)
11. Muromtseva, Yu. I. (2015). The role of culturological factors in overcoming the demographic crisis in Ukraine. *Language. Science. Culture: Proceedings of the interdisciplinary scientific-practical conference dedicated to the 85th anniversary of the Petro Vasylenko, Kharkiv, 2015, June 10*, (pp. 793-803). *Kharkiv National Technical University of Agriculture*. (In Ukrainian)
12. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. (2006). Retrieved from https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/
13. Brown, Tim. (2010). *A Companion to Health and Medical Geography*. Wiley-Blackwell.
14. Methodological provisions for the calculation of emissions into the atmosphere. Retrieved from http://www.ukrstat.gov.ua/norm_doc/2020/268/268.pdf (In Ukrainian)
15. Khomenko, Sasha, Cirach, Marta, Pereira-Barboza, Evelise, Mueller, Natalie, Barrera-Gómez, Jose, Rojas-Rueda, David... & Nieuwenhuijsen, Mark. (2021). Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment *The Lancet. Planetary Health*, 5 (3), E121-E134. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30272-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30272-2)
16. Jerrett, M., Burnett, R. T., Beckerman, B. S., Turner, M. C., Krewski, D. & Thurston, G. (2013). Spatial analysis of air pollution and mortality in California. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 188(5), 593-599. <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0609OC>
17. Chay, Kenneth Y. & Greenstone, Michael. (2003). The Impact of Air Pollution on Infant Mortality: Evidence from Geographic Variation in Pollution Shocks Induced by a Recession. *The Quarterly Journal of Economics*, 118 (3), 1121-1167. <https://doi.org/10.1162/00335530360698513>

Література

1. Указ Президента України Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року від 30 вересня 2019 року № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
2. Мезенцева Н.І., Батиченко С.П., Мезенцев К.В. Захворюваність і здоров'я населення в Україні: суспільно-географічний вимір: монографія. – К.: ДП «Прінт Сервіс», 2018. – 136 с.
3. Крайнюков О.М., Якушева А. В. Оцінка ризику для здоров'я людей, обумовленого використанням забруднених нафтопродуктами питних вод за допомогою методики RAIS (US-EPA). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 3-4 (26), 2016. С. 46-51. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenvironment/article/view/7752>
4. Гуцуляк В. М., Наконечний К. П. Медико-екологічна оцінка ландшафтів Чернівецької області: Монографія. Чернівці: Рута, 2010. 150 с.
5. Корнус О. Г., Корнус А. О., Шищук В. Д. Територіально-нозологічна структура захворюваності населення Сумської області: монографія. Суми: СумДПУ імені А.С.Макаренка, 2015. 172 с.
6. Волосовець О.П. Кривоустов С.П. Крючко Т. О., та ін.. Вплив екологічно несприятливого довкілля на захворюваність та поширеність хвороб системи кровообігу у дітей України. *Здоров'я суспільства. Здоров'я общества. Health of Society*. 2018. Т. 7. № 5. С. 229-236. DOI: <https://doi.org/10.22141/2306-2436.7.5.2018.158608>
7. Войтко О.В., Омельчук С.Т., Остапчук Ю.М. Вплив окремих антропогенних факторів на захворюваність населення України на рак легенів. *Онкологія*. 2009. Т.11, № 4. С. 257-262.
8. Некос А.Н., Медведева Ю.В. Экологическая безопасность пищевой растительной продукции, выращенной в условиях техногенно-преобразованных ландшафтов урбогеосистемы. *Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы VI Междунар. науч. конф.(к 110-летию со дня рождения профессора В.А. Деметьева)*, Минск, 13–16 нояб. 2018 г.–Минск: БГУ, 2018. С. 148-151.
9. Циганенко О. І., Хоменко І. М., Першегуба Я. В., Склярєва Н. А., Авраменко Л. М. Вплив на екологічне здоров'я спортсменів холодного атмосферного повітря. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2018. Вип. 30. С. 158-165. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2018-30-14>
10. Кульчицький С. В. Демографічні втрати України. *Енциклопедія Сучасної України*. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2007. URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=21468
11. Муромцева Ю. І. Роль культурологічних чинників у подоланні демографічної кризи в Україні. *Мова. Наука. Культура: матеріали міждисципл. наук.-практ. конф., присвяченої 85-річчю Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, Харків, 10 черв. 2015*. С. 793-803
12. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. 2006. URL: https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/
13. Tim Brown. *A Companion to Health and Medical Geography*. Wiley-Blackwell, 2010. 640 p.
14. Методологічні положення зі складання рахунку викидів у атмосферне повітря. URL: http://www.ukr-stat.gov.ua/norm_doc/2020/268/268.pdf
15. Khomenko Sasha, Cirach Marta, Pereira-Barboza Evelise, Mueller Natalie, Barrera-Gómez Jose, Rojas-Rueda David, Koes de Hoogh, Hoek Gerard, Nieuwenhuijsen Mark. Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment. *The Lancet Planetary Health*. 2021. Vol. 5. No 3. P. E121-E134. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30272-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30272-2)
16. Jerrett, M., Burnett, R. T., Beckerman, B. S., Turner, M. C., Krewski, D., Thurston, G., ... & Pope III, C. A. Spatial analysis of air pollution and mortality in California. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2013. Vol. 188. No 5. P. 593-599. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0609OC>
17. Kenneth Y. Chay, Michael Greenstone. The Impact of Air Pollution on Infant Mortality: Evidence from Geographic Variation in Pollution Shocks Induced by a Recession. *The Quarterly Journal of Economics*. 2003. Vol. 118. Issue 3. P. 1121–1167. DOI: <https://doi.org/10.1162/00335530360698513>

Отримана 22.02.2021

Переглянуто 04.04.2021

Прийнята до друку 22.04.2021

УДК (UDC): 502.3(477.82):614.71]:630

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-06>

О. А. КАРАЇМ¹, канд. екон. наук, доц., **Л. Д. ГУЛАЙ¹**, док. хім. наук, проф.,
О. М. ЮРЧЕНКО¹, канд. фіз.-мат. наук, доц., **О. А. БАКАРАЄВ¹**,
О. А. ДЖАМ¹, канд. хім. наук, доц., **О. С. МУЗИЧЕНКО¹**, канд. біол. наук, доц.,
З. В. ЛАВРИНЮК¹, канд. хім. наук, доц.

¹Волинський національний університет імені Лесі Українки
просп. Волі 13, м. Луцьк, 43025, Україна

e-mail: olha.karaim@vnu.edu.ua
gulay.lyubomyr@vnu.edu.ua
yurchenko.oksana@vnu.edu.ua
Vepp@ukr.net
dzham.olena@vnu.edu.ua
muzychenko.oksana@vnu.edu.ua
lavrynyuk.zoryana@vnu.edu.ua

ORCID ID:<https://orcid.org/0000-0002-1722-4110>
<https://orcid.org/0000-0003-3495-5027>
<https://orcid.org/0000-0002-6602-2929>
<https://orcid.org/0000-0002-6876-2840>
<https://orcid.org/0000-0003-2222-3734>
<https://orcid.org/0000-0003-1909-3131>
<https://orcid.org/0000-0002-1906-3330>

ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ДП «КОЛКІВСЬКЕ ЛГ»

Мета. Визначення оцінки впливу на атмосферне повітря викидів забруднюючих речовин ДП «Колківське ЛГ».

Методи. Хімічний аналіз, інструментальний, розрахунковий, узагальнення, систематизація, порівняльно-аналітичний, описовий, картографічний.

Результати. У ДП «Колківське ЛГ» досліджено джерела викидів забруднюючих речовин. При роботі обладнання в атмосферне повітря потрапляють: оксид заліза, марганець та його сполуки, оксиди азоту (в перерахунку на діоксид), оксид вуглецю, діоксид сірки, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом, сірководень, бензол, вуглеводні, ксилол, толуол, гідроокис натрію, парникові гази (метан, діоксид вуглецю, оксид діазоту, НМЛЮС). Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан забруднення атмосферного повітря здійснюється за даними результатів розрахунків розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі та даними інструментальних методів досліджень. Концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони розміром 100 м, становлять: оксиди азоту (у перерахунку на діоксид) – 0,18 ГДК, суспендовані тверді частинки – 0,55 ГДК, натрію гідроокис (натр їдкий, сода каустична) – 0,10 ГДК.

Висновки. На межі санітарно-захисної зони концентрації шкідливих речовин у приземному шарі атмосферного повітря не перевищують гранично-допустимих концентрацій й не чинять негативного впливу на здоров'я людини та на стан навколишнього природного середовища.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: оцінка впливу, викиди, забруднюючі речовини, атмосферне повітря

Karaim O. A.¹, Gulay L. D.¹, Yurchenko O. M.¹, Bakaraiev O. A.¹, Dzham O. A.¹, Muzychenko O. S.¹, Lavrynyuk Z. V.¹

¹Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volia Ave., Lutsk, 43025, Ukraine

IMPACT ASSESSMENT OF STATE ENTERPRISE 'KOLKY FORESTRY' POLLUTANTS EMISSIONS

Purpose. Estimation of the impact of State Enterprise 'Kolky Forestry' pollutants emissions on atmospheric air.

Methods. Environmental chemical analysis, instrumental analysis, computational method, generalization and systematization methods, comparative analytical, descriptive and cartographic methods.

Results. The sources of pollutant emissions of State Enterprise 'Kolky Forestry' were examined. During the equipment operation, the following substances are emitted into the atmospheric air: iron oxide, manganese and its compounds, nitrogen oxides (in terms of dioxide), carbon monoxide, sulfur dioxide, substances in the form of

© Караїм О. А., Гулай Л. Д., Юрченко О. М., Бакараєв О. А., Джем О. А., Музиченко О. С., Лавринюк З. В., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.

chemically undifferentiated suspended solids, hydrogen sulfide, benzene, hydrocarbons, xylene, toluene, sodium hydroxide, greenhouse gases (methane, carbon dioxide, dinitrogen oxide, NMVOCs). The assessment of pollutants emissions impact on the state of air pollution is carried out according to the results of the estimated dispersion of pollutants in the air and data obtained via instrumental research methods. The concentration of pollutants in the atmospheric surface layer at the borderline of the 100 m sanitary buffer is as follows: nitrogen oxides (in terms of dioxide) – 0.18 MPC, suspended solids – 0.55 MPC, sodium hydroxide (lye, caustic soda) – 0.10 MPC.

Conclusions. The estimation of pollutants concentration on the basis of actual and estimated emission rates revealed that harmful substances concentration in the atmospheric surface layer does not exceed the maximum permissible concentration and does not have a negative effect on human health and the state of the environment at the borderline of the sanitary buffer.

KEY WORDS: environmental impact assessment, emissions, pollutants, atmospheric air

Караим О. А.¹, Гулай Л. Д.¹, Юрченко О. Н.¹, Бакараев О. А.¹, Джам Е. А.¹, Музыченко О. С.¹, Лавринюк З. В.¹

¹Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Воли 13, г. Луцьк, 43025, Україна

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ГП «КОЛКОВСКОЕ ЛХ»

Цель. Определение оценки воздействия на атмосферный воздух выбросов загрязняющих веществ ГП «Колковское ЛХ».

Методы. Химический анализ, инструментальный, расчетный, обобщение, систематизация, сравнительно-аналитический, описательный, картографический.

Результаты. В ГП «Колковское ЛХ» исследованы источники выбросов загрязняющих веществ. При работе оборудования в атмосферный воздух попадают: оксид железа, марганец и его соединения, оксиды азота (в пересчете на диоксид), оксид углерода, диоксид серы, вещества в виде взвешенных твердых частиц, недифференцированных по составу, сероводород, бензол, углеводороды, ксилол, толуол, гидроокись натрия, парниковые газы (метан, диоксид углерода, оксид диазота, НМЛОС). Оценка влияния выбросов загрязняющих веществ на состояние загрязнения атмосферного воздуха осуществляется по данным результатов расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и данными, полученными при проведении инструментальных методов исследований. Концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны размером 100 м, составляют: оксиды азота (в пересчете на диоксид) – 0,18 ПДК, взвешенные твердые частицы – 0,55 ПДК, натрия гидроокись (натр едкий, сода каустическая) – 0,10 ПДК.

Выводы. Установлено, что на границе санитарно-защитной зоны концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферного воздуха не превышают предельно допустимых концентраций и не оказывают негативного влияния на здоровье человека и на состояние окружающей природной среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оценка воздействия на окружающую среду, выбросы, загрязняющие вещества, атмосферный воздух

Вступ

Лісогосподарські підприємства, у міру своєї діяльності, чинять вплив на навколишнє середовище, у тому числі й на атмосферне повітря. Тому в умовах сучасності з метою визначення оцінки впливу на довкілля та стратегічної екологічної оцінки, будь-який господарський процес повинен бути екологічно контрольованим та регульованим.

ДП «Колківське ЛГ» знаходиться за адресою: Україна, Волинська область, Маневицький р-н, смт. Колки. Джерела утворення забруднюючих речовин розташовані на території підприємства і межують: з півночі – р. Стир; зі сходу – р. Рудка, вул. Полуботка, житлова забудова (187 м); із півдня – житлова забудова (65 м), вул. Центральна; із заходу – заплава р. Стир. Геодезичні координати підприємства: 51°6'26" Пн. Ш., 25°39'29" Сх. Д.

Основними видами діяльності підприємства є вирощування, очистка, санітарна вирубка лісів, переробка деревини, а також заготівля березового соку.

Проблеми дослідження стану атмосферного повітря та впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин нині є надзвичайно актуальними. Вплив діяльності Новокраматорського машинобудівного заводу на навколишнє природне середовище висвітлено у роботі Баскакової Л. В. та інш. [1]. Оцінку обсягів викидів парникових газів в системах поводження з сільськогосподарськими відходами Одеської області подано у праці Бінковської Г. та Щаніної Т. [2]. Еко-логічну оцінку стану атмосферного повітря у м. Нововолинськ представлено у роботі Гулай Л. Д. та

інш. [3]. У дослідженні Чугай А. та інш. [4] виконано оцінку рівня забруднення атмосферного повітря міст прибережної зони північно-західного Причорномор'я. Аналіз

техногенного навантаження на повітряний басейн окремих промислово-міських агломерацій Східної України (на прикладі міста Дніпро) здійснено у роботі [5].

Матеріали та методи досліджень

Проведення дослідження регламентоване інструкцією КНД 211.2.3.014-95 «Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві» [6].

Інструментально-лабораторні заміри проводились при номінальному навантаженні згідно:

- КНД 211.2.3.063-98. Метрологічне забезпечення. Відбір проб промислових викидів [7].
- ДСТУ 8725:2017. Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення швидкості та об'ємної витрати газопилових потоків [8].
- ДСТУ 8726:2017. Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення тиску та температури газопилових потоків [9].
- РД 52.04.59-85. Вимоги до точності контролю промислових викидів [10].
- ОНД-86. Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємств [11].

Методи визначення показників концентрацій і методики визначення величин викидів вказані у табл. 1.

При визначенні величин викидів розрахунковим методом використано:

- ГКД 34.02.305-2002 Викиди забруднюючих речовин у атмосферу від енергетичних установок [12].
- Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами [13, 14].
- Методичний посібник із розрахунків викидів від неорганізованих джерел у промисловості будівельних матеріалів [15].
- Методика проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферу для автотранспортних підприємств [16].
- Показники емісії (питомі викиди) забруднюючих речовин від процесів електро-, газозварювання, наплавлювання, електро-, газорізання та напилення металів [17].
- Збірник методик із розрахунків вмісту забруднюючих речовин у викидах неорганізованих джерел забруднення атмосфери [18].
- Первинні матеріали результатів вимірювань.

Відбір проб та наступні етапи дослідження проведено у 2019 р.

Результати та обговорення

На підприємстві виявлено 16 джерел утворення забруднюючих речовин:

Джерело 1 – Лісопереробний комплекс № 1. Джерела утворення забруднюючих речовин – деревообробні верстати: стрічкова пилопрама, горбильний, брусочний, багатопильний. Фонд робочого часу: стрічкової пили та брусочного верстату – 3060 год/рік (255 днів, 12 год/день), горбильного та багатопильного верстатів – 255 год/рік (255 днів, 1 год/день). У процесі роботи деревообробних верстатів у атмосферне повітря викидаються речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом. На верстатах протягом року переробляється 19000 м³ деревини. Очистка викидів

здійснюється циклоном ОЕКДМ-18 з ефективністю очистки 93,1 %. Джерело викиду організоване.

Джерело 2 – Лісопереробний комплекс № 2. Джерела утворення забруднюючих речовин – деревообробні верстати: багатопильний, обрізний, торцювальний. Фонд робочого часу: багатопильного та торцювального верстатів – 3060 год/рік (255 днів, 12 год/день), обрізного верстату – 510 год/рік (255 днів, 2 год/день). У процесі роботи деревообробних верстатів у атмосферне повітря викидаються речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом. На верстатах протягом року переробляється 11263 м³ деревини. Очистка викидів здійснюється циклоном

Таблиця 1

Методи визначення показників концентрацій і методики визначення величин викидів

Table 1

Methods for determining the concentration indicators and methods for determining the emission values

Код ЗР	Забруднююча речовина	Метод визначення показників концентрації	Методика визначення величин викидів
123	Оксид заліза	-	розрахунково
143	Марганець та його сполуки	-	розрахунково
150	Гідроокис натрію	титрометричний	[9], с. 97
301	Оксиди азоту (в перерахунку на діоксид)	газоаналізатор	інструкція по експлуатації ОКЦИ-5М-5Н
		-	розрахунково
330	Діоксид сірки	газоаналізатор	інструкція по експлуатації ОКЦИ-5М-5Н
333	Сірководень	-	Розрахунково
337	Оксид вуглецю	газоаналізатор	інструкція по експлуатації ОКЦИ-5М-5Н
		-	розрахунково
410	Метан	-	розрахунково
602	Бензол	-	розрахунково
616	Ксилол	-	розрахунково
621	Толуол	-	розрахунково
2754	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉	-	розрахунково
2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом	гравіметричний	МВВ № 081/12-0161-05
		-	розрахунково
11812	Діоксид вуглецю	-	розрахунково
11815	Оксид діазоту	-	розрахунково
11816	Нмлос	-	розрахунково

Джерело: [7; 8; 9; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18]

ОЕКДМ-18 з ефективністю очистки 93,3 %.
Джерело викиду організоване.

Джерело 3 – Паливна. Джерело утворення забруднюючих речовин – твердо-паливний котел «КВ-Г-100» (P = 100 кВт). Призначення – обігрів адміністративного приміщення в опалювальний період. Фонд робочого часу установки – 4440 год/рік (24 год/день, 185 днів). Паливо – відходи деревини. Річна витрата палива – 120 т. Забруднюючі речовини, що утворюються при роботі установки: оксиди азоту (у перерахунку на діоксид); оксид вуглецю; речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом; парникові гази: метан, діоксид вуглецю, оксид діазоту, НМЛЮС. Джерело організоване.

Джерело 4 – Котельня. Джерело утворення забруднюючих речовин – твердопаливний котел «Е-1,0-0,9Р-3» (P = 1 МВт). Призначення – обігрів адміністративного, виробничих та побутових приміщень в опалювальний період та подача пару для консервного цеху влітку. Фонд робочого часу установки – 4800 год/рік (в опалювальний період – 24 год/день, 185 днів, у теплому пору – 8 год/день, 45 днів). Паливо – відходи деревини. Річна витрата палива – 420 т. Забруднюючі речовини, що утворюються при роботі установки: оксиди азоту (у перерахунку на діоксид); оксид вуглецю; речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом; парни-

кові гази: метан, діоксид вуглецю, оксид діазоту, НМЛОС. Джерело викиду організоване.

Джерело 5 – Столярний цех. Джерела утворення забруднюючих речовин – деревообробні верстати: прирізний, рейсмус-ний, торцювальний. Фонд робочого часу верстатів – 255 год/рік (255 днів, 1 год/день). У процесі роботи деревообробних верстатів в атмосферне повітря викидаються речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом. На верстатах протягом року переробляється 190 м³ деревини. Джерело викиду неорганізоване.

Джерело 6 – Кузня. Джерело утворення забруднюючих речовин – ковальське горно. Призначення – термічна обробка металів. Фонд робочого часу становить 104 год/рік (52 днів/рік, 2 год/день). Паливо – вугілля. Річна витрата палива – 1 т. Забруднюючі речовини, що утворюються при роботі установки: оксиди азоту (у перерахунку на діоксид); оксид вуглецю; діоксид сірки; речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом. Джерело викиду організоване.

Джерело 7 – Реммайстерня. Джерело утворення забруднюючих речовин – зварювальний апарат. Призначення – проведення зварювальних робіт для власних потреб підприємства. Фонд робочого часу – 1020 год/рік (4 год/день, 255 днів). Річна витрата електродів АНО-4 – 500 кг. У атмосферне повітря під час зварювання електродами АНО-4 виділяються забруднюючі речовини: заліза оксид; марганець та його сполуки. Джерело викиду неорганізоване.

Джерело 8 – Газова різка. Джерело утворення забруднюючих речовин – газова різка. Призначення – механічна обробка деталей. Продуктивність порізки – 10 м/год. Фонд робочого часу – 255 год/рік (1 год/день, 255 днів). У атмосферне повітря під час процесу порізки виділяються забруднюючі речовини: заліза оксид; марганець та його сполуки; оксиди азоту (у перерахунку на діоксид); оксид вуглецю. Джерело викиду неорганізоване.

Джерело 9 – Механічна дільниця. Джерела утворення забруднюючих речовин – металообробні верстати: токарний та заточний з абразивним кругом діаметром 250 мм. Призначення – механічна обробка деталей. Фонд робочого часу: токарного верстату – 1020 год/рік (4 год/день, 255 днів); заточного верстату – 52 год/рік (1 год/тиждень, 52 тижні). Річна витрата абразивних кругів – 3 шт. У

процесі роботи металообробних верстатів у атмосферне повітря викидаються речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом. Джерело викиду неорганізоване.

Джерело 10 – Наземний резервуар для зберігання дизельного палива. Джерело утворення забруднюючих речовин – наземний резервуар для зберігання дизельного палива 10 м³. За рік використовується 200 м³/рік дизельного палива. У атмосферне повітря під час зберігання дизпалива у резервуарі, виділяються: сірководень; бензол; вуглеводні граничні С₁₂–С₁₉. Фонд робочого часу зберігання дизпалива в резервуарі становить 8760 год/рік (365 днів, по 24 год/день). Джерело викиду організоване.

Джерело 11 – Наземний резервуар для зберігання бензину. Джерело утворення забруднюючих речовин – наземний резервуар для зберігання бензину 10 м³. За рік на підприємстві використовується 100 м³/рік бензину. У атмосферне повітря під час зберігання бензину в резервуарі, виділяються: бензол; ксилол; толуол; вуглеводні граничні С₁₂–С₁₉. Фонд робочого часу зберігання бензину в резервуарі становить 8760 год/рік (365 днів, по 24 год/день). Джерело викиду організоване.

Джерело 12 – Паливороздавальна колонка. Джерело утворення забруднюючих речовин – заправна колонка типу «ПРАЙМ» (1 пістолет на дизельне паливо). Потужність пістолета на видачу дизельного палива – 4,8 м³/год (80 л/хв). Джерелом викиду парів дизпалива є простір між заправним шлангом і горловиною бака автомобіля (автоцистерни, каністри). У атмосферне повітря під час процесу заправки автотранспорту дизельним паливом виділяються такі забруднюючі речовини: сірководень, бензол, вуглеводні граничні С₁₂–С₁₉. Фонд робочого часу заправляння автотранспорту дизельним паливом становить 42 год/рік. Джерело викиду неорганізоване.

Джерело 13 – Паливороздавальна колонка. Джерело утворення забруднюючих речовин – заправна колонка типу «ПРАЙМ» (1 пістолет на бензин). Потужність пістолета на видачу бензину – 3 м³/год (50 л/хв). Джерелом викиду парів бензину є простір між заправним шлангом і горловиною бака автомобіля (автоцистерни, каністри). У атмосферне повітря під час процесу заправки автотранспорту бензином з колонок виділяються: бензол, ксилол, толуол, вуглеводні граничні С₁₂–С₁₉. Фонд робочого часу заправляння автотранспорту

бензином становить 34 год/рік. Джерело викиду неорганізоване.

Джерело 14 – Консервний цех. Джерело утворення забруднюючих речовин – приміщення консервного цеху, де проводиться дезінфекція приміщення і обладнання рідким лужним розчином. Фонд робочого часу – 90 год/рік (2 год/день, 45 днів). Забруднююча речовина, що викидається в атмосферне повітря – гідроокис натрію. Джерело викиду організоване.

Джерело 15 – Рубальна машина УРМ-5. Джерело утворення забруднюючих речовин – рубальна машина УРМ-5. Призначення – подрібнення відходів деревини на тирсу. Фонд робочого часу установки – 765 год/рік (3 год/день, 255 днів). За рік переробляється 2500 м³ відходів деревини. Забруднюючі речовини, що утворюються при роботі установки: речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом. Джерело викиду неорганізоване.

Джерело 16 – Рубальна машина «ОЛНОВА». Джерело утворення забруднюючих речовин – рубальна машина «ОЛНОВА». Призначення – подрібнення відходів деревини на тирсу. Фонд робочого часу установки – 765 год/рік (3 год/день, 255 днів). За рік переробляється 2500 м³ відходів деревини. Забруднюючі речовини, що утворюються при роботі установки: речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом. Джерело викиду неорганізоване.

Річний фонд робочого часу устаткування і максимальна кількість одночасно функціонуючих джерел викидів визначена на основі аналізу технологічних процесів, коефіцієнтів завантаження устаткування, продуктивності окремих підрозділів підприємства і в залежності від кількості використаної сировини, матеріалів та палива.

Максимально разові (г/с) і валові викиди (т/рік) в атмосферне повітря організованих джерел викиду визначені на підставі аналізу результатів інструментальних замірів, аналітичних розрахунків, проектних даних та технологічних нормативів (табл. 2).

Максимально разові (г/с) і валові викиди (т/рік) в атмосферу неорганізованих джерел визначені розрахунковим методом за фактичним використанням нафтопродуктів. Результати розрахунків потужностей неорганізованих викидів представлені у табл. 3.

Види та обсяги забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами ДП «Колківське ЛГ» представлено у табл. 4.

Усього стаціонарними джерелами підприємства в атмосферне повітря викидається 736 т/рік забруднюючих речовин, із них небезпечними є 0,078 т/рік. На основі обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря об'єкт відноситься до 2 групи підприємств.

Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан забруднення атмосферного повітря здійснюється за даними результатів розрахунків розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі та даними, що одержані при проведенні інструментальних методів досліджень. Розрахунок концентрації в атмосферному повітрі забруднюючих речовин виконано програмним комплексом ЕОЛ+.

Алгоритми програми елементів комплексу реалізують «Методику розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які знаходяться у викидах підприємства ОНД-86».

Пошук несприятливих швидкостей вітру здійснюється програмою автоматично виходячи із заданих швидкостей. Розмір розрахункового майданчика прийнятий 1000 x 1000 м інтервал розрахункової сітки 50 x 50 м.

Для визначення необхідності проведення розрахунків розсіювання викидів шкідливих речовин в атмосферу, необхідно перевірити рівність згідно ОНД-86:

$$\frac{M}{ГДК} > \Phi \text{ при } \Phi = 0,1 \text{ при } \bar{H} < 10 \text{ м;}$$

$$\Phi = 0,01 \bar{H} \text{ при } \bar{H} > 10 \text{ м,}$$

де: М – сумарне значення викиду всіх джерел підприємства, г/с;

ГДК – максимально разова граничнодопустима концентрація, мг/м³;

\bar{H} – середньозважена по підприємству висота джерел викиду, м.

Для натрію гідроокису (натр їдкий, сода каустична), оксиду азоту (у перерахунку на діоксид), речовин у вигляді суспендованих частинок, недиференційованих за складом доцільно провести розсіювання.

Недоцільність проведення розрахунку розсіювання усіх інших речовин означає, що концентрація забруднюючих речовин в приземному шарі не перевищує 0,05 ГДК (п. 5.2. «ОНД-86»).

Таблиця 2

Максимально-разові та валові викиди в атмосферне повітря організованих джерел викиду
Table 2
Maximum one-time and gross emissions into the atmosphere from organized emission sources

Номер джерела викиду	Найменування джерела викиду	Код речовини	Найменування речовини	Максимально-разовий викид, г/с	Валовий викид, т/рік
1	Лісопереробний комплекс № 1	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,28	28,7
2	Лісопереробний комплекс № 2	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,32	19,7
3	Паливна	301	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид)	-	0,021
		337	Оксид вуглецю	-	0,22
		2902	Суспендовані частинки, недиференційовані за складом	-	0,018
		410	Метан	-	0,0074
		11812	Діоксид вуглецю	-	152
		11815	Оксид діазоту	-	0,0059
		18116	НМЛЮС	-	0,066
4	Котельня	301	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид)	-	0,13
		337	Оксид вуглецю	-	0,93
		2902	Суспендовані частинки, недиференц. за складом	-	0,064
		410	Метан	-	0,026
		11812	Діоксид вуглецю	-	531
		11815	Оксид діазоту	-	0,021
		18116	НМЛЮС	-	0,23
6	Труба (Кузня)	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,17	0,064
		337	Оксид вуглецю	0,092	0,034
		301	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид)	0,0059	0,0022
		05001 330	Сірки діоксид	0,17	0,063
10	Наземний резервуар для зберігання дизельного палива	05002 333	Сірководень	2,6E-08	8,2E-07
		11008 602	Бензол	1,4E-08	4,4E-07
		11000 2754	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉	9,3E-06	0,00029
11	Наземний резервуар для зберігання бензину	11008 602	Бензол	5,7E-06	0,00018
		11030 616	Ксилол	3,4E-06	0,00011
		11041 621	Толуол	5,5E-06	0,00017
		11000 2754	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉	0,0013	0,041
14	Вентвикид (Консервний цех)	150	Гідроокис натрію	0,0077	0,0025

Таблиця 3

Максимально-разові та валові викиди в атмосферне повітря неорганізованих джерел викиду

Table 3

Maximum one-time and gross emissions into the atmosphere from fugitive sources of emissions

Номер джерела викиду	Найменування джерела викиду	Код ЗР	Найменування забруднюючої речовини	Максимально-разовий викид, г/с	Валовий викид, т/рік
5	Столярний цех	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	0,013	0,02
		03000 2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	0,013	0,02
7	Реммайстерня	01000	Метали та їх сполуки, в т.ч.:	0,000831	
		01003 123	Заліза оксид (у перерахунку на залізо)	0,00075	0,0027
		01104 143	Манган та його сполуки у перерахунку на діоксид мангану	8,1E-5	0,00030
8	Газова різка	06000 337	Оксид вуглецю	0,0081	0,0074
		01000	Метали та їх сполуки, в т.ч.:	0,02475	0,022
		01003 123	Заліза оксид (у перерах. на залізо)	0,024	0,022
		01104 143	Манган та його сполуки в перерахунку на діоксид мангану	0,00075	0,00069
		04000	Сполуки азоту, в т.ч.:	0,0067	0,0062
		04001 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерах. на діоксид азоту	0,0067	0,0062
9	Механічна дільниця	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	0,029	0,012
		03000 2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	0,029	0,012
12	Паливороздавальна колонка	05000	Діоксид та інші сполуки сірки, в т.ч.:	0,00012	1,9E-05
		05002 333	Сірководень	0,00012	1,9E-05
		11000	Неметанові леткі органічні сполуки, в т.ч.:	0,044066	0,0067
		11000 2754	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	0,044	0,0067
		11008 602	Бензол	6,6E-5	1,0E-05
13	Паливороздавальна колонка	11000	Неметанові леткі органічні сполуки, в т.ч.:	0,036274	0,0044
		11000 2754	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	0,036	0,0044
		11008 602	Бензол	5,4E-5	6,6E-06
		11030 616	Ксилол	9E-5	1,1E-05
		11041 621	Толуол	0,00013	1,5E-05
15	Рубальна машина УРМ-5	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	0,5	1,38
		03000 2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	0,5	1,38

Продовження таблиці 3					
16	Рубальна машина ОЛНОВА	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	0,5	1,38
		03000 2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	0,5	1,38

Таблиця 4

Перелік видів та обсягів забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами

Table 4

The List of the types and volumes of the pollutants emitted into the atmospheric air by stationary sources

№ з/п	Забруднююча речовина		Фактичний обсяг викидів (т/рік)	Порогові значення потенційних викидів для взяття на державний облік (т/рік)
	Код	Найменування		
1	150	Натрію гідроокис (натр їдкий, сода каустична)	0,0025	
2	06000 337	Оксид вуглецю	1,1914	1,5
3	07000 11812	Вуглецю діоксид	683	500
4	12000 410	Метан	0,0334	10
	01000	Метали та їх сполуки, в т.ч.:	0,02569	
5	01003 123	Заліза оксид (в перерахунку на залізо)	0,0247	0,1
6	01104 143	Манган та його сполуки в перерахунку на діоксид мангану	0,00099	0,005
	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	51,338	3
7	03000 2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок(мікрочастинки,волокна)	51,338	3
	04000	Сполуки азоту, в т.ч.:	0,1863	
8	04001 301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,1594	1
9	04002 11815	Оксид азоту (N ₂ O)	0,0269	0,1
	05000	Діоксид та інші сполуки сірки, в т.ч.:	0,06301982	2
10	05001 330	Діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки	0,063	1,5
11	05002 333	Сірководень	1,982E-5	0,03
	11000	Неметанові леткі органічні сполуки, в т.ч.:	0,34889304	1,5
12	11000 2754	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	0,05239	1,5
13	11000 18116	Неметанові легкі органічні сполуки (НМЛОС)	0,296	1,5
14	11008 602	Бензол	0,00019704	0,05
15	11030 616	Ксилол	0,000121	0,9
16	11041 621	Толуол	0,000185	0,9
Усього			736,18920286	

Результати розрахунку приземних концентрацій з врахуванням забруднюючих речовин представлено на рис. 1–3.

Концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони розміром 100 м, становлять: оксиди азоту (у перерахунку на діоксид) 0,18 ГДК, суспендовані тверді частинки 0,55 ГДК, натрію гідроксид (натр їдкий, сода каустична) 0,10 ГДК.

Концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря на межі нормативної санітарно-захисної зони, розміром 100 метрів, з врахуванням фоновго забруднення становлять: оксиди азоту (у перерахунку на діоксид) 0,58 ГДК, суспендовані тверді частинки 0,95 ГДК, натрію гідроксид (натр їдкий, сода каустична) 0,50 ГДК.

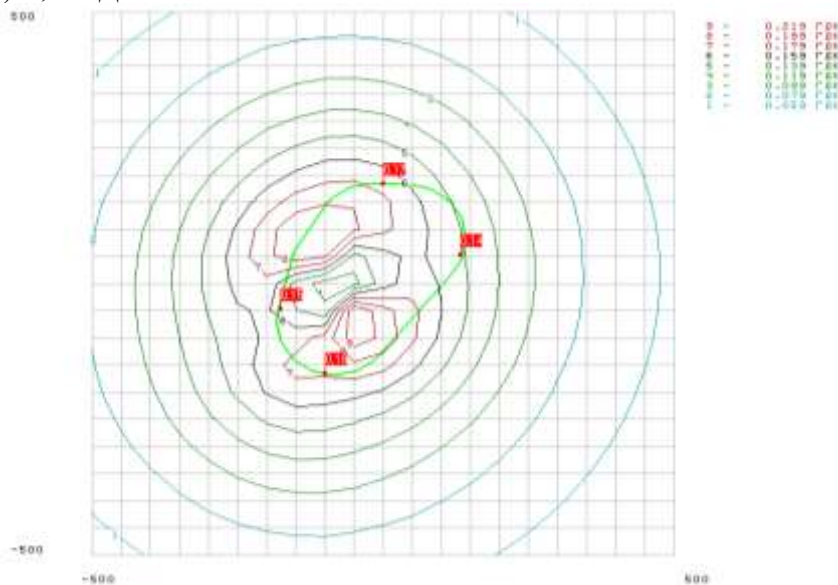


Рис. 1 – Концентрація оксидів азоту (оксиду та діоксиду азоту) в приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони

Fig. 1 – Concentration of nitrogen oxides (oxide and nitrogen dioxide) in the surface layer of the atmospheric air at the sanitary protection zone boundary

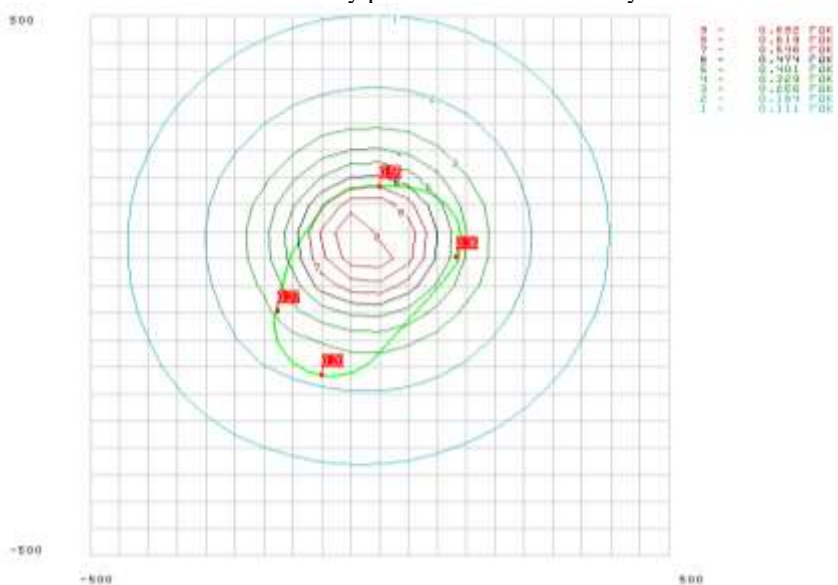


Рис. 2 – Концентрація речовин у вигляді суспендованих твердих частинок в приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони

Fig. 2 – Concentration of substances in the form of suspended solid particles in the surface layer of the atmospheric air at the sanitary protection zone boundary

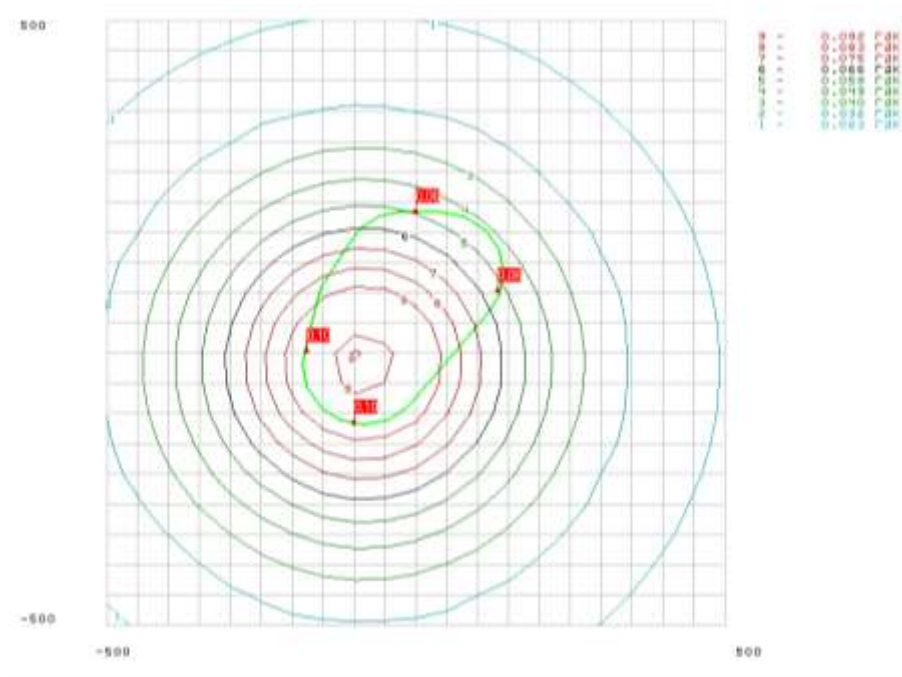


Рис. 3 – Концентрації натрію гідроксиду (натру їдкого, соди каустичної) в приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони

Fig.3 – Concentration of sodium hydroxide (sodium hydroxide, caustic soda) in the surface layer of atmospheric air at the sanitary protection zone boundary

Висновки

На період проведеного дослідження, концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, з врахуванням існуючого фонового забруднення, на межі нормативної санітарно-захисної зони не перевищують гігієнічних нормативів. Якість атмосферного повітря СЗЗ відповідає гранично допустимому вмісту забруднюючих речовин, при якому відсутній негативний вплив на здоров'я людини та на стан навколишнього природного середовища.

Загалом, відповідно до видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря, підприємство відноситься до другої групи об'єктів в залежності від ступеня впливу об'єкта на забруднення атмосферного повітря.

Враховуючи результати розрахунків, з метою контролю впливу викидів забрудню-

ючих речовин на атмосферне повітря, підприємству необхідно:

- розробити матеріали, у яких обґрунтовуються обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря;
- отримати дозвіл на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря для джерел викидів, виявлених в ході дослідження;
- дотримуватись виконання затвердженого технологічного регламенту виробництва;
- забезпечити безперебійну ефективну роботу і безпечну експлуатацію ГОУ, підтримувати у справному стані споруди, устаткування та апаратуру для очищення викидів;
- укласти договір із акредитованою лабораторією для проведення контролю за дотриманням нормативів ГДВ на джерелах викиду.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Література

1. Баскакова Л. В., Кравченко Н. Б., Сафонова О. О. Вплив діяльності Новокраматорського машинобудівного заводу на навколишнє природне середовище. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2017. № 17. С. 89–98. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2017-17-10>
2. Бінковська Г., Шаніна Т. Оцінка обсягів викидів парникових газів в системах поводження з сільськогосподарськими відходами Одеської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2016. № 14. С. 91–97. URL: <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/6340>
3. Гулай Л. Д., Караїм О. А., Синюк А. Ю. Екологічна оцінка стану атмосферного повітря у м. Нововолынськ. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2016. Вип. 14. С. 58–65. URL: <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/6337/5870>
4. Чугай А., Колісник А., Демяненко О., Романенко С. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря міст прибережної зони північно-західного Причорномор'я. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2016. № 13. С. 91–97. URL: <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/5540>
5. Чугай А. В., Чернякова О. І., Базика Ю. В. Аналіз техногенного навантаження на повітряний басейн окремих промислово-міських агломерацій Східної України (на прикладі міста Дніпро). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2018. № 19. С. 75–81. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2018-19-07>
6. КНД 211.2.3.014-95. «Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві». 10 с.
7. КНД 211.2.3.063-98. Метрологічне забезпечення. Відбір проб промислових викидів. 18 с.
8. ДСТУ 8725:2017. Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення швидкості та об'ємної витрати газопилових потоків. 50 с.
9. ДСТУ 8726:2017 Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення тиску та температури газопилових потоків. 19 с.
10. РД 52.04.59-85. Требования к точности контроля промышленных выбросов. Методические указания. 54 с.
11. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Ленинград, 1987. 68 с.
12. ГКД 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. 44 с.
13. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами, Український науковий центр технічної екології. Донецьк, 2004. Том I. 184 с.
14. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами, Український науковий центр технічної екології. Донецьк, 2004. Том II. 220 с.
15. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. 1985. 18 с.
16. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом). 1998. 67 с.
17. Показники емісії (питомі викиди) забруднюючих речовин від процесів електро-, газозварювання, наплавлювання, електро-, газорізання та напилення металів, розроблені Інститутом гігієни та медичної екології ім. О. М. Марзєєва АМН України та затверджені Мінекоресурсів України 11.01.2003 р. 15 с.
18. Сборник методик по расчету содержания загрязняющих веществ в выбросах неорганизованных источников загрязнения атмосферы. ОАО «УкрНТЭК». Донецк, 1994. 125 с.

References

1. Baskakova, L. V., Kravchenko, N. B. & Safonova, O. O. (2017). Influence of the Activity Of Novokramatorsk Machine-Building Plant on the Environment. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, (17), 89–98. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2017-17-10> (In Ukrainian)
2. Binkovska, G. V. & Shanina, T. P. (2016). An Estimation of Amount Greenhouse Gas Emissions in Agricultural Waste Treatment Systems in the Odessa Oblast. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, (14), 91–97. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/6340> (In Ukrainian)
3. Gulay, L. D., Karaim, O. A. & Sinyuk, A. Y. (2016). Ecological assessment of atmospheric air in Novovolynsk. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, (14), 58–65. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/6337/5870> (In Ukrainian)
4. Chugai, A., Kolisnyk, A., Demianenko O. & Romanenko S. (2016). Assessment of the Air Pollution Level of Coastal Zone Cities North Western Black Sea. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, (13), 91–97. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/5540> (In Ukrainian)

5. Chugai, A.V., Chernyakova, O. I. & Bazyka, Yu. V. (2018). Analysis of Technogenic Loading on the Air Basins of Individual Industrial and Municipal Agglomerations of Eastern Ukraine (Using Dnipro City as an Example). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, 19, 75–81. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2018-19-07> (In Ukrainian)
6. KND 211.2.3.014-95. «Instructions on the content and procedure for compiling a report on the inventory of pollutant emissions at the enterprise». (In Ukrainian)
7. KND 211.2.3.063-98. Metrological support. Sampling of industrial emissions. (In Ukrainian)
8. DSTU 8725: 2017. Air quality. Emissions from stationary sources. Methods for determining the speed and volume flow of gas and dust flows. (In Ukrainian)
9. DSTU 8726: 2017 Air quality. Emissions from stationary sources. Methods for determining the pressure and temperature of gas and dust flows. (In Ukrainian)
10. RD 52.04.59-85. Requirements for precision control of industrial emissions. Methodical instructions. (In Russian)
11. Methods for calculating concentrations in the air of harmful substances contained in the emissions of enterprises.(1987). Leningrad. (In Russian)
12. GKD 34.02.305-2002. Emissions of pollutants into the atmosphere from power plants.(2002). Method of determination. (In Ukrainian)
13. Collection of indicators of emissions (specific emissions) of pollutants into the atmosphere by various industries,(2004). Ukrainian Scientific Center for Technical Ecology. Donetsk, Volume I. (In Ukrainian)
14. Collection of indicators of emissions (specific emissions) of pollutants into the atmosphere by various industries, (2004). Ukrainian Scientific Center for Technical Ecology. Donetsk, Volume II. (In Ukrainian)
15. Methodical manual for calculating emissions from unorganized sources in the construction materials industry. (1985). (In Russian)
16. Methodology for conducting an inventory of emissions of pollutants into the atmosphere for motor transport enterprises (calculation method). (1998). (In Ukrainian)
17. Indicators of emissions (specific emissions) of pollutants from the processes of electric, gas welding, surfacing, electric, gas cutting and spraying of metals, developed by the Institute of Hygiene and Medical Ecology. OM Marzeeva, Academy of Medical Sciences of Ukraine and approved by the Ministry of Energy of Ukraine on January 11, (2003). (In Ukrainian)
18. Collection of methods for calculating the content of pollutants in the emissions of unorganized sources of air pollution. (1994). OJSC UkrNTEK. Donetsk, (In Ukrainian)

Отримана 23.12.2020

Переглянуто 25.02.2021

Прийнята до друку 22.04.2021

УДК (UDC): 630, 551.5:504.54

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-07>

Л. Ф. ЧОРНОГОР¹, д-р фіз.-мат. наук, проф., А. Н. НЕКОС¹, д-р геогр. наук, проф.,
Г. В. ТІТЕНКО¹, канд. геогр. наук, доц., Л. Л. ЧОРНОГОР¹
¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи 6, 61022, м. Харків, Україна

e-mail: Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua
alnekos999@gmail.com
titenko@karazin.ua
Leonid.L.Chernogor@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5777-2392>
<https://orcid.org/0000-0003-1852-0234>
<http://orcid.org/0000-0002-8477-0672>
<https://orcid.org/0000-0001-5777-2392>

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ НАВЕСНІ – ВЛІТКУ – ВОСЕНИ 2020 р.

Мета. Аналіз і оцінка кількісних показників екологічних наслідків великомасштабних лісових пожеж в Україні навесні – влітку – восени 2020 р., які мали місце переважно у Київській, Житомирській, Луганській і Харківській областях.

Методи. Аналіз інформації, теоретико-розрахункові, математичне моделювання, системний аналіз.

Результати. Продемонстровано, що великомасштабні лісові пожежі в Україні навесні – влітку – восени 2020 р. мали дуже значні екологічні наслідки. Суттєво постраждали екосистеми на території площі понад 23200 га. Втрачено близько 2 Мт деревини. Установлено, що в атмосферу викинуто до 1 Мт диму та біля 7 кт сажі, що перевищило середній фоновий вміст цих речовин в атмосфері над всією територією України в 15,5 та більше ніж в 10 раз відповідно. Значними були викиди чадного газу (понад 230 кт), вуглеводнів (до 0,1 Мт), двоокису вуглецю (до 5,2 Мт). Істотними були викиди інших хімічних елементів (від десятків – сотень кілотонн для азоту до десятків – сотень кілограм для важких хімічних елементів). До атмосфери надійшло понад 20 ПДж теплової енергії, що еквівалентно енергії вибуху 5-мегатонної бомби. Середня потужність горіння перевищувала 46 ГВт, що можна порівняти з потужністю всіх видів енергії, яку споживає Україна (близько 150 ГВт). До атмосфери надійшло близько 70 ТДж енергії акустичного випромінювання, що вдвічі перевищило її середній фоновий вміст в атмосфері над усією територією України. Значна частина цієї енергії припадала на шкідливий для біосфери (людини) інфразвуковий діапазон. Екологічні наслідки великомасштабних лісових пожеж 2020 р. для України стали рекордними. Точніше, мова йде про своєрідний антирекорд.

Висновки. Показано, що екологічні наслідки були рекордними, точніше антирекордними. Для повного відновлення лісових масивів потрібен інтервал часу від 10 до 100 років.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: великомасштабні лісові пожежі, екологічні наслідки, викиди продуктів горіння, викиди тепла, енергетика акустичного випромінювання

Chernogor L. F.¹, Nekos A. N.¹, Titenko G. V.¹, Chornohor L. L.¹

¹V. N. Karazin Kharkiv National University, Svoboda Square, 6, 61022, Kharkiv, Ukraine

ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF LARGE-SCALE FOREST FIRES IN UKRAINE IN SPRING – SUMMER – AUTUMN 2020

Purpose of the study is analysis and assessment of quantitative indexes of the environmental consequences of large-scale forest fires in Ukraine in spring – summer – autumn 2020, which took place mainly in Kyiv, Zhytomyr, Lugansk and Kharkiv regions.

Methods. Information analysis, theoretical and computational, numerical simulation, system analysis.

Results. The large-scale forest fires in Ukraine in spring – summer – autumn 2020 had very significant environmental consequences was demonstrated. Ecosystems on an area of more than 23,200 hectares have been significantly affected. About 2 Mt of timber was lost. It was found that up to 1 Mt of smoke and about 7 kt

© Чорногор Л. Ф., Некос А. Н., Тітенко Г. В., Чорногор Л. Л., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

of soot was emitted into the atmosphere, which is 15,5 times higher and more than 10 times higher than its average background content in the atmosphere over the entire territory of Ukraine. The emissions of carbon monoxide (over 230 kt), hydrocarbons (up to 0,1 Mt), and carbon dioxide (5,2 Mt) were significant. Emissions of other chemical elements (from tens and hundreds kilotons for nitrogen to tens and hundreds of kilograms for heavy chemical elements) were significant. More than 20 PJ of thermal energy entered the atmosphere, which is equivalent to the explosion energy of a 5-megaton bomb. The average combustion power exceeded 46 GW, which is comparable to the power of all types of energy consumed by Ukraine (about 150 GW). About 70 TJ of acoustic radiation energy entered the atmosphere, which doubled its average background content in the atmosphere over the entire territory of Ukraine. A significant part of this energy fell on the infrasonic range, which was harmful to the biosphere (man). The ecological consequences of large-scale forest fires in 2020 for Ukraine have become record-breaking. More precisely, we are talking about a kind of anti-record.

Conclusions. The environmental consequences were record-breaking, or rather anti-record, is shown. Full restoration of forest areas requires a time interval equal of 10 to 100 years.

KEYWORDS: large-scale forest fires, environmental consequences, emissions of combustion products, heat emissions, energy of acoustic radiation

Черногор Л. Ф.¹, Некос А. Н.¹, Титенко А. В.¹, Черногор Л. Л.¹

¹Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, площадь Свободы, 6, г. Харьков, Украина, 61022

ЕКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В УКРАИНЕ ВЕСНОЙ – ЛЕТОМ – ОСЕНЬЮ 2020 г.

Цель. Анализ и оценка количественных показателей экологических последствий крупномасштабных лесных пожаров в Украине весной – летом – осенью 2020 г., которые имели место преимущественно в Киевской, Житомирской, Луганской и Харьковской областях.

Методы. Анализ информации, теоретико-расчетные, численное моделирование, системный анализ.

Результаты. Продемонстрировано, что крупномасштабные лесные пожары в Украине весной – летом – осенью 2020 г. имели весьма значительные экологические последствия. Существенно пострадали экосистемы на территории площадью более 23200 га. Потеряно около 2 Мт древесины. Установлено, что в атмосферу выброшено до 1 Мт дыма и около 7 кт сажи, что превысило среднее фоновое содержание этих веществ в атмосфере над всей территории Украины в 15,5 и более чем в 10 раз соответственно. Значительными были выбросы угарного газа (более 230 кт), углеводородов (до 0,1 Мт), двуокиси углерода (5,2 Мт). Существенными были выбросы других химических элементов (от десятков – сотен кило тонн для азота до десятков – сотен килограмм для тяжелых химических элементов). В атмосферу поступило более 20 ПДж тепловой энергии, что эквивалентно энергии взрыва 5-мегатонной бомбы. Средняя мощность горения превышала 46 ГВт, что сопоставимо с мощностью всех видов энергии, потребляемой Украиной (около 150 ГВт). В атмосферу поступило около 70 ТДж энергии акустического излучения, что вдвое превысило ее среднее фоновое содержание в атмосфере над всей территорией Украины. Значительная часть этой энергии приходилась на вредный для биосферы (человека) инфразвуковой диапазон. Экологические последствия крупномасштабных лесных пожаров 2020 г. для Украины стали рекордными. Точнее, речь идет о своеобразном антирекорде.

Выводы. Показано, что экологические последствия были рекордными, точнее антирекордными. Для полного восстановления лесных массивов нужен интервал времени от 10 до 100 лет.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: крупномасштабные лесные пожары, экологические последствия, выбросы продуктов горения, выбросы тепла, энергетика акустического излучения

Вступ

Проблема великомасштабних лісових пожеж має велике соціальне, економічне та екологічне значення. Під час лісових пожеж страждають усі складові екогеосистем: атмосфера, літосфера, ґрунтовий покрив, гідросфера, флора та фауна, населення та біосфера в цілому. Одним із перших дослідників впливу пожеж на ліси був Мелехов І. С. [1]. Основоположні роботи щодо впливу пожеж на лісові масиви були виконані у другій

половині ХХ століття [2–10]. Значна частина досліджень, пов'язаних із лісовими пожежами, виконана у колишньому СРСР/Росії [11–22]. Це обумовлено тим, що площа лісів у колишньому СРСР складала 1,2 млрд. га, а в Росії – 0,76 млрд га [15, 16]. Щорічно в Росії лісові пожежі знищують до 10 млн га, тобто близько 1%, лісів. Визначний вклад в дослідження лісових пожеж та їх впливів на довкілля в Росії внесли Андрєєв Ю. А. [14], Воробйов

Ю. Л. [15], Гришин А. М. [6–9, 16], Ісаєва Л. К. [11, 12], в Україні – Буц Ю. В. [23–25], Кузик А. Д. [26, 27], Ліщина В. О. [28], Некос В. Ю. [29], в світі – Sparr H. S. [3], Komarek E. V. [4], Boer M. M. [30], Khabarov N. [31], Silva S. [32], Dhall A. [33], Randerson I. T. et al. [34] та багато інших.

Ісаєва Л. К. є фундатором нового наукового напрямку, який полягає в систематичному вивченні екологічних аспектів пожеж, які дозволяють оцінювати ризики та прогнозувати майбутні ризики та небезпеки, обумовлені пожежами, які мають за мету підвищення рівня захисту людей і територій [11, 12]. Автор за допомогою розрахунково-аналітичних і експериментальних методів оцінила вплив екологічних наслідків пожеж на довкілля.

Гришин А. М. заснував науковий напрямок, пов'язаний із фізикою лісових пожеж і їх математичним моделюванням [6–9, 16].

Буц Ю. В. у багатьох публікаціях обґрунтував теоретично-методологічні оцінки техногенного ризику пірогенного походження та ймовірність ураження пожежами екогеосистем [23–25]. Автор розглядав чинники, прояви та наслідки постпірогенної релаксації екогеосистем, описав на конкретних прикладах постпірогенну релаксацію, сформулював рекомендації щодо екологічно безпечного управління процесами постпірогенної релаксації екогеосистем.

Причини виникнення та наслідки лісових пожеж теоретичними та експериментальними методами досліджуються досить давно [20, 21, 23]. При цьому основна увага приділяється прогнозуванню та запобіганню лісових пожеж [21], математичному моделюванню лісових пожеж, а також механізму виникнення верхових пожеж [10, 11, 13, 19, 26].

У цій роботі лише розглянемо екологічні аспекти дослідження великомасштабних лісових пожеж. Попередні результати досліджень авторів на цю тему опубліковано в [35, 36].

Актуальність цієї теми полягає у наступному. Людство живе в епоху глобального потепління. Причинами глобального потеп-

ління є зростання чисельності населення, подальший техногенний вплив, який супроводжується викидами в атмосферу тепла, шкідливих речовин, газів і, зокрема, вуглекислого газу. Збільшення маси останнього призводить до активізації процесу, іменованого парниковим ефектом.

Глобальне потепління супроводжується як суттєвими змінами клімату на планеті, так і особливостями змін погодних умов у регіонах. Глобальне потепління значною мірою впливає і на погодно-кліматичні зміни в Україні. Збільшення температури всього на 1°C призводить до виникнення у середньому 240 нових осередків пожеж [25]. В останні роки середня температура у весняно – літньо – осінній періоди збільшилася на 4–5°C. При цьому різко зменшилася кількість опадів. Так, зима 2019–2020 рр. в Україні була практично безсніжною; весна, більша частина літа та перша половина осені в центральній, східній і південній частинах України відрізнялися відсутністю рясних дощів. Однак, від сильних дощів часом страждала західна частина України.

Підвищення температури та зменшення кількості опадів призвело до негативних наслідків. Вже на початку квітня 2020 р. виникли перші сильні та тривалі пожежі в Київській і Житомирській областях, включаючи і Чорнобильську зону. На початку вересня 2020 р. загорілися лісові масиви в Харківській і Луганській областях. Однак найбільші пожежі відзначалися в Луганській області з 30 вересня до 5–7 жовтня 2020 р.

Слід зауважити, що великомасштабні лісові пожежі в Україні призвели до серйозних екологічних наслідків. Проте оцінка кількісних показників екологічних наслідків пожеж в Україні навесні – влітку – восени 2020 р. у наукових публікаціях майже відсутня.

Мета роботи – аналіз і оцінка кількісних показників екологічних наслідків великомасштабних лісових пожеж в Україні навесні – влітку – восени 2020 р.

Методи

Вихідні дані для цього дослідження щодо характеристик пожеж (такі як розташування великомасштабної лісової пожежі, час її існування, уражені площі, засоби гасіння пожежі тощо) запозичені з офіційних даних мережі Internet [37–44].

Для дослідження екологічних наслідків великомасштабних лісових пожеж в Україні використовувалися такі методи: аналіз інформації, теоретичні розрахунки, математичне моделювання та системний аналіз усього комплексу ефектів. Моделюванню підлягали

кількісні показники енергії та потужності пожеж (теплова енергія та потужність), процесів викидів маси диму, сажі, чадного газу, вуглекислоти, азоту, важких хімічних елементів, енергія та потужність інфразвукового випромінювання.

Методика аналізу екологічних наслідків великомасштабних пожеж розроблялася рядом авторів [45–50]. Найбільш повно методика описана у публікаціях [49, 50], яка і була використана авторами цієї роботи.

Енергія пожежі оцінювалася за питомою (на одиницю площі) масою горючих речовин та площею пожежі. Орієнтовні значення питомої маси представлено в табл. 1.

Для спрощення розрахунків обрано середню для лісостепової зони України питому масу горючих матеріалів, що дорівнює 10 кг/м².

Згідно з [49, 50], з урахуванням неповного згоряння за масою горючих матеріалів

Таблиця 1

Питома маса горючих матеріалів
Specific mass of combustible materials

Table 1

Матеріал	Ліс	Кущі	Трави
Питома маса, кг/м ²	20–60	2–5	0,5–1,5

оцінювалася маса вуглекислоти (газу CO₂), що дорівнює 2,25 масам горючих матеріалів. Маса СО становить близько 10% від маси згорілих матеріалів. Маса сажі (С) складає близько 0,3% від маси згорілих матеріалів. Маса диму близька до 4% від маси

матеріалів [49, 50]. Маса вуглеводнів досягає 40% від маси згорілих матеріалів. Енергія акустичного випромінювання становить 0,3% від енергії пожежі. Аналогічне співвідношення має місце і для потужностей цих процесів [49, 50].

Результати первинного аналізу стану лісових пожеж

Спочатку опишемо стан великомасштабних лісових пожеж, необхідний для подальшого математичного моделювання їх екологічних наслідків.

Лісові пожежі на Київщині та Житомирщині у квітні – травні 2020 р. Пожежі тривали з 4 квітня по 3 травня 2020 р. (рис. 1). Площа лісу, пройдена пожежею, складала приблизно 2700 га. Пожежа виникла 4 квітня 2020 р. в зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Був сильний вітер, пожежа стала верховою. Швидкість поширення таких пожеж досягає 8–16 м/с. Вогонь поширився на чотири лісництва. Пожежу в зоні відчуження гасили 15 діб. 16 квітня виникли нові осередки. Пожежу гасили 1202 людини, було залучено 289 одиниць техніки, в тому числі 2 літаки АН-32П, 4 вертольоти. Скинуто було понад 268 т води [37]. Радіаційний фон, на щастя, залишався в межах норми. Постраждало під час пожежі 5% території Чорнобильського заповідника.

Не менш масштабними й пожежі в Житомирській області. Виникло дев'ять осередків. Вогнем знищено 39 будівель. У

гасінні пожежі брало участь 960 осіб, 156 одиниць техніки, 3 літаки АН-32П [38].

Через пожежі рівень забруднення повітря продуктами горіння у Києві та околицях на деякий час став найвищим у світі [39].

Лісові пожежі на Харківщині. Пожежі почалися 2 вересня 2020 р. Спочатку горів хвойний ліс на площі 80 га (рис. 2). Загальна площа, охоплена пожежами, становила близько 500 га, з них на 100 га спостерігалася верхова пожежа. В результаті пожеж знищено 22 будинки, евакуйовано 33 людини. Повністю згоріло село Вороб'ївка Дворічанського району. У гасінні пожежі брало участь 215 осіб, 49 одиниць техніки, в тому числі 2 пожежних літаки та 1 вертоліт. Висота полум'я сягала 40–50 м. Швидкість вітру була близько 15 м/с [40].

Вогонь знищив ділянку повітряних ліній (ЛЕП, лінії радіомовлення та телеграфу) протяжністю 1 км і 20 опор. Без світла залишилися 70 споживачів.

2 вересня 2020 р. великомасштабна пожежа була зафіксована також у Чугуївському районі. Вигорів ліс площею 30 га. У гасінні



a)



б)

Рис. 1 – Пожежі у: а) – Житомирській області
б) – Київській області у 2020 р. [<https://u.to/rvk0Gw>]
Fig. 1 – Zhytomyr region (a) and Kyiv region (b) fires in 2020
[Available from: <https://u.to/rvk0Gw>]



Рис. 2 – Пожежі у Харківській області у 2020 р. [<https://u.to/OPw0Gw>]
Fig. 2 – Kharkiv region fires in 2020 [Available from: <https://u.to/OPw0Gw>]

пожежі приймало участь 211 осіб, 19 одиниць техніки. Тільки за одну добу (23 вересня 2020 р.) на Харківщині відзначено 40 пожеж у різних типах екосистем. Загалом вигоріло понад 22 га лісів [41, 42].

Лісові пожежі на Луганщині. Пожежі на Луганщині розпочалися одночасно з пожежами на Харківщині. Уже в перші дні загинула 1 людина, а ще 2 людини потрапили в лікарню з опіками. Горів хвойний ліс площею 80 га (рис. 3). Однак справжня катастрофа розпочалася на Луганщині 30 вересня 2020 р. Пожежа тривала зі змінною інтенсивністю всю першу декаду жовтня. Так, на 7 жовтня вдалося загасити 9 осередків з 10 [43]. За перші три доби вогонь пройшов близько 20 тис. га лісу.



Рис. 3 – Пожежі в Луганській області у 2020 р.
[\[https://u.to/a-w0Gw\]](https://u.to/a-w0Gw)



Fig. 3 – Lugansk region fires
Retrieved from: <https://u.to/a-w0Gw>

Результати аналізу екологічних наслідків пожеж

Наведемо результати оцінки екологічних наслідків великомасштабних пожеж окремо для кожної події. Результати розрахунків маси згорілих матеріалів, викидів продуктів горіння, енергії та потужності горіння, а також енергії та потужності акустичного випромінювання наведено в табл. 2.

Аналіз даних табл. 2 показав, що екологічні наслідки великомасштабних пожеж в Україні в 2020 р. були дуже значними. Пожежі охопили територію в 23200 га, зайняту переважно лісом, тобто 0,2% площі всіх лісів України. Було знищено сотні кілотонн деревини.

Добре відомо, що природне відновлення лісових ділянок відбувається по-різному та з різною швидкістю. Якщо пожежею були пошкоджені або знищені лише надземні

частини кущів, то за 2–3 роки відновиться чагарниковий ярус.

Після пожежі самовідновлюватися можуть скоріше за всі інші породи береза та осика. Лісовідновлення переважно є наслідком самосіву насіння, перенесеного з уцілених на згарищах дерев. При неповному згорянні підстилки частина насіння сосни зберігає схожість і утворює самосів. Трав'яна рослинність з'являється через 1–2 роки. Загалом, природне відновлення лісових порід може бути помітним через 2–3 роки [24].

Внаслідок масштабних пожеж на значних площах України сильно постраждали екосистеми різного ієрархічного рівня. До атмосфери потрапили десятки–сотні кілотонн диму, що в тисячі разів перевищило вміст диму над відповідними площами до.

Таблиця 2

Параметри екологічних наслідків великомасштабних пожеж
у деяких регіонах України

Table 2

The ecological consequences parameters of large-scale fires
at some Ukraine's region

Параметр	Київщина, Житомирщина	Харківщина	Луганщина	Фонове значення над Україною	Відносне збільшення, %
Площа, га	2700	500	20000	–	–
Маса згорілих матеріалів, Мт	0,27	0,05	2	–	–
Маса диму, кг	108	20	800	6	1550
Маса CO ₂ , Мт	0,61	0,11	4,5	2760	0,19
Маса CO, кг	27	5	200	600	39
Маса С, кг	0,8	0,15	6	0,6	1160
Вуглеводні, кг	10,8	2	80	6000	1,6
Енерговиділення, ПДж	2,7	0,5	20	–	–
Середня тривалість, діб	30	5	5	–	–
Середня потужність, ГВт	1	1,16	46,3	–	–
Акустична енергія, ТДж	8,1	1,5	60	35	200
Акустична потужність, МВт	3	3,5	139	400	36,4

пожеж. Під дією вітру дим та інші продукти горіння розповсюдились на значній території (за добу приблизно на 1000 км). У результаті вміст диму у повітрі перевищив фонове значення над усією територією України в 15,5 разів. Концентрація вуглецю (сажі) перевищила фонове значення над усією територією України більше ніж в 10 разів.

Важливо, що сажа з атмосфери вимивається дощами. Маса чадного газу (CO) перевищила фонове значення над усією територією України більше ніж на 39%, а маса вуглекислого газу (CO₂) – на 0,19%. Маса вуглеводнів перевищила фонове значення над усією територією України на 1,6%. Істотними були викиди й інших хімічних елементів (табл. 3).

Таблиця 3

Маса хімічних елементів, емітованих при лісових пожежах в Україні в 2020 р.

Table 3

Chemical elements mass which emitted during forest fires at Ukraine in 2020

Хімічний елемент	N	K	Ca	Fe	Zn	Cr	Br	Mn	Pb	Rb, Sr, Se
Масові характеристики										
μ , кг/км ² *	10 ⁵ –10 ⁶	2–12	4–8	0,6– 3,7	0,07– 0,87	0,14– 0,65	0,07– 0,23	0,01– 0,29	0,04– 0,08	0,02– 0,05
m_1 , кг	2,7×10 ⁶ – 2,7×10 ⁷	54– 324	108– 216	16,2– 99,9	1,9– 23,5	3,8– 17,6	1,9– 6,2	0,27– 7,8	1,1– 2,2	0,5– 1,4
m_2 , кг	5×10 ⁵ – 5×10 ⁶	10– 60	40– 80	3– 18,5	0,4– 4,4	0,4– 3,3	0,4– 1,2	0,05– 1,5	0,2– 0,4	0,1– 0,25
m_3 , кг	2×10 ⁷ – 2×10 ⁸	400– 2400	800– 1600	120– 740	14– 174	28– 130	14– 46	2–58	8–16	4–10
m , кг	2,3×10 ⁷ – 2,3×10 ⁸	464– 784	948– 1896	139– 859	16,3– 202	32,2– 151	16,3– 53,4	2,3– 67,3	9,3– 19,2	4,6– 11,7

* (μ – питома маса, m_1 , m_2 , m_3 і m – маси для Київщини та Житомирщини, Харківщини, Луганщини та їхня сума)

* (μ - specific weight, m_1 , m_2 , m_3 and m – masses for Kyiv and Zhytomyr, Kharkiv, Luhansk and their sum)

При побудові табл. 3 використовувалася діапазон значень питомої маси, тобто маси, віднесеної до одного квадратного метра, хімічних елементів μ , яка залежить від типу лісу, виду дерев, підстилаючої поверхні і т.п. Цей діапазон встановлений на підставі узагальнення опублікованих даних для різних лісових пожеж [15, 16, 17, 24].

Результати, наведені у табл. 3, показують, що маса азоту досягала десятків – сотень кілотонн, десятками – сотнями кілограм обчислювалися викиди K, Ca, Fe, Zn та Cr. Помітно меншими були викиди Br, Mn, Pb, Rb, Sr та Se.

Розрахунки показали, що дуже значним був акустичний ефект, який негативно вплинув на жителів навколишніх населених пунктів. Енергія акустичних коливань удвічі перевищувала фонове значення над усією територією України, а на околицях пожежі це перевищення становило близько 2000 разів. Дуже важливо, що 1–10% від енергії акустичних коливань припадає на енергію інфразвуку (частоти менше 20 Гц). Як відомо, інфразвук не сприймається безпосередньо вухами, але при цьому діє на всі органи людини, викликаючи страх, паніку та навіть психічні розлади.

Висновки

Лісові пожежі в Україні навесні – влітку – восени 2020 р. мали дуже значні екологічні наслідки. Постраждали екосистеми на території площею понад 23200 га. Втрачено близько 2 Мт деревини.

В атмосферу надійшло до 1 Мт диму, що в 15,5 разів перевищило його середній фоновий вміст в атмосфері над усією територією України. В процесі горіння до атмосфери потрапило близько 7 кт сажі, що більш ніж у 10 разів перевищило її середній фоновий вміст в атмосфері над усією Україною. Значними були викиди чадного газу (понад 230 кт), вуглеводнів (до 0,1 Мт), двоокису вуглецю (до 5,2 Мт). Істотними були викиди інших хімічних елементів (від одиниць кілотонн до одиниць кілограм).

До атмосфери надійшло понад 20 ПДж теплової енергії, що еквівалентно енергії вибуху 5-мегатонної бомби. Середня потужність горіння перевищувала 46 ГВт, що можна порівняти з потужністю всіх видів енергії, яку споживає Україна (близько 150 ГВт).

До атмосфери надійшло близько 70 ТДж енергії акустичного випромінювання, що вдвічі перевищило її середній фоновий вміст в атмосфері над усією територією України. Значна частина цієї енергії припадала на шкідливий для біосфери (людини) інфразвуковий діапазон.

Екологічні наслідки великомасштабних лісових пожеж 2020 р. для України стали рекордними, а точніше антирекордними.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Література

1. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. Ленинград: Гослестехиздат, 1948. 126 с.
2. Курбатский Н. П. Проблема лесных пожаров. В кн.: *Возникновение лесных пожаров*. Москва: Наука, 1964. С. 5–60.
3. Sparr H. S. Forest ecology. N. Y., 1964. 541 p.
4. Komarek E. V. 8 – Effects of Fire on Temperate Forests and Related Ecosystems: Southeastern United States / in book *Fire and ecosystems*. (Kozlowski T. T.) New York–San Francisco–London: Academic Press, 1974. P. 251–277. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-424255-5.50013-4>
5. Доррер Г. А. Математические модели динамики лесных пожаров. М.: Лесная пром-сть, 1979. 160 с.
6. Гришин А. М. Математические модели лесных пожаров. Монография. Томск: Изд-во Томского университета, 1981. 278 с.
7. Гришин А. М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / Отв. ред. В. В. Пененко. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. 408 с.

8. Гришин А. М. Физика лесных пожаров. Изд-во: Томск: ТГУ, 1994. 218 с.
9. Гришин А. М. Общая математическая модель лесных пожаров и ее приложения. *Физика горения и взрыва*. 1996. Т. 32, №5. С. 35–54.
10. Свириденко В. Є. Лісова пірологія. К.: Агропромвидав України, 1999. 172 с.
11. Исаева Л. К. Экологические последствия пожаров: дис. ... д-ра техн. наук. Москва: Академия государственной противопожарной службы МВД России, 2001. 108 с.
12. Исаева Л. К. Пожары и окружающая среда. М.: Изд. Дом «Калан». 2001. 222 с.
13. Кондратьева Л. М. Многофакторность воздействия лесных пожаров на компоненты биосферы. Охрана лесов от пожаров в современных условиях. Хабаровск: Изд-во КПБ, 2002. С. 236–241.
14. Андреев Ю. А. Влияние антропогенных и природных факторов на возникновение пожаров в лесах и населённых пунктах: дис. ... д-ра техн. наук. Москва: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. 333 с.
15. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы. Под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. Москва: МЧС России, ДЭКС-ПРЕСС, 2004. 312 с.
16. Гришин А. М., Петрин С. В., Петрина Л. С. Моделирование и прогноз катастроф. Ч. 3. Томск: Изд-во ТГУ, 2006. 575 с.
17. Бурасов Д. М. Математическое моделирование низовых, лесных и степных пожаров и их экологических последствий: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Томск: ТГУ, 2006. 182 с.
18. Соловьев С. В. Экологические последствия лесных и торфяных пожаров: дис. ... канд. техн. наук. Москва: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2006. 222 с.
19. Доррер, Г. Динамика лесных пожаров: монография. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2008. 404 с.
20. Гармышев В., Зырянов В., Матюшин В. Экологические последствия лесных пожаров на территории Иркутской области: монография. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2009. 145 с.
21. Коморовский В. Контроль и прогнозирование параметров крупных лесных пожаров как динамических процессов на поверхности Земли: дис. ... канд. техн. наук. Красноярск: Сибирский государственный технологический университет, 2010. 154 с.
22. Перминов В. Математическое моделирование возникновения верховных и массовых лесных пожаров: дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Томск: Томский государственный университет. 2010. 282 с.
23. Буц Ю. В. Про математичне моделювання пожеж в природних екосистемах. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2012. №3–4. С. 17–22.
URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/896/681>
24. Буц Ю. В., Ластков Д.О., Васенко А.Г. Современное состояние проблемы влияния пожаров на геосистемы различных природных зон территории Украины. *Научно-методические и прикладные аспекты экологизации: Монография*. Под общ. ред. И. Ю. Швеца. Симферополь: ДИАЙПИ, 2013. С. 7–30.
25. Буц Ю. В. Науково-методологічні основи релаксії екогеосистем при техногенному навантаженні пірогенного походження: дис. ... д-ра техн. наук. Суми: СумДУ, 2020. 399 с.
26. Кузик А. Д. Лісові пожежі та їх екологічні аспекти. *Вісник ЛДУ БЖД*. Львів. 2010. № 4. С. 124–128.
27. Кузик А.Д. Математичне моделювання пожежної небезпеки лісів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21.16. С. 104–112.
28. Ліщина В. О. Математичне моделювання виникнення та розповсюдження лісових пожеж: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.05.03. Київ: Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», 2011. 22 с.
29. Некос В.Ю. Проблема впливу пожеж на стан рослинного покриву. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. Харків. № 1–2, 2008. С. 21–25.
30. Boer M. M., Resco de Dios V., Bradstock R.A. Unprecedented burn area of Australian mega forest fires. *Nature Climate Change*. 2020. Vol. 10. Pp. 171–172. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0716-1>
31. Khabarov N., Krasovskii A., Obersteiner M., Swart R., Dosio A., San-Miguel-Ayanz J., Durrant T., Camia A., Migliavacca M. Forest fires and adaptation options in Europe. *Regional Environmental Change*. 2016. Vol. 16. Pp. 21–30. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0621-0>
32. Silva S., Fearnside P., Graça P., Brown I., Alencar A., Melo A. Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon. *Forest Ecology and Management*. 2018. Vol. 424. Pp. 312–322. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.041>
33. Dhall A., Dhasade A., Nalwade A., V. K M. R., Kulkarni V. A survey on systematic approaches in managing forest fires. *Applied Geography*. 2020. Vol. 121. Article No. 102266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102266>
34. Randerson J. T., Chen Y., van der Werf G. R., Rogers B. M., Morton D. C. Global burned area and biomass burning emissions from small fires. *J. Geophys. Res.* 2012. Vol. 117, Is. G4. Article no. G04012. DOI: <https://doi.org/10.1029/2012JG002128>

35. Титенко А. Черногор Л., мл. Экологические последствия крупномасштабных лесных пожаров в Украине весной–осенью 2020 г. Л. *Охорона довкілля: зб. наук. статей XVI Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. С.164–166.
36. Черногор Л., мол. Екологічні наслідки великомасштабних лісових пожеж в Україні у 2020 р. Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: матеріали VIII міжнар. наук. конф. молодих вчених. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. С. 33–35.
37. Пожежа в Чорнобильській зоні поширилася на територію понад 100 гектарів. (2020). URL: <https://www.rbc.ua/ukr/news/pozhar-chernobylskoy-zone-rasprostranilsya-1586073354.html> (дата звернення: 20.04.2021).
38. Пожежі на Житомирщині: вогонь знищив 39 будівель. (2020). URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3008717-pozezi-na-zitomirshini-vogon-znisiv-39-budivel.html> (дата звернення: 12.04.2021).
39. У Києві наразі фіксують найвищий рівень забруднення повітря у світі. URL: <https://hromadske.ua/posts/ukiyevi-narazi-fiksuyut-najvishij-riven-zabrudnennya-povitrya-u-sviti> (дата звернення: 21.04.2021).
40. Урядовий портал. Оперативна інформація щодо пожеж в екосистемах на території Харківської області (станом на 7:00 3 вересня). URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/operativna-informaciya-shchodo-pozhezh-v-ekosistemah-na-teritoriyi-harkivskoyi-oblasti-standom-na-700-3-veresnya> (дата звернення: 15.04.2021).
41. ДСНС України. Пожежі в природних екосистемах на території Луганської області, які виникли 30 вересня та 1 жовтня ліквідовані. URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Nadzvichayni-podiyi/114930.html> (дата звернення: 02.04.2021).
42. Головне управління ДСНС України у Харківській області. Дворічанський район: триває ліквідація масштабної лісової пожежі (ОНОВЛЕНО, ВІДЕО). URL: <https://kh.dsns.gov.ua/ua/Nadzvichayni-podiyi/14725.html> (дата звернення: 02.04.2021).
43. Масштабні лісові пожежі на Луганщині: текстовий онлайн. URL: <https://hromadske.ua/posts/masshtabni-lisovi-pozhezi-na-luganshini-tekstovij-onlajn> (дата звернення: 11.04.2021).
44. ГУ ДСНС України у Луганській області. Луганщина. Час важких випробувань... URL: <https://lg.dsns.gov.ua/ua/Ostanni-novini/10464.html> (дата звернення: 02.04.2021).
45. Будыко М., Голицын С., Израэль Ю. Глобальные климатические катастрофы: Влияние ядерного конфликта на климат. М.: Гидрометеиздат, 1986. 159 с.
46. Климатические и биологические последствия ядерной войны / Отв. ред. Е. Велихов. М.: Наука, 1987. 288 с.
47. Питток Б., Акерман Т., Крутцен П. Последствия ядерной войны. Физические и атмосферные эффекты. пер. с англ. М.: Мир, 1988. 392 с.
48. Последствия ядерной войны. Воздействие на экологию и сельское хозяйство / М. Харуэлл, Т. Хатчинсон, У. Кроппер и др. пер. с англ. М.: Мир, 1988. 551 с.
49. Черногор Л. Физика и экология катастроф: монография. Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2012. 556 с.
50. Черногор Л. Космос, Земля, человек: актуальные проблемы. Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2017. 384 с.

References

1. Melekhov, I. S. (1948). Influence of fires on forest. Moscow-Leningrad: Goslestechnizdat (In Russian)
2. Kurbatskii, N. P. (1964). The forest fire problem. In *The Origins of Forest Fires*. Moscow: Science (In Russian)
3. Sparr, H. S. (1964). Forest ecology. N. Y.
4. Komarek, E. V. (1974). 8 – Effects of Fire on Temperate Forests and Related Ecosystems: Southeastern United States. In Kozłowski T. T., *Fire and ecosystems*. (New York–San Francisco–London: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-424255-5.50013-4>)
5. Dorrer, G.A. (1979). Mathematical Models of Forest Fire Dynamics. Moscow: Lesnaya promyshlennost' Publ. (In Russian)
6. Grishin, A. M. (1981). Mathematical Models of Forest Fires. Tomsk: TGU Publ. (In Russian)
7. Grishin, A. M. (1992). Mathematical Modeling of Forest Fires and New Methods to Fight against Them. Novosibirsk: Nauka Publ. (In Russian)
8. Grishin, A. M. (1994). Physics of forest fires. Tomsk: TSU. (In Russian)
9. Grishin, A. M. (1996). General mathematical model for forest fires and its applications. *Combust. Explos. Shock Waves*, 32, 503–519. <https://doi.org/10.1007/BF01998573>
10. Svyrydenko, V. Ye. (1999). Forest pyrology. Kyiv: Agropromvydav (In Ukrainian)
11. Isaeva, L. K. (2001). The environmental consequences of fires: Doctor's thesis. Moscow: Academia GPS MVD RF. (In Russian)
12. Isaeva, L. K. (2001). Fires and the Environment. Moscow: Kalan Publ. (In Russian)
13. Kondratyeva, L. M. (2002). Multifactors of Forest Fire Impact on Biosphere Components. The forest protection from fires in modern conditions. Khabarovsk: KPB Publ (In Russian)

14. Andreev, Yu. A. (2003). *Influence of anthropogenic and natural factors on the occurrence of fires in forests and settlements*: Doctor's thesis. Moscow: FSA VNIPO EMERCOM of Russia (in Russian)
15. Vorobiev, Y., Akimov, V., & Sokolov, Y. (2004). *Forest fires in Russia: Status and Problems*. Moscow: EMERCOM of Russia, DEKS-PRESS (In Russian)
16. Grishin, A. M., Petrin, S. V. & Petrina, L. S. (2006). *The Modeling and Forecasting of the Catastrophes. Part III*. Tomsk: TSU (In Russian)
17. Burasov, D. M. (2006). *Mathematical Modelling of the Forest and Steppe Fires*: candidate's thesis. Tomsk: TSU (In Russian)
18. Soloviev, S. V. (2006). *Ecological Consequences of Forest and Peat Fires*: Extended abstract of candidate's thesis. Moscow: Academy of EMERCOM State Fire Service of Russia (in Russian)
19. Dorrer, G. (2008). *Dynamics of forest fires*: monograph. Novosibirsk: SB RAS Publ. (In Russian)
20. Garmyshev, V., Zyryanov, V. & Matyushin, V. (2009). *Environmental consequences of forest fires on the territory of the Irkutsk region*: monograph. Irkutsk: Irkutsk State University Publ. (In Russian)
21. Komorovskiy, V. (2010). *Control and forecasting of parameters of large forest fires as dynamic processes on the Earth's surface*: candidat's thesis. Krasnoyarsk: Siberian State Technological University. (In Russian)
22. Perminov, V. (2010). *Mathematical modeling of the emergence of the highest and massive forest fires*: Doktor's thesis. Tomsk: Tomsk State University (In Russian)
23. Buts, Yu. V. (2012). *Fire relaxation of geosystems about mathematical design of fires in natural ecosystems. Man and Environment. Issues of Neoecology*, (3-4), 17–22. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/896/681> (In Ukrainian)
24. Buts, Yu. V., Lastkov, D.O., Vasenko, A.G. (2013). *The current state of the problem of the impact of fires on the geosystems of various natural areas of Ukraine*. In I. Yu. Shvets (Ed.), *Scientific methodical and applied aspects of ecologization: Monograph* (pp.7-30). Simferopol: DIAPI (In Russian)
25. Buts, Yu. V. *Scientific and methodological bases of relaxation of ecogeosystems under the technogenic loading of pyrogenic origin*: Doctor's thesis. Sumy: Sumy State University. Retrieved from <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/76266> (In Ukrainian)
26. Kuzyk, A. D. (2010). *Forest fires and their ecological aspects*. Bulletin of LSU of Life Safety. 4, 124–128 (In Ukrainian)
27. Kuzyk, A. D. (2011). *Simulation of forest fire danger*. *Sci. Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*. 21.16, 104–112 (In Ukrainian) Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_16/104_Kuz.pdf
28. Lishchyna, V. O. (2011). *A Mathematical Simulation of the Appearance and Propagation of the Forest Fires*: extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: Open International University of Human Development «Ukraine» (In Ukrainian)
29. Nekos, V. Yu. (2008). *A Fires Influence Problem on vegetation*. *Man and Environment. Issues of Neoecology*,. (1–2), 21–25. (In Ukrainian)
30. Boer, M.M., Resco de Dios, V. & Bradstock, R.A. (2020). *Unprecedented burn area of Australian mega forest fires*. *Nature Climate Change*, 10, 171–172. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0716-1>
31. Khabarov, N., Krasovskii, A., Obersteiner, M., Swart, R., Dosio, A., San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Camia, A. & Migliavacca M. (2016). *Forest fires and adaptation options in Europe*. *Regional Environmental Change*, 16., 21–30. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0621-0>
32. Silva, S., Fearnside, P., Graça, P., Brown, I., Alencar, A. & Melo A. (2018). *Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon*. *Forest Ecology and Management*, 424, 312–322. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.041>
33. Dhall, A., Dhasade, A., Nalwade, A., V. K M. R. & Kulkarni, V. (2020). *A survey on systematic approaches in managing forest fires*. *Applied Geography*, 121, 102266. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102266>
34. Randerson, J., Chen, Y., van der Werf, G., Rogers, B. & Morton, D. (2012). *Global burned area and biomass burning emissions from small fires*. *Journal of Geophysical Research*. 117(G4), G04012. <https://doi.org/10.1029/2012JG002128>
35. Titenko, A. & Chernogor, L., Jr. (2020). *Environmental consequences of large-scale forest fires in Ukraine in Spring–Autumn 2020*. *Proceedings of the XVIIth All-Ukrainian Scientific Taliyivsky readings: Environmental protection*, Kharkiv, 2020, October 29-30 (pp.164-166). Kharkiv: V.N. Karazina KhNU. (In Russian)
36. Chernogor, L., Jr. (2020). *Environmental consequences of large-scale forest fires in Ukraine in 2020*. Ecology, neoecology, environmental protection and sustainable using of natural resources: materials of the VIII International Scientific Conference of Young Scientists. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University, 33–35 (In Ukrainian)
37. *Chernobyl region fires were propagated on more than 100-ha territory*. (2021, April 04). Retrieved from <https://www.rbc.ua/ukr/news/pozhar-chernobylskoy-zone-rasprostranilsya-1586073354.html> (In Ukrainian)

38. Fires in Zhytomyr region: the fire destroyed 39 buildings. (2021, April 02). Retrieved from <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3008717-pozezi-na-zitomirskini-vogon-znisiv-39-budivel.html> (accessed: 12.04.2021). (In Ukrainian)
39. Kyiv currently has the highest level of air pollution in the world. (2021, April 04). Retrieved from <https://hromadske.ua/posts/u-kiyevi-narazi-fiksuyut-najvishij-riven-zabrudnennya-povitrya-u-sviti> (In Ukrainian)
40. Uryadovy portal. (2021, April 04). Operational information is available in ecosystems in the Kharkiv region (camped at 7:00 on Sunday 3). Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/news/operativna-informaciya-shchodo-pozhezh-v-ekosistemah-na-teritoriyi-harkivskoyi-oblasti-stanom-na-700-3-veresnya> (In Ukrainian)
41. The State Emergency Service of Ukraine. (2021, April 02). Fires in natural ecosystems in the Luhansk region, which occurred on September 30 and October 1, were eliminated. Retrieved from <https://www.dsns.gov.ua/ua/Nadzvichayni-podiyi/114930.html> (In Ukrainian)
42. The State Emergency Service of Ukraine. (2021, April 02). Dvorychanskyi district: large-scale forest fire is being eliminated (UPDATED, VIDEO). Retrieved from <https://kh.dsns.gov.ua/ua/Nadzvichayni-podiyi/14725.html> (In Ukrainian)
43. Large-scale forest fires in Luhansk region: text online. (2021, April 04). Retrieved from <https://hromadske.ua/posts/masshtabni-lisovi-pozhezhi-na-luganshini-tekstovij-onlajn> (In Ukrainian)
44. Main Department of the State Emergency Service of Ukraine in Lugansk region: Luhansk region. (2021, April 04). Time of hard trials... Retrieved from <https://lg.dsns.gov.ua/ua/Ostanni-novini/10464.html> (In Ukrainian)
45. Budyko, M., Golitsyn, S. & Izrael, Yu. (1986). Global climatic catastrophes: the impact of nuclear conflict on the climate. Moscow: Gidrometeoizdat (In Russian)
46. Velikhov E. (Eds.). (1987). Climatic and biological consequences of nuclear war. Moscow: Nauka (In Russian)
47. Pittock, A. B., Ackerman, T. P., Crutzen, P. J., MacCracken, M. C., Shapiro, C. S. & Turco, R. P. (1990). Environmental consequences of nuclear war (scope 28): Volume 1, Physical and atmospheric effects. Great Britain: Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)
48. Harwell, M. A., Hutchinson, T. C., Cropper Jr., W. P., Harwell, C. C. & Grover, H. D. (1985). Environmental consequences of nuclear war (scope 28): Volume II. Ecological and agricultural effects. United States: Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)
49. Chernogor, L. F. (2012). Physics and Ecology of Disasters. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University Publ. (in Russian)
50. Chernogor, L. F. (2017). Space, the Earth, Mankind: Contemporary Challenges. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University Publ. (in Russian)

Отримана 10.04.2021

Переглянуто 26.04.2021

Прийнята до друку 12.05.2021

ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК (UDC): 504.711.4

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-08>

О. О. ГОЛОЛОБОВА¹, канд. с.-г. наук, доц., Т. О. КОБЕЦЬ¹, А. Ю. ХИЖНЯК¹

¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна

e-mail: elena.gololobova@karazin.ua

kobets.tatiana001@i.ua

annkhyzniak@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5558-2114>

ОЦІНКА КОМПЕТЕНЦІЙ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ВЛАСНИКІВ ПРИВАТНИХ САДИБ

Мета. Оцінка компетенцій природокористування власників приватних садіб задля досягнення високої культури природокористування.

Методи. Системний аналіз, метод опитування.

Результати. Опитування показало, що респонденти – мешканці невеликих населених пунктів Харківської області – ставляться до врожаю з власних ділянок не тільки як до джерела задоволення власних потреб, а також як до джерела додаткового прибутку. Рівень задоволення респондентів від реалізації рослинної продукції невисокий. Наведена статистика відповідей щодо використання засобів захисту овочевих, фруктових, декоративних культур від шкідників та хвороб, використання сівозміни, краплинного зрошення, застосування компосту, органічних та мінеральних добрив. Наведена статистика ставлення респондентів щодо ландшафтного облаштування приватних садіб. Правила добросусідства виявилися складними для більшості опитуваних мешканців. Респонденти досить свідомо проводили самооцінку, вони мали прагнення до вдосконалення власних компетенцій, які необхідні для ефективного збалансованого природокористування власною земельною ділянкою.

Висновки. Опитування респондентів виявило недостатній компетенційний статус власників приватних садіб в галузі природокористування; оволодіння зазначеними компетенціями актуальні для респондентів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: компетенції природокористування, анкетування, ландшафтний дизайн, приватні ділянки

Gololobova O. O.¹, Kobets T. O.¹, Khyzniak A. Yu.¹

¹V. N. Karazin Kharkiv National University, 6, Svobody Square Kharkiv, 61022, Ukraine

ASSESSMENT OF COMPETENCES OF NATURE MANAGEMENT OF PRIVATE FARMERS

Purpose. Assessment of nature management competencies of owners of private estates in order to achieve a high culture of nature management.

Methods. System analysis, survey method.

Results. The poll showed that the respondents – residents of small settlements in the Kharkiv region – treat the harvest from their plots not only as a source of satisfying their own needs, but also as a source of additional income. The level of respondents' satisfaction from the sale of plant products is low. The statistics of responses of the use of means of protection of vegetable, fruit, ornamental crops from pests and diseases, the use of crop rotations, drip irrigation, the use of compost, organic and mineral fertilizers are given. The statistics of the attitude of respondents to the landscape arrangement of their estates are presented. Neighborhood rules were difficult for most of the residents surveyed. The respondents quite consciously carried out self-assessment, they had a desire to improve their own competencies, which are necessary for the effective balanced use of natural resources of their own land plot.

Conclusions. The survey of respondents revealed the insufficient competence status of owners of private estates in the field of environmental management, mastering these competencies is relevant for the respondents.

KEY WORDS: competence of nature management, questionnaires, landscape design, personal plots

© Гололобова О. О., Кобець Т. О., Хижняк А. Ю., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.

Гололобова Е. А.¹, Кобец Т. А.¹, Хижняк А. Ю.¹

¹Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, пл. Свободы, 6, г. Харьков, 61022, Украина

ОЦЕНКА КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАДЕЛЬЦЕВ ЧАСТНЫХ УСАДЕБ

Цель. Оценка компетенций природопользования владельцев частных усадеб для достижения высокой культуры природопользования.

Методы. Системный анализ, метод опроса.

Результаты. Опрос показал, что респонденты – жители небольших населенных пунктов Харьковской области – относятся к урожаю со своих участков не только как к источнику удовлетворения собственных потребностей, а также как к источнику дополнительного дохода. Уровень удовлетворения респондентов от реализации растительной продукции невысокий. Приведена статистика ответов использования средств защиты овощных, фруктовых, декоративных культур от вредителей и болезней, использование севооборотов, капельного орошения, применение компоста, органических и минеральных удобрений. Приведена статистика отношения респондентов к ландшафтному обустройству своих усадеб. Правила добрососедства оказались сложными для большинства опрошенных жителей. Респонденты достаточно сознательно проводили самооценку, они имели стремление к совершенствованию собственных компетенций, которые необходимы для эффективного сбалансированного природопользования собственным земельным участком.

Выводы. Опрос респондентов выявил недостаточный компетентностный статус владельцев частных усадеб в области природопользования; овладение указанными компетенциями актуальны для респондентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: компетенции природопользования, анкетирование, ландшафтный дизайн, приусадебные участки

Вступ

Земля – особливий ресурс, який потребує формування особливих економічних, екологічних та правових відносин прав власності щодо організації його використання. На сьогодні земля – це найбільш обмежений і дефіцитний ресурс світового співтовариства. Земля – ресурс, для використання якого необхідна певна технологічна облаштованість, земля – це об'єкт життєзабезпечення кожної людини, який потребує постійної охорони. У таких економічно розвинених країнах як США, Канада, Австралія, Німеччина користування землею обмежено суворими законодавчими межами, які забезпечують пріоритет суспільних, державних інтересів і стабільність суспільства. У зв'язку з прогресуючим антропогенним навантаженням на земельні та інші природні ресурси і вимогою стійкого розвитку територій, у цих країнах екологічні регламенти в землекористуванні стають пріоритетними. Землеустрій набув загального і суворо регламентованого характеру [1].

В Україні в рамках сімейно-індивідуального сектора домашніх господарств сільських територій переважає землекористування присадибних ділянок та особистих селянських господарств, зокрема присадибні ділянки громадян сільської місцевості становлять близько 10 млн господарств загальною площею майже 1,5 млн га [2]. Середні розміри таких ділянок становлять: за шириною – 10–40 м, за довжиною – 20–100 м [3]. Домашні господарства виробляють 48–52 % усієї валової

продукції сільського господарства, тоді як фермерські – 6–7 %. Таким чином, землекористування присадибних ділянок та особистих підсобних господарств громадян у визначальному ступені формують економіку сільських домашніх господарств, по суті, весь уклад життя на селі [2].

У місцевих програмах розвитку землекористування повинні вирішуватися й питання розвитку землекористування несільськогосподарської діяльності громадян [4].

Згідно із Законом України «Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень» від 01.07.2004 р. № 1952-IV нерухомим майном, тобто нерухомістю, вважається земельна ділянка, а також об'єкти, розташовані на земельній ділянці, переміщення яких неможливе без їх знецінення та зміни призначення. Також в Україні встановлено відповідно Зміни № 1 до Державних будівельних норм ДБН В.2.2-15-2005 «Будинки і споруди. Будинки одноквартирні» поняття споруди (приміщення, будинок) сільськогосподарського призначення – це окремо розміщені, прибудовані або вбудовані приміщення, призначені для реалізації сільськогосподарської діяльності сім'ї (мешканців будинку) на присадибній ділянці. Слід, однак, зазначити, що хоча і будівля вважається сільськогосподарською, але присадибна ділянка відноситься до земель для будівництва та обслуговування житлового будинку, а не земель сільськогосподарського призначення.

Тобто, на ділянках, не призначених для сільськогосподарства, ведеться сільськогосподарська діяльність [5].

Хата у вишневому садочку – одвічне замилування українського народу. Шевченківський «садок вишневий коло хати» став символом України, рідним, близьким образом. Яблуня відома в Україні не менше. З незапам'ятних часів у дикому стані вона була поширена по всій Україні. Яблуко стало символом кохання і родючості. В Україні здавна вважають священними вербу і калину: «Без верби й калини нема України». Верба символізує Прадерево життя, так само, як Чумацький шлях, тому завжди її садили обабіч шляхів. Калина символізувала свято Коляди, Різдва світу. Наруга над нею вкривала людину ганьбою, так само, як вбивство лелеки [6].

І в наш час свої присадибні ділянки власники приватних садів намагаються облагородити садом, городом, зоною відпочинку. За даними Держкомстату України за 2017 рік на десять домогосподарств з площею землі 0,5 га і менше приходиться п'ять дерев черешні, шість – абрикос, сім – груш, вісім горіхів, одинадцять – слив, сорок три куща винограду. Найпоширенішими плодовими культурами залишаються яблуні та вишні –

тридцять та вісімнадцять дерев на десять господарств відповідно [7].

Статистика здійснення окремих заходів з ефективного ведення господарства сільськими домогосподарствами з площею землі 0,5 га і менше в 2017 році свідчить, що органічні добрива застосовують у 79,9 % домогосподарств, мінеральні – у 49,8 %, засоби захисту рослин – 86,9 %, районовані сорти сільськогосподарських рослин – 29 %, сівозміну – 55,5 % [7].

Важливо формувати культурні ландшафти, використовуючи інноваційні досягнення науки і техніки як інструмент для покращення якості довкілля і життя людей [8]. Тобто благоустрій приватної садиби складний творчий процес, збалансоване землекористування потребує компетенцій з екології, декоративної дендрології, квітникарства, ландшафтного дизайну, захисту рослин, ґрунтознавства, агрохімії, земельного й цивільного права тощо.

Мета роботи: проведення науково-обґрунтованої комплексної оцінки компетенцій природокористування власників присадибних ділянок невеликих населених пунктів із застосуванням авторської анкети.

Методика дослідження

В основу проведеного опитування покладена авторська комплексна анкета, за допомогою якої визначались компетенції власників приватних садів з екології, ландшафтного дизайну, декоративної дендрології, квітникарства, захисту рослин, ґрунтознавства, агрохімії, земельного й цивільного права тощо.

Опитування проводилося серед респондентів – мешканців невеликих населених пунктів Харківської області – різних вікових груп від 16 до 60 років, опитано 100 респондентів. Респонденти є садівниками-аматорами, які не мають спеціальної освіти в сфері ландшафтного дизайну, екології, захисту рослин, ґрунтознавства та агрохімії.

Анкета містить 5 блоків: загальний, науковий, правовий, з питань захисту рослин, з основ ландшафтного дизайну.

Перший блок містить 32 запитання, другий – 15, третій – 13, четвертий – 25, п'ятий – 5 запитань. Анкета містить додаткові 3 запитання з самооцінки власних вмінь респондентів, загальна кількість складає 93 запитання.

Для проведення опитування обрано чотири населених пункти Харківської області (Україна) різних за ступенем урбанізації, а саме:

– смт. Рогань – селище неподалік від міста (23 км), з населенням 12383 осіб. На території Роганської селищної ради розташований один з найстаріших аграрних університетів України – Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва. У 1972 році був створений дендрологічний парк Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва, у якому на площі у 22,8 га зростає близько 900 видів, відмін, форм та сортів деревних рослин, що представляють флористичні зони: європейську, кримсько-кавказьку, середньо-азіатську, китайську, далекосхідну, японську та північноамериканську, є рідкісні та унікальні рослини, наприклад карельська береза, гінґо дволопатевий [9].

– м. Дерґачі – місто неподалік Харкова (16 км). Населення міста – 17655 осіб. Дерґачівський район є одним з найбільш

забезпечених серед районів області природно-ресурсним потенціалом. В районі існує 82 водоймища загальною площею 557 га, 2 водосховища: Лозовенківське та частина Травнянського. Запаси мінеральної води знаходяться в районі санаторію «Березівські мінеральні води». На території району створено 12 об'єктів природно-заповідного фонду [10].

– с. Тимченки – село, що розташоване у Зміївському районі на відстані 35 км від обласного центру. Населення – 881 особа.

Інфраструктура села складається з молочно-товарної ферми, тепличного господарства, бази відпочинку «Тимченки», кінно-спортивного клубу «Діброва».

– с. Острове́рхівка – село у Зміївському районі на відстані 31 км від міста. Населення 390 осіб. До села примикають кілька лісових масивів, у тому числі соснове урочище Великий Бір. Наявна молочно-товарна ферма та агрофірма СФГ Ревік з тракторною бригадою. Село має аграрний потенціал та орієнтоване на фермерське господарство.

Результати та обговорення

Оцінка компетенцій респондентів щодо використання сучасних агроприймів у власній практиці. Статистика відповідей респондентів на запитання щодо задоволення потреб власників присадибних ділянок врожаєм з власного саду, городу, представлена у таблиці 1.

Аналіз результатів свідчить, що високий відсоток мешканців сел ставиться до врожаю з власних ділянок не тільки як до джерела задоволення власних потреб, а також як до джерела додаткового прибутку. Зокрема 86 % респондентів з с. Тимченки та 76 % з с. Острове́рхівка відповіли, що реалізують продукцію з власного саду та городу, в той же час у середньому тільки половина цієї групи респондентів – мешканців сел – вважають, що врожай з власного саду та городу задовольняє їхні потреби.

Фактично кожен другий мешканець приміських населених пунктів (смт Рогань, м. Дергачі) також реалізує рослинну продукцію з власної ділянки. Рівень задоволення респондентів приміських населених пунктів

також невисокий. Зокрема тільки 35 % респондентів з м. Дергачі задоволені врожаєм з власного саду та городу.

Вочевидь, що у мешканців сел недостатньо компетенцій зі знання та використання сучасних вискоєфективних агроприймів вирощування декоративних, плодкових й овочевих культур. Так, жодний респондент не зміг назвати сорти плодкових дерев, ягідних культур, які ростуть на його присадибній ділянці.

Поповнює новими продуктивними сортами плодкових дерев, ягідних та овочевих культур свої присадибні ділянки дуже невеликий відсоток опитуваних. Зокрема тільки 10 % респондентів с. Тимченки й 8 % респондентів с. Острове́рхівка приділяють високу увагу цьому питанню, розуміючи високий потенціал продуктивних сортів в формуванні якісного й високого врожаю (табл. 2).

Усвідомлення ролі органічної речовини базується на рефлексіях життєвого досвіду декількох поколінь, формує базові

Таблиця 1

Статистика відповідей респондентів щодо задоволення власних потреб врожаєм з присадибної ділянки, %

Table 1

Statistics of respondents' answers to meet their own needs with the harvest from the homestead, %

Питання щодо:	смт. Рогань	м. Дергачі	с. Тимченки	с. Острове́рхівка
задоволення потреб власників врожаєм з власного саду	65	35	45	55
задоволення потреб власників врожаєм з власного городу	75	55	65	50
реалізації продукції з власного саду та городу	58	50	86	76

Таблиця 2

Статистика відповідей респондентів щодо використання сучасних агроприйомів, %

Table 2

Statistics of respondents' answers on the use of modern agricultural techniques, %

Питання щодо:	смт. Рогань	м. Дергачі	с. Тимченки	с. Острове́рхівка
знання сортів плодкових дерев на присадибній ділянці	86	63	58	56
використання нових продуктивних сортів плодкових дерев, ягідних та овочевих культур	42	12	10	8
використання на ділянці сівозміни	98	69	87	85
застосування органічних добрив	98	80	97	100
застосування мінеральних добрив	84	65	56	58
наявності компостного блоку	90	80	95	97
використання крапельного поливу	12	3	6	8

компетенції природокористування, до яких, безумовно, відноситься внесення органічних добрив. Саме на це запитання був отриманий найбільш високий відсоток позитивних відповідей. В якості органічних добрив вносяться напівперепрілий гній, перегній. Підтримання рівня органічної речовини у ґрунті на власних земельних ділянках задовольняється також і за рахунок компостування рослинних решток.

Такий агрозахід, як застосування мінеральних добрив, мешканці приміських населених пунктів (смт. Рогань, м. Дергачі) використовують більш активно ніж селяни. Максимальну кількість позитивних відповідей – 84 % – надали респонденти – мешканці смт. Рогань. На запитання щодо використання сівозміни на ділянці також найбільшу кількість позитивних відповідей – 98 % – отримали від групи респондентів смт. Рогань (табл. 2).

Що стосується використання такого сучасного ресурсощадного агроприйому як краплинне зрошення, найменший відсоток позитивних відповідей отриманий від респондентів з м. Дергачі, найбільший – від респондентів смт. Рогань (табл. 2).

На погляд респондентів, більшість з них (66,7 %) вважають, що використовують системний підхід задля боротьби зі шкідниками і хворобами. В той же час результати опитування показали, що мешканці смт.

Рогань мають такі проблеми: 100 % опитуваних мають бур'яни, 45 % стверджують про наявність хвороб, 82 % – наявність шкідників. У місті Дергачі відповіді розподілилися таким чином: 81 % респондентів мають бур'яни, 38,1 % відзначають наявність хвороб, 71,4 % – шкідників; не мають жодних проблем – 4,8 %. Мешканці сел Тимченки та Острове́рхівка мають проблеми з бур'янами – 100 %, хвороби – 28 % і 23 % відповідно, шкідники – 86 % і 98 % відповідно. Результати опитування свідчать, що респонденти мають схильність до завищеної самооцінки щодо втілення системного підходу на належних їм на праві власності присадибних ділянках [11]. Статистика відповідей щодо використання засобів захисту овочевих, фруктових та декоративних культур від хвороб та шкідників представлена у таблиці 3.

Результати вказують, що власники присадибних ділянок мають таке ставлення щодо використання хімічних засобів захисту рослин: найбільш активно використовуються засоби боротьби зі шкідливими комахами – інсектициди, зокрема, їх використовують 95 % опитуваних власників м. Дергачі, 100 % – жителі смт. Рогань, с. Тимченки та с. Острове́рхівка. Гербіциди використовують 45 % – респонденти м. Дергачі, 25 % – опитувані з смт. Рогань, 15 % – власники ділянок с. Тимченки та 13 % – мешканці с. Острове́рхівки. Фунгіциди використовують тільки 25 % з

Таблиця 3

Статистика відповідей щодо використання засобів захисту овочевих, фруктових та декоративних культур, %

Table 3

Statistics of responses to the use of pesticides for fruit, fruit and ornamental crops,%

Питання щодо використання:	смт. Рогань	м. Дергачі	с. Тимченки	с. Острове́рхівка
гербіцидів	25	45	15	13
фунгіцидів	45	11	24	20
інсектицидів	100	95	100	100
зооцидів	0	1	0	2

всіх опитуваних різних населених пунктів. Зооциди зовсім не використовують мешканці смт. Рогань та с. Тимченки, респонденти м. Дергачі та Острове́рхівка – 1 % та 2 % відповідно [11].

Результати опитування власників присадибних ділянок щодо знання найпоширеніших хвороб овочевих, фруктових та декоративних рослин представлені у таблиці 4. Відповіді

свідчать, що від 6 до 61 % опитуваних відмовились від відповіді щодо основних хвороб через відсутність знань у цих питаннях. Найбільше утруднення у респондентів м. Дергачі визвало питання про хворобу кісточкових плодових рослин – кокомікоз.

Найменша кількість правильних відповідей від респондентів с. Тимченки та с. Острове́рхівка отримана на запитання щодо

Таблиця 4

Статистика відповідей щодо знання найпоширеніших хвороб овочевих, фруктових та декоративних рослин, %.

Table 4

Statistics of answers on knowledge of the most common diseases of vegetable, fruit and ornamental plants,%.

Питання	м. Дергачі			смт Рогань			с. Тимченки			с. Острове́рхівка		
	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0
Відповіді: «+» – правильні; «-» – ні; «0» – відмова від відповіді												
Які плодові дерева страждають від плодової гнилі?	61	29	10	78	16	6	55	35	10	48	36	16
Від парші?	73	10	17	88	12	0	56	33	11	50	25	25
Від кокомікозу?	41	11	48	57	18	25	35	31	34	30	30	40
Від іржі?	84	10	6	92	6	2	73	17	10	70	16	14
від оїдіуму?	51	21	28	64	26	10	40	34	26	35	33	32
від борошнистої роси?	80	10	10	90	7	3	72	8	20	67	13	20
Терміни захисту від яблуневого квіткоїду	78	2	20	87	13	0	69	21	10	70	15	15
Терміни захисту від яблунової плодожерки	75	5	20	85	15	0	58	22	20	60	22	18
Які види та сорти яблуні є гарними запилювачами?	80	11	9	96	2	2	78	12	10	76	14	10
Коли доцільно проводити побілку дерев?	52	28	20	80	10	10	46	24	30	50	27	23

кокомікозу та оїдіуму, при масовому ураженні якими рослини можуть дуже ослабнути і вимерзнути [11].

Високий відсоток правильних відповідей на знання термінів проведення окремих агроприймів щодо захисту яблуні від найпоширеніших шкідників, а саме, яблуневого квіткоїду й яблуневої плодожерки, надали респонденти смт. Рогань. Також ті самі респонденти продемонстрували високий рівень аматорського садівництва, правильно відповіли на питання про види та сорти яблуні, які є гарними запилювачами й наявність яких підвищує врожайність яблук на 10–15 % [11].

Тобто, наявність вищого аграрного навчального закладу впливає на рівень обізнаності та компетенцій мешканців, які спілкуються з працівниками профільного закладу, отримують консультації. В той же час існує коло питань, з якими респонденти не звертаються до фахівців, традиційно вважаючи, що мають усі необхідні знання з якогось конкретного питання й помиляються. Так на запитання: «Коли доцільно проводити побілку дерев?» – 80 % респондентів м. Дергачі надали правильну відповідь, кількість правильних відповідей інших респондентів знаходилась в інтервалі 46–52 %.

З потеплінням клімату і поступом селекції виноград повільно просувається на північ країни, де на власних присадибних ділянках велика кількість виноградарів-аматорів вирощує цю культуру. Виноградарю-аматору потрібні знання особливостей сортової агротехніки, зокрема це – стійкість до хвороб, найкраще навантаження пагонами і гронами, жаростійкість та посухостійкість, зимостійкість, визрівання лози, терміни дозрівання врожаю тощо. Але рівень аматорського виноградарства дуже різний. Високий рівень аматорського виноградарства підтримують такі видатні виноградарі-селекціонери України як В. В. Загорулько, гібридні форми винограду якого вже стали знаменитими, а деякі з них неодноразово займали призові місця на міжнародних виставках. Статистика відповідей респондентів представлена у таблиці 5.

Результати вказують, що значний відсоток респондентів займається аматорським виноградарством не володіючи необхідними знаннями та навичками. Це не тільки знижує урожайність культури, але й сприяє поширенню хвороб та шкідників культури винограду. Виноградарям-аматорам необхідно

відповідально відноситися до свого захоплення, зокрема обирати морозостійкі комплексно-стійкі сорти, які не потребують професійних навичок вирощування цієї доволі складної культури й водночас підвищувати власні компетенції природокористування.

Оцінка рівня теоретичних знань власників приватних садіб. Догляд за овочевими, плодовими та декоративними рослинами актуалізує питання володіння не тільки практичними навичками, а й теоретичними знаннями. Щоб розуміти поради фахівців, ефективно користуватися ними у власній практиці, підвищувати свій рівень за допомогою профільної наукової літератури, необхідне володіння професійним понятійним апаратом таких наук, як ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, виноградарство, декоративна дендрологія, декоративне квіткарство, садівництво тощо. Тому до анкети були включені запитання, які висвітлюють рівень володіння теоретичними знаннями. Статистика відповідей щодо володіння теоретичними знаннями представлена у таблиці 6.

На запитання стосовно визначення термінів «гумус», «Рн ґрунту», «елементи живлення» не зміг дати правильну відповідь кожен другий респондент, який мешкає у с. Тимченки або у с. Островерхівка. Відсоток правильних відповідей респондентів м. Дергачі виявилися на тому ж самому рівні, що і відсоток правильних відповідей опитуваних сільських мешканців. Респонденти смт. Рогань показали найбільш високий рівень володіння основами агрономічних наук, зокрема правильно визначили поняття «гумус» 88 %, «Рн ґрунту» – 85 %, «елементи живлення» – 75 %, «сівозміна» – 90 %.

Оцінка компетенцій власників приватних садіб в облаштуванні присадибних ділянок за допомогою прийомів ландшафтного дизайну. «Збагатіть квітами сільські околиці, і ви зробите їх цікавими, змушуючи зустрічати це багатство в місцях, де його не очікували знайти», – таку настанову в 1774 р. залишив французький художник, поет, мандрівник, Клод-Анрі Ватле в «Дослідах про сади» [12]. «Якщо кожен сам для себе буде робити все невтомно і ретельно, і тисячі граней легко і красиво об'єднуються в одне кільце, то чудова мрія сен-симоністів про культ нашої матері-Землі може втілитися у життя», – писав в 1834 році у своїй праці «Нотатки про ландшафтне садівництво» Герман фон

Таблиця 5

Статистика відповідей респондентів, %

Table 5

Statistics of responses of respondents,%

Питання	Варіанти відповідей	м. Дергачі	смт. Рогань	с. Тимченки	с. Острове́рхівка
Чи присутній на Вашій ділянці виноградник?	Так	76	96	87	75
Яка кількість сортів винограду у винограднику?	жодного	24	4	13	25
	1–3	35	18	25	23
	5–10	21	37	32	47
	Більше 10	5	45	43	30
Які сорти винограду Ви маєте на своїй ділянці?	Столові	38	65	42	39
	Технічні	43	45	37	30
	Універсальні	76	37	56	50
Чи володієте Ви технікою обрізки винограду?	Володію та використовую	38	76	34	33
	Володію, але не використовую	19	23	12	15
	Не володію	43	12	25	30
В який період необхідно здійснювати азотне підживлення винограду?	Після розпускання бруньок до початку цвітіння	25	75	43	40
	З фази повного цвітіння до фази дозрівання ягід	0	3	7	20
	Після збору врожаю	0	0	0	5
	Не знаю	75	12	50	35
Чи готуєте Ви виноград до зимівлі?	Так	62	85	45	43
Яким чином Ви готуєте виноград до зимівлі?	Шляхом дотримання усіх умов, необхідних для повного визрівання лози	42	65	43	39
	Дезінфекція лози.	26	54	27	23
	Обрізка лози.	52	56	50	46
	Укриття винограду	58	73	52	48
	Не готую до зимування	26	10	28	32

Таблиця 6

Статистика правильних відповідей щодо володіння теоретичними знаннями, %

Table 6

Statistics of correct answers on the possession of theoretical knowledge,%

Запитання: що таке ?	смт. Рогань	м. Дергачі	с. Тимченки	с. Острове́рхівка
гумус	88	56	48	50
pH ґрунту	85	39	40	42
елементи живлення	75	56	52	54
сівозміна	90	73	80	78

Пюклер-Мускау, німецький письменник, садівник і мандрівник [13].

Ландшафтний дизайн володіє великими нереалізованими можливостями формування повноцінного оточення. Дизайн є відображенням часу, є втіленням часу. Рівень розвитку дизайну є індикатором готовності до якісних змін в нашому звичному оточенні [14]. Використання принципів й прийомів ландшафтного дизайну надає компетентному власнику будь-яку ділянку перетворити на привабливо облаштовану територію [15]. Виникає питання: чи настав час ландшафтного дизайну для власників садибних ділянок невеликих міст та селищ? В анкетуванні був введений блок, який містив запитання щодо облаштування присадибних ділянок за допомогою прийомів ландшафтного дизайну. Опитування показало, що серед респондентів немає байдужих до ландшафтного дизайну, але на присадибних ділянках втілені лише окремі елементи облаштування, зокрема 75 % респондентів прикрасили садибу клумбами, 3 % – газонами, штучними водоймами – 2 %, – альтанкою – 53 %, облаштували стежки – 25 % респондентів. Фонтани, каскади, сад прямих трав, живоплоти не мав ніхто з опитуваних, альпійську гірку мав тільки один респондент [16].

На запитання: «Звідки Ви берете рішення щодо ландшафтного облаштування території Вашої ділянки?» – 96 % респондентів відповіли, що черпають інформацію з інтернету, 2 % – з телевізійних програм, 2 % – з печатних джерел, зокрема журналів.

В анкету було включено запитання щодо готовності респондентів витратити кошти на втілення дизайнерського ландшафтного облаштування власної присадибної ділянки. Респондентам було запропоновано обрати відсоток від сімейного бюджету, який вони готові витратити на рік задля облаштування своєї садиби. В своїх відповідях респонденти вибрали варіант, який передбачає на зазначені витрати 5–10 % сімейного бюджету.

Наступним стало запитання стосовно джерел придбання саджанців декоративних й плодкових культур. Респонденти середнього віку звертаються до агромаркетів, люди похилого віку купують рослини на базарі, звертаються до знайомих. Тільки 2 % респондентів відвідує виставки садівництва і ландшафтно-архітектури постійно. Запитання, на котре не було надано жодної позитивної відповіді,

торкалося готовності звернення респондентів до фахівців з ландшафтного дизайну. Опитувані мешканці займаються облаштуванням садиби власноруч.

Оцінка компетенцій власників приватних садиб щодо правового регулювання сусідських відносин. Одним із дієвих правових інструментів, покликаних забезпечити цивілізоване використання земельних ділянок, є інститут добросусідства. Законодавчою основою здійснення добросусідства є норми глави 17 Земельного кодексу України. Інститут добросусідства вводить до правового поля такі поняття, як добросусідство, правила добросусідства, незручності, попередження шкідливого впливу на земельну ділянку. З аналізу положень статті 104 Земельного кодексу України випливає, що метою застосування правил добросусідства є забезпечення попередження шкідливого впливу на сусідню земельну ділянку. Такий вплив пов'язується не лише із самою землею (можливістю використання землі за цільовим призначенням, якістю ґрунту), але й зі здоров'ям людей, тварин, станом атмосферного повітря тощо. Як приклад, постійний шум від сусідів може призвести до порушення сну, спровокувати підвищення тиску, серцебиття, гіпертонічну хворобу, викликати агресію. Регулярний забій худоби на сусідній земельній ділянці зумовлює характерний запах, появу великої кількості комах; постає питання утилізації відходів, може погіршитись епізоотична ситуація та екологічний стан навколишнього середовища, внаслідок чого збільшується ймовірність поширення різноманітних хвороб людей і тварин. Перелік наслідків шкідливого впливу у статті 104 Земельного кодексу України відкритий [17].

Тобто інститут добросусідства покликаний створити у правовому полі ефективний правовий інструмент збалансування інтересів приватних власників земельних ділянок. Запитання стосовно основних положень інституту добросусідства було включено до комплексного тестового опитування. Це питання виявилось складним для 64 % опитуваних мешканців с. Островецьківка, 65 % – с. Тимченки, 60 % – м. Дергачі. Найбільш високу обізнаність щодо добросусідства – 65 % – показали мешканці смт. Рогань.

Рівень самооцінки власного компетенційного статусу власниками приватних садиб. Комплексна система опитування передбачає відповіді респондентів, в яких вони надаватимуть власну оцінку своїм компетен-

ціям з екології, агрономії, правового регулювання землекористування. Респондентам пропонувалося обрати бал від 0 до 10, який характеризує, на їхній власний погляд, рівень обізнаності в певній сфері. В таблиці 7 надані середні бали, які отримали респонденти кожного населеного пункту, проводячи самооцінку своїм компетенціям з екології, агрономії, правового регулювання землекористування.

Результати, які представлені у таблиці 7, вказують, що респонденти досить свідомо проводили самооцінку, вони мають

прагнення до вдосконалення власних компетенцій, які необхідні для ефективного збалансованого природокористування власною земельною ділянкою. Так, на запитання: «Чи потрібні в міській (селищній, сільській) раді у відділі землевпорядкування, комунальної власності та екології фахівці із захисту рослин?» було отримано 78 % позитивних відповідей від мешканців с. Острозерхівка, 80 % – від мешканців с. Тимченки, 73 % – від мешканців м. Дергачі, 85 % – від респондентів смт. Рогань.

Таблиця 7
Table 7

Самооцінка респондентами власного рівня компетенцій природокористування, бали
Respondents' self-assessment of their own level of nature management competencies, points

Запитання: оцініть Ваш рівень компетенцій в	сmt. Рогань	м. Дергачі	с. Тимченки	с. Острозерхівка
екології	7	5	5	5
агрономії	7	4	5	4
правовому регулюванні землекористування	6	6	5	5

Бажання відвідувати безкоштовні семінари з агрономії, ландшафтного дизайну, екології у зимовий період висказали 92 % мешканців с. Острозерхівка, 90 % мешканців с. Тимченки, 93 % мешканців м. Дергачі, 95 % респондентів смт. Рогань.

Отже, на підставі результатів дослідження можливо зробити такі попередні висновки: компетенційний статус власників

приватних садіб в галузі природокористування недостатній, питання оволодіння компетенціями актуальні для респондентів. Тому доцільно в невеликих населених пунктах відділами землевпорядкування, комунальної власності та екології міських (селищних, сільських) рад проводити семінари, тренінги за участю екологів, агрономів, спеціалістів з захисту рослин, ландшафтного дизайну тощо.

Висновки

Збалансоване природокористування, облаштування присадибної ділянки потребує від власників приватних садіб компетенцій з екології, ґрунтознавства, агрохімії, захисту рослин, садівництва, виноградарства, овочівництва, ландшафтного дизайну, декоративної дендрології, квітникарства, земельного й цивільного права тощо. Опитування респондентів виявило недостатній компетенційний статус власників приватних садіб в галузі природокористування; оволодіння зазначеними компетенціями актуальні для респон-

дентів. Тому доцільно відділам землевпорядкування, комунальної власності та екології міських (селищних, сільських) рад проводити семінари, тренінги за участю екологів, агрономів, спеціалістів з захисту рослин, ландшафтного дизайну тощо. Високий рівень саме цих компетенцій буде слугувати створенню такого варіанту благоустрою й природокористування, який відповідатиме потребам власників приватних садіб наразі й в майбутньому вносити свій внесок у сталий розвиток країни.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Література

1. Третяк А. М., Третяк В. М., Третяк Н. А. Тенденції та наслідки земельної реформи в Україні у контексті якості життя і безпеки населення. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2018. № 2. С. 12–21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemleustriy_2018_2_4
2. Другак В. М. Економіка землекористування домашніх господарств сільських територій: поняття та сутність. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2013. № 3. С. 34–39. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemleustriy_2013_3_7
3. Овсянніков С. Сільськогосподарські домогосподарства України: проблеми і перспективи. *Техніка і технології АПК*. 2014. № 12. С. 16–20. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titapk_2014_12_7.
4. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Третяк Н. А. Територіальне планування землекористування в контексті формування фінансової стійкості об'єднаних територіальних громад. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2017. № 1. С. 21–27. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemleustriy_2017_1_6.
5. Мартин А. Г., Аврамчук Б. О. Удосконалення ринку сільськогосподарської нерухомості України на основі міжнародного досвіду. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2016. № 1–2. С. 116–127. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemleustriy_2016_1-2_17.
6. Рослини в житті українців. Історичний аспект. Ваш сад: веб-сайт. URL: <http://www.vashsad.ua/plants/dendrolog/articles/show/5677/>
7. Державна служба статистики України. Основні сільськогосподарські характеристики домогосподарств у сільській місцевості в 2017 році. *Статистичний бюлетень*. Київ. Веб-сайт. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm
8. Бортник С. Ю., Лаврук Т. М., Підкова О. М. Екологічна спрямованість освітньої програми «Ґрунтознавство, управління земельними ресурсами та територіальне планування». *Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи: матеріали I міжнародної інтернет-конференції*. 26 лютого 2021 р. ХНУ імені В. Н. Каразіна. С. 25–29. URL: <http://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2021/02/akt-probl-form-i-neform-osv-z-monit-dovk-ta-zapov-spr-2021.pdf>
9. Дендрологічний парк Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Веб-сайт. URL: <https://knau.kharkov.ua/dendropark.html>
10. Дергачівський район. Інвестиційний паспорт URL: http://dergachirda.gov.ua/img/userimages/user_758/pasport1.pdf
11. Кобець Т. О., Хижняк А. Ю. Оцінка компетентностей власників присадибних ділянок щодо захисту овочевих, фруктових й декоративних культур. Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: матеріали VIII Міжнародної наукової конференції молодих вчених. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна. 29–30 жовтня. С. 225–226.
12. Опыт о садах. Клод-Анри Ватле. Claude-Henri Watelet. Essai sur les jardins. 1774. Веб-сайт. URL: http://landscape.totalarch.com/essai_sur_les_jardins_claude_henri_watelet
13. Сады и время. Авторский проект Бориса Соколова. Веб-сайт. URL: <http://www.gardenhistory.ru/page.php?pageid=1>
14. Нефедов В. А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. Санкт-Петербург, 2002. 143 с.
15. Крижановська Н. Я. Основи ландшафтного дизайну: Підручник. К. : «Ліра-К», 2017. 218 с.
16. Гололобова О. О., Кобець Т. О., Хижняк А. Ю. Оцінка компетентностей власників приватних садів в облаштуванні присадибних ділянок. *Охорона довкілля: зб. наук. статей XVI Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна. 2020. С. 32–34. URL: <http://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2020/11/taliev-2020.pdf>
17. Барабаш А. Г., Пророченко В. В. Добросусідство як правовий інститут. *Підприємництво, господарство і право*. 2019. № 6. С. 114–119. URL: <http://pgp-journal.kiev.ua/archive/2019/6/21.pdf>

References

1. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M. & Tretiak, N. A. (2018). Trends and consequences of land reform in Ukraine in the context of quality of life and security of the population. *Land management, cadastre and land monitoring*. 2, 12–21. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemleustriy_2018_2_4 (in Ukrainian).
2. Drugak, V. M. (2013). Economics of land use in rural households: concept and essence. *Land management, cadastre and land monitoring*. 3, 34–39. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemleustriy_2013_3_7 (in Ukrainian).
3. Ovsianikov, S. (2014). Agricultural households of Ukraine: problems and prospects. *Equipment and technologies of the agro-industrial complex*. 12, 16–20. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titapk_2014_12_7. (in Ukrainian).

4. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M. & Tretiak, N. A. (2017). Spatial planning of land use in the context of forming the financial stability of united territorial communities. *Land management, cadastre and land monitoring*. 1, 21–27. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemleustriy_2017_1_6. (in Ukrainian).
5. Martun, A. G. & Avramchuk, B. O. (2016). Improving the agricultural real estate market of Ukraine on the basis of international experience. *Land management, cadastre and land monitoring*, 1–2, 116–127. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemleustriy_2016_1-2_17. (in Ukrainian).
6. Plants in the life of Ukrainians. Historical aspect. Your garden: website. Retrieved from: <http://www.vashsad.ua/plants/dendrolog/articles/show/5677/> (in Ukrainian).
7. State statistics service of Ukraine. (2017). Main agricultural characteristics of households in rural area in 2017. *Statistical bulletin*. Kyiv. Retrieved 2021, February 27 from: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/pub17_u.htm
8. Bortnyk, S. Yu., Lavruk, T. M. & Pidkova, O. M. (2021). Ecological orientation of the educational program "Soil Science, Land Management and Spatial Planning. *Proceedings of the I International Internet Conference: Current issues of formal and non-formal education in environmental monitoring and nature conservation.*, 2021, February 26, (pp.25–29). Kharkiv: V.N. Karazina KhNU Retrieved from <http://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2021/02/akt-probl-form-i-neform-osv-z-monit-dovk-ta-zapov-spr-2021.pdf> (in Ukrainian).
9. Dendrology park of Kharkivs'kyi Natsional'nyy Ahrarnyy Universytet Im. V. V. Dokuchayeva. Website. Retrieved from: <https://knau.kharkov.ua/dendropark.html>
10. Dergachiv district. Investment passport. Retrieved from: http://dergachirda.gov.ua/img/userimages/user_758/pasport1.pdf (in Ukrainian).
11. Kobets, T. O. & Khyzniak, A. Yu. (2020). Assessment of the competencies of homeowners in the protection of vegetable, fruit and ornamental crops. *Proceedings of the VIII International Scientific Conference of Young Scientists: Ecology, neo-ecology, environmental protection and sustainable use of nature*: October 29–30, (pp.225–226). Kharkiv: V.N. Karazina KhNU. (in Ukrainian).
12. Claude Henri Watelet. Essay on Gardens. 1774. Веб-сайт. Retrieved from: http://landscape.totalarch.com/essai_sur_les_jardins_claude_henri_watelet (in Russian).
13. Gardens and time. Boris Sokolov's author's project. Retrieved 2021, February 23 from <https://www.elledecoration.ru/interior/outdoor/sad-v-etreta-rabota-russkogo-landshaftnogo-arhitekтора/> (in Russian).
14. Nefedov, V. A. (2002). Landscaping and environmental sustainability. St. Petersburg. (in Russian).
15. Kryzhanovska, N. Ya. (2017). Fundamentals of landscape design: Textbook. Kyiv. (in Ukrainian).
16. Gololobova, O. O. Kobets, T. O. & Khyzniak, A. Yu. (2020). Assessment of competencies of owners of private estate in the arrangement homesteads. *Proceedings of the XVth All-Ukrainian Scientific Taliyivsky readings: Environmental protection*. Kharkiv: V.N. Karazina KhNU. October 30, 32–34. Retrieved from: <http://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2020/11/taliev-2020.pdf> (in Ukrainian).
17. Barabash, A. G. & Prorochenko, V. V. (2019). Neighborliness as a legal institution. *Entrepreneurship, economy and law*, 6, 114–119. Retrieved from: <http://pgp-journal.kiev.ua/archive/2019/6/21.pdf> (in Ukrainian).

Отримана 03.03.2021

Переглянуто 12.03.2021

Прийнята до друку 22.03.2021

БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК (UDC): 574.64:504.064

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-09>

А. М. КРАЙНЮКОВА¹, д-р біол. наук, проф., О. М. КРАЙНЮКОВ², д-р геогр. наук, проф.,
І. А. КРИВИЦЬКА², канд. біол. наук

¹НДУ Український науково-дослідний інститут екологічних проблем
вул. Бакуліна, 6, м. Харків, 61166, Україна

²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна

e-mail: biotest.nieepkharkiv@meta.ua
alkraynukov@gmail.com
ivkrivitska@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1005-8850>
<https://orcid.org/0000-0002-5264-3118>
<https://orcid.org/0000-0003-4727-794X>

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИК БІОТЕСТУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Мета. аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду з вирішення проблеми хімічного забруднення поверхневих вод, його економічних наслідків відповідно до положень європейського законодавства.

Методи. Системний аналіз.

Результати. Здійснено аналіз зарубіжних та вітчизняних джерел з питань використання методик біотестування для оцінювання екологічного стану поверхневих вод та визначення токсичних властивостей води і хімічних речовин. Обґрунтовано вибір оптимального набору методик біотестування для оцінювання екологічних наслідків хімічного забруднення поверхневих вод; дослідження системи екологічної відповідальності, яка діє в європейських та інших зарубіжних країнах, та національних нормативно-правових актів щодо стягнення збитків за порушення водного законодавства. У світовій практиці для отримання даних щодо впливу небезпечних хімічних речовин токсичної дії на водні екосистеми використовується метод біотестування. Біотести доступні і дешеві (при використанні спеціально опрацьованих для практичних потреб модифікацій), не вимагають спеціальної підготовки виконавців і легко можуть бути засвоєні в дослідних лабораторіях.

Висновки. Для оцінки і контролю якості поверхневих вод та джерел їх забруднення відповідно до рекомендацій Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС застосовуються методики біотестування з використанням «базового набору таксонів» – водоростей, ракоподібних та риб.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: поверхневі води, водний об'єкт, водна екосистема, хімічне забруднення, метод біотестування, хімічні речовини токсичної дії, екологічна відповідальність

Krainiukova A. M.¹, Krainiukov O. M.², Kryvytska I. A.²

¹Scientific-research establishment «Ukrainian Research Institute of Environmental Problems»
st. Bakulina, 6, 61166, Kharkiv, Ukraine

²V. N. Karazin Kharkiv National University, Svoboda Square, 6, 61022, Kharkiv, Ukraine

USE OF BIOTESTING METHODS FOR ASSESSING THE ECOLOGICAL CONDITION OF SURFACE WATERS

Purpose. Analysis of national and foreign experience in solving the problem of chemical pollution of surface waters and its economic consequences in accordance with the provisions of European legislation.

Methods. System analysis.

© Крайнюкова А. М., Крайнюков О. М., Кривицька І. А., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Results. Selection of the optimal set of biotesting methods for assessing the environmental consequences of chemical pollution of surface waters; study of the system of environmental liability, which operates in European and other foreign countries, and national regulations on the recovery of damages for violations of water legislation. The analysis of foreign and national sources on the use of biotesting techniques to assess the ecological status of surface waters and determine the toxic properties of water and chemicals. In world practice, a biotesting method is used to obtain data on the effects of hazardous toxic chemicals on aquatic ecosystems. Biotests are available and cheap (when using specially designed modifications for practical needs), do not require special training of performers and can be easily mastered in practical laboratories.

Conclusions. To assess and control the quality of surface waters and their sources of pollution in accordance with the recommendations of the Water Framework Directive 2000/60 / EC, biotesting techniques are used using a "basic set of taxa" - algae, crustaceans and fish.

KEY WORDS: surface waters, water body, aquatic ecosystem, chemical pollution, biotesting method, toxic chemicals, ecological responsibility

Крайнюкова А. Н.¹, Крайнюков А. Н.², Кривицкая И. А.²

¹Научно-исследовательская организация «Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем», ул. Бакулина, 6, г. Харьков, 61166, Украина

²Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, пл. Свободы, 6, г. Харьков, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИК БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Цель. Анализ отечественного и зарубежного опыта по решению проблемы химического загрязнения поверхностных вод и их экономических последствий в соответствии с положениями европейского законодательства.

Методы. Системный анализ.

Результаты. Выбор оптимального набора методик биотестирования для оценки экологических последствий химического загрязнения поверхностных вод; исследования системы экологической ответственности, которая действует в европейских и других зарубежных странах, и национальных нормативно-правовых актов по взысканию ущерба за нарушение водного законодательства. Осуществлен анализ зарубежных и отечественных источников по вопросам использования методик биотестирования для оценки экологического состояния поверхностных вод и определения токсических свойств воды и химических веществ. В мировой практике для получения данных о влиянии опасных химических веществ токсического действия на водные экосистемы используется метод биотестирования. Биотесты доступные и дешевые (при использовании специально разработанных для практических нужд модификаций), не требуют специальной подготовки исполнителей и легко могут быть освоены в исследовательских лабораториях.

Выводы. Для оценки и контроля качества поверхностных вод и источников их загрязнения в соответствии с рекомендациями Водной Рамочной Директивы 2000/60 / ЕС применяются методики биотестирования с использованием «базового набора таксонов» - водорослей, ракообразных и рыб.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: поверхностные воды, водный объект, водная экосистема, химическое загрязнение, метод биотестирования, химические вещества токсического действия, экологическая ответственность

Вступ

Оцінювання екологічного стану водних об'єктів шляхом спостереження за зміною індикаторних організмів дозволяє об'єктивно визначати ознаки наближення екологічного регресу водної екосистеми внаслідок порушення самоочисної здатності водного об'єкта. В такий спосіб моніторингові служби отримують можливість завбачати несприятливі екологічні ситуації при розробленні відповідними органами управління певних превентивних заходів, які б цю загрозу попереджували.

Повсюдне посилення антропогенного навантаження на поверхневі води зумовлює нагальну потребу в удосконаленні системи охорони водних ресурсів шляхом залучення

біологічних методів оцінювання екологічних наслідків хімічного забруднення поверхневих вод та сучасних підходів щодо розрахунку збитків, заподіяних водним об'єктам внаслідок їх забруднення екологічно небезпечними хімічними речовинами на основі результатів екотоксикологічної оцінки джерел забруднення водних об'єктів.

Одним із ефективних заходів попередження забруднення навколишнього природного середовища, зокрема поверхневих вод хімічними речовинами токсичної дії є використання методу біотестування, за допомогою якого встановлюються нормативи екологічно безпечного водокористування [1].

Метод біотестування є експериментальним прийомом, який здійснюється в стандартних умовах і ґрунтується на реєстрації відгуків організмів (тест-об'єктів) на сумісну дію хімічних речовин, присутніх у воді з урахуванням різних проявів їх взаємодії – синергізму, антагонізму та адитивності.

Метод біотестування починаючи з 70-х років минулого століття у ряді розвинених країн використовується для вирішення важливих природоохоронних завдань.

Результати та обговорення

Станом на сьогоднішній день найбільш розповсюдженими є методики, представлені в рекомендаціях та керівництвах таких організацій як ОЕСР, ІСО, Агентство з охорони навколишнього середовища США (таблиця).

У цих методиках використовуються різні реакції представників водних організмів усіх ланок трофічного ланцюга водної екосистеми: у водоростей – інтенсивність фотосинтезу, вміст хлорофілу, каротиноїдів, концентрація клітин, біомаса; у макрофітів – зміна тургору і забарвлення листових пластин, біомаса; у ракоподібних – виживаність, плодючість, частота рухів антен та серцевих скорочень, абортвання яєць та ембріонів; у риб – порушення ембріонального розвитку, виживання організмів на ранніх життєвих стадіях, швидкість зростання, біомаса, акумуляція небезпечних хімічних речовин в органах та в тканинах, імобілізація; серед бентосних організмів – плодючість, імобілізація, акумулювання небезпечних хімічних речовин в органах і тканинах.

Аналіз результатів впровадження методик біотестування в систему оцінки і контролю якості природних і стічних вод в різних зарубіжних країнах показав, що в США за їх допомогою досить ефективно було вирішено проблему охорони вод від токсичного забруднення [10]. Про це свідчить підготовлений Агентством з охорони навколишнього середовища (ЕРА) документ «Стратегія в галузі дослідження вод», в якому наголошується необхідність застосування біотестів для оцінки токсичності води [11].

В останні роки набір методик біотестування, який застосовується підрозділами ЕРА в США, включає біотести з використанням показників виживаності риб на ранніх стадіях розвитку, наприклад *Pimephales promelas*, виживаності та плодючості церіодафній *Ceriodaphnia dubia*, простоту

розробці різних методик і процедур біотестування для визначення токсичності окремих хімічних речовин та їх сумішей, поверхневих та стічних вод присвячено численні роботи вітчизняних авторів, опублікованих у різні періоди [2-9].

Мета роботи – аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду з вирішення проблеми хімічного забруднення поверхневих вод його економічних наслідків відповідно до положень європейського законодавства

чисельності клітин водоростей *Selenastrum capricornutum* [12].

Нормування небезпечних хімічних речовин, які надходять до поверхневих вод разом зі стічними водами, в США регулюється Кодексом федеральних правил (40 CFR 401.15, 40 CFR Part 423, Appendix A) Законодавством США. Зокрема Законом «Про чисту воду», забороняється скидання токсичних стічних вод. З цією метою використовуються методики визначення гострої та хронічної токсичності стічних вод переважно на рибах (*Pimephales promelas*), водоростях (*Selenastrum capricornutum*) і ракоподібних (*Ceriodaphnia dubia*) [13].

У Канаді управління поверхневими водами здійснюється відповідно до положень Закону «Про воду» та Закону «Про захист навколишнього середовища», які встановлюють загальні принципи управління якістю поверхневих вод у країні. Нормування впливу промислових стічних вод на водне середовище та здоров'я людини здійснюється відповідно до Правил «Про скид шахтних стічних вод» [14], Правил «Про скид стічних вод» [15] та Правил «Про скид стічних вод целюлозно-паперової промисловості» [16]. Для визначення токсичних властивостей стічних вод використовуються методики біотестування на дафніях (*Daphnia magna*) та райдужній форелі (*Oncorhynchus mykiss*). Контроль якості води водоприймача стічних вод здійснюється шляхом проведення моніторингу стану гідробіонтів у воді і донних відкладах, а також шляхом визначення сублетальної токсичності на рибах (*Oncorhynchus mykiss*, *Pimephales promelas*), ракоподібних (*Daphnia magna*), вищих водних рослинах (*Lemna minor*) та водоростях (*Chlorella vulgaris*).

У ряді інших зарубіжних країн метод біотестування також впроваджується у водоохо-

Таблиця

Найбільш розповсюджені методики біотестування

Table

The most common methods of biotesting

Організація	Методики біотестування
ОЕСР	Test No. 201: Alga, Growth Inhibition Test Test No. 221: <i>Lemna sp.</i> Growth Inhibition Test Test No. 202: <i>Daphnia sp.</i> Acute Immobilisation Test Test No. 211: <i>Daphnia magna</i> Reproduction Test Test No. 203: Fish, Acute Toxicity Test Test No. 204: Fish, Prolonged Toxicity Test: 14-Day Study Test No. 210: Fish, Early-Life Stage Toxicity Test Test No. 212: Fish, Short-term Toxicity Test on Embryo and Sac-Fry Stages Test No. 215: Fish, Juvenile Growth Test Test No. 229: Fish Short Term Reproduction Test No. 230: 21-day Fish Assay Test No. 231: Amphibian Metamorphosis Assay Test No. 218: Sediment-Water Chironomid Toxicity Using Spiked Sediment Test No. 219: Sediment-Water Chironomid Toxicity Using Spiked Water Test No. 233: Sediment-Water Chironomid Life-Cycle Toxicity Test Using Spiked Water or Spiked Sediment Test No. 225: Sediment-Water Lumbriculus Toxicity Test Using Spiked Sediment
ISO	ISO 10712:1995 Water quality - <i>Pseudomonas putida</i> growth inhibition test (<i>Pseudomonas</i> cell multiplication inhibition test) ISO 11348:2007 Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of <i>Vibrio fischeri</i> (Luminescent bacteria test) -- ISO 20079:2005 Water quality - Determination of the toxic effect of water constituents and waste water on duckweed (<i>Lemna minor</i>) - Duckweed growth inhibition test ISO 8692:2004 Water quality - Freshwater algal growth inhibition test with unicellular green algae ISO 6341:1996 Water quality - Determination of the inhibition of the mobility of <i>Daphnia magna</i> Straus (<i>Cladocera, Crustacea</i>) -- Acute toxicity test ISO 10706:2000 Water quality - Determination of long term toxicity of substances to <i>Daphnia magna</i> Straus (<i>Cladocera, Crustacea</i>) ISO/CD 16303 Water quality - Determination of toxicity of fresh water sediments using <i>Hyalella azteca</i> ISO 20665:2008 Water quality - Determination of chronic toxicity to <i>Ceriodaphnia dubia</i> ISO 15088:2007 Water quality - Determination of the acute toxicity of waste water to zebrafish eggs (<i>Danio rerio</i>) ISO 7346:1996 Water quality - Determination of the acute lethal toxicity of substances to a freshwater fish [<i>Brachydanio rerio</i> Hamilton Buchanan (<i>Teleostei, Cyprinidae</i>) ISO 10229:1994 Water quality - Determination of the prolonged toxicity of substances to freshwater fish - Method for evaluating the effects of substances on the growth rate of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum (<i>Teleostei, Salmonidae</i>)) ISO 12890:1999 Water quality - Determination of toxicity to embryos and larvae of freshwater fish - Semi-static method
Агенство з охорони навколишнього середовища США	850.1010 - Aquatic Invertebrate Acute Toxicity, Test, Freshwater Daphnids 850.1020 - Gammarid Acute Toxicity Test 850.1075 - Fish Acute Toxicity Test, Freshwater And Marine 850.1300 - Daphnid Chronic Toxicity Test 850.1400 - Fish Early-Life Stage Toxicity Test 850.1500 - Fish Life Cycle Toxicity 850.1730 - Fish BCF 850.1735 - Whole Sediment Acute Toxicity Invertebrates, Freshwater 850.1790 - Chironomid Sediment Toxicity Test 850.1850 - Aquatic Food Chain Transfer 850.4400 - Aquatic Plant Toxicity Test Using Lemna Spp., Tiers I and II 850.5400 - Algal Toxicity, Tiers I and II

ронну практику. Питанням забезпечення нормального функціонування водних екосистем в країнах Європейського Союзу присвячена значна увага, що відображено в Директивах

Серед них базовим документом є Водна Рамкова Директива 2000/60/ЄС (ВРД) [17], яка встановлює основні засади охорони поверхневих вод від шкідливого впливу небезпечних хімічних речовин. Так, згідно зі ст. 16 ВРД визначено стратегію щодо поводження з хімічними речовинами для захисту поверхневих водних об'єктів від забруднення.

Відповідно до пункту 1.2.6. Додатку V ВРД 2000/60/ЄС з метою обмеження надходження до поверхневих вод небезпечних хімічних речовин встановлюються екологічні стандарти якості води на «базовому наборі таксонів» з використанням представників основних ланок трофічного ланцюга водної екосистеми: водоростей та / або макрофітів ракоподібних та риб.

Найбільш розповсюдженими тест-об'єктами для здійснення оцінки безпеки окремих хімічних речовин, їх сумішей для водної екосистеми та встановлення екологічних стандартів якості води є наступні:

- серед водоростей: *Scenedesmus subspicatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Selenastrum capricornutum*, *Chlorella vulgaris*, *Pseudokirchneriella subcapitata*;

- серед ракоподібних: *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia dubia*, *Ceriodaphnia affinis*, *Hyalella azteca*;

- серед риб: *Danio rerio*, *Oncorhynchus mykiss*, *Cyprinus carpio*;

- серед макрофітів: *Lemna minor*.

У межах стратегії поводження з хімічними забруднюючими речовинами, які становлять небезпеку для водної екосистеми, впроваджені Директиви 2008/105/ЄС [18] та 2013/39/ЄС [19]. У них увагу зосереджено на основні засади управління хімічним забрудненням поверхневих вод особливо небезпечними хімічними речовинами, моніторинг яких повинен здійснюватися на загальноєвропейському рівні. У передмові зазначених Директив (пункт 1) наголошується, що хімічне забруднення поверхневих вод становить загрозу для водного середовища з такими наслідками, як гостра та хронічна токсичність для водних організмів, накопичення шкідливих речовин у водній екосистемі та зникнення природних ареалів і зменшення біологічного різноманіття. У зв'язку з цим у статті 1 визначається головна мета Директив – впровадження екологічних стандартів якості для пріоритетних

хімічних речовин та інших забруднюючих речовин для досягнення доброго хімічного статусу поверхневих вод.

«Базовий набір таксонів» в країнах ЄС використовується також для визначення токсичних властивостей нових хімічних речовин або сумішей, які розроблені на території країн ЄС або є імпортованими. Зазначені процедури здійснюються відповідно до Регламенту ЄС № 1907/2006 Про реєстрацію, оцінку, авторизацію і обмеження хімічних речовин та препаратів (REACH). Додатками VII-X Регламенту встановлюються обов'язкові вимоги до стандартної інформації нової хімічної речовини необхідної для отримання дозволу на її використання, серед якої для захисту водної екосистеми використовуються результати екотоксикологічних досліджень на водоростях, ракоподібних та рибках [24].

Відповідно до Регламенту ЄС № 1272/2008 щодо класифікації, маркування та пакування хімічних речовин і сумішей, який замінює та скасовує Директиви 67/54 /ЄС і 1999/45/ЄС та вносить зміни до Регламенту (ЄС) № 1907/2006 REACH. Віднесення хімічної речовини чи суміші до певної категорії здійснюється на основі проведених методом біотестування випробувань на «базовому наборі таксонів» за визначеними Регламентом критеріями [25].

Окрім токсикологічної оцінки хімічних речовин за допомогою методу біотестування, в країнах ЄС цей метод використовується для захисту водного середовища від негативного впливу джерел забруднення поверхневих вод. У роботах [26, 27] показано, що у Франції функціонує система контролю якості води, заснована на використанні значного набору показників, у тому числі і токсикологічних, за допомогою яких здійснюється комплексна оцінка якості природних вод і контроль джерел забруднення водних об'єктів. Організовано виробничий контроль токсичності стічних вод практично на всіх промислових підприємствах. Біотестування проводиться за допомогою набору стандартних методик. В якості тест-об'єктів використовуються представники основних трофічних ланок водної екосистеми: риби, безхребетні, водорості і бактерії.

Оцінка токсичності промислових стічних вод проводиться на низці підприємств у Великобританії з метою контролю їх якості при скиданні у водні об'єкти, який здійснюється за допомогою райдувної форелі і дафній. Первинний скринінг проводиться із застосуванням бактерій і дафній за показником

виживаності, подальше тестування включає оцінку ростових процесів водоростей, а також реєстрацію виживаності лососевих і коропо-вих риб [28, 29].

У Швеції застосовують методику визна-чення токсичності стічних вод, що утворю-ються на різних стадіях виробничого процесу. Для біотестування використовуються різні ре-акції водних організмів: репродуктивна здат-ність, ряд фізіолого-біохімічних показників, вивчаються також канцерогенні та мутагенні властивості токсикантів, які входять до складу стічних вод [30].

Ряд стандартних біотестів для визна-чення гострої токсичності води і хімічних реч-овин застосовуються у водоохоронній прак-тиці в Фінляндії [31, 32]. В якості тест-об'єктів використовуються райдужна форель, риба-зе-бра, дафнії, водорості і бактерії. Проводяться також хронічні експерименти з використан-ням ікри риб і молоді дафній для одержання даних щодо залежності між дією стічних вод на стан риб в лабораторних і природних умо-вах. Такі дослідження проведені в місцях ски-дання стічних вод целюлозно-паперової, мета-лургійної, хімічної та нафтохімічної галузей.

Значну кількість публікацій присвячено проблемі розробки та впровадження біотестів у практику водоохоронної діяльності в Чехії, Угорщині, Польщі та інших країнах [33]. В якості тест-об'єктів в методиках біотесту-вання використовується різноманітний набір організмів: найпростіші, ракоподібні, водоро-сті, риби та інші. Галузь застосування біотес-тів в цих країнах поширюється на контроль стічних вод, окремих хімічних речовин, здійс-нюється також еколого-токсикологічна оцінка якості поверхневих вод.

В Україні для забезпечення захисту по-верхневих вод при надходженні екологічно небезпечних хімічних речовин Водним кодек-сом України (ВКУ) та підпорядкованими йому нормативно-правовими актами встановлю-ються такі нормативи екологічного спряму-вання: нормативи екологічної безпеки водоко-ристування; екологічний норматив якості води масивів поверхневих вод; нормативи гра-нично допустимого скидання забруднюючих речовин [34].

Відповідно до статей 41, 70 ВКУ ски-дання стічних вод у водні об'єкти допуска-ється лише за умови наявності нормативів гра-нично допустимих концентрацій та встановле-них нормативів гранично допустимого ски-дання забруднюючих речовин. У зв'язку з цим водокористувачі зобов'язані здійснювати

заходи щодо запобігання скиданню стічних вод чи його припинення, якщо вони переви-шують гранично допустимі скиди токсичних речовин або містять речовини, для яких не встановлено гранично допустимі концентрації (ГДК). Слід підкреслити, що ГДК речовин для води водних об'єктів рибогосподарського во-докористування встановлюються на основі ви-значення методом біотестування безпечних для водних організмів концентрацій хімічних речовин, що нормуються.

Основні вимоги до нормування грани-чно допустимого скидання (ГДС) забруднюю-чих речовин, які надходять до поверхневих вод разом зі стічними водами різних вироб-ництв, регулюється Порядком, який встанов-лено Постановою Кабінету Міністрів України № 1100 від 11.09.96 (зі змінами відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 13 грудня 2017 р. № 1091) [35, 36]. Слід звернути увагу, у списку А зазначеної Постанови серед Переліку забруднюючих речовин, що норму-ються, присутній показник «рівень токсично-сті води» на основі біотестування.

Нормативом гранично допустимого рі-вня токсичності стічних вод на скиди у водний об'єкт є відсутність гострої летальної токсич-ності. Наявність чи відсутність гострої леталь-ної токсичності визначають шляхом прове-дення короткострокового випробування мето-дом біотестування.

Хімічні речовини, які входять до складу стічних вод, при надходженні до поверхневих вод можуть призводити до хронічної інтокси-кації середовища шляхом порушення норма-льного функціонування водних організмів, пригнічення самоочисних процесів, розвитку процесів евтрофікації тощо. У зв'язку з цим, нормативом гранично допустимого рівня ток-сичності природних вод є відсутність хроніч-ної токсичності [37].

У якості обов'язкового тест-об'єкта для визначення токсичності природних і стічних вод відповідно до [37] рекомендується вико-ристовувати методику біотестування на ракоподі-бних *Ceriodaphnia affinis* у зв'язку з їх чутливі-стю до широкого спектру хімічних речовин.

На основі відповідних Положень ВКУ та наведених вище підзаконних актів [35, 36] метод біотестування в останні десятиріччя широко використовується в Україні для вирі-шення важливого водоохоронного завдання – попередження подальшого забруднення пове-рхневих вод екологічно небезпечними хіміч-ними речовинами.

Провідна роль у розробленні наукових засад, нормативно-правового, методичного та метрологічного забезпечення впровадження методу біотестування у водоохоронну практику належить спеціалістам Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем (лабораторія біологічних досліджень та біотестування), який в період з 1974 р. по теперішній час проводить дослідження в зазначеному напрямку у межах виконання регіональних, національних програм, міжнародних проектів та на замовлення виробничих підприємств різних галузей економіки [38].

Метою одного із міжнародних проектів, який виконувався на замовлення Міжнародного Центру Розвитку наукових досліджень, Канада [39], спеціалістами Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем та Інституту гідробіології НАН України було випробування методів біотестування затверджених в Україні та об'єднаних в батарею «WaterTox» (Канада) для визначення набору біотестів найбільш оптимальних для місцевих умов [39, 40]. Для оцінки ефективності методик біотестування було розроблено ряд критеріїв [41], серед яких до найбільш важливого віднесено критерій «чутливість».

Обговоренню питання щодо чутливості водних організмів до дії токсичних речовин присвячено численні роботи. Поняття чутливості організмів має два аспекти - якісний і кількісний. В якісному відношенні чутливість означає здатність певних функцій життєдіяльності організму відповідати на вплив хімічних речовин. У кількісному відношенні найчастіше чутливість використовується для зіставлення реактивності різних організмів, функцій і процесів на шкідливі впливи. Один організм вважається більш чутливим, ніж інший, якщо порушення його функцій життєдіяльності відбувається раніше при менших концентраціях або вираженість таких порушень виявляється раніше. При дослідженні дії токсичної речовини на організм оцінюють його реакцію за одним або декількома показниками. Якщо досліджується сукупність показників, то, зазвичай, загальна чутливість організму встановлюється по найчутливішому з показників [41].

Далі наведено перелік критеріїв, за якими здійснювалась оцінка ефективності методик біотестування:

- чутливість: кількість позитивних відпо-

відей на вплив токсичних проб води з числа проаналізованих;

- мінімальна діюча концентрація найбільш токсичної проби води згідно з критерієм токсичності, %;

- експресність: тривалість біотеста, год.;

- трудомісткість: витрати часу на підготовку та проведення біотестування, обчислення результатів, год.;

- економічність: стартові та експлуатаційні витрати (придбання спеціального обладнання, матеріалів, реактивів, культури тест-об'єкта, тощо), грн.;

- особливості біотеста (можливість визначення гострої і хронічної токсичності, генотоксичності, відсутність суб'єктивізму в оцінюванні тест-реакції) і тест-об'єкта (спосіб отримання та можливість безперервного використання);

- метрологічне забезпечення: похибка результатів визначення токсичності, відтворюваність результатів визначення токсичності, норматив оперативного контролю відтворюваності результатів визначення токсичності, діапазон реагування тест-об'єкта;

- наявність нормативно-правових засад використання: нормативні документи, національні, міжнародні стандарти;

- можливість та ефективність використання за умов виробничих і контролюючих лабораторій та в польових умовах;

- розповсюдженість використання в інших країнах (ЄС, США, Канаді, тощо).

Випробування методик біотестування проводилось на стічних, природних і питних водах, проби яких відбирали на території Київської, Полтавської та Харківської областей. Оцінка методик біотестування здійснювалась експертами - спеціалістами Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем та Інституту гідробіології НАН України, а також представниками регіональних лабораторій, державних управлінь з охорони навколишнього природного середовища. Для випробування було обрано методики біотестування з використанням в якості тест-об'єктів бактерій *Vibrio fisheri*, інфузорій *Tetrahymena pyriformis*, водоростей *Scenedesmus quadricauda*, гідр *Hydra attenuate*, ракоподібних *Daphnia magna* та *Ceriodaphnia affinis*, молюсків *Limnea stagnalis*, риб *Poecilia reticulata*, комах *Drosophila*

melanogaster, водних рослин *Lemna minor*, вищих рослин *Allium cepa* та *Lactuca sativa*.

На підставі результатів випробування для першочергового використання рекомендовано такі методики біотестування: для визначення рівня токсичності поверхневих і стічних вод методику біотестування на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* як найбільш ефективну; для оперативного визначення рівня токсичності джерел забруднення поверхневих вод методику біотестування на ракоподібних *Daphnia magna*, яка здійснюється за допомогою спеціального пристрою [42].

Використання різних методик біотестування здійснювалось також у межах виконання інших міжнародних проєктів [43]. Зокрема при проведенні експедиційних обстежень річки Дніпро та його притоків. Результати біотестування було використано для розроблення системи менеджменту водних об'єктів Дніпровського басейну. Токсикологічна оцінка якості води здійснювалась за допомогою методик біотестування з використанням представників різних трофічних ланок водної екосистеми – бактерій, водоростей, ракоподібних, риб; донних відкладень – з використанням личинок комах. Проби води і донних відкладень для токсикологічних аналізів відбирались у межах басейна Дніпра (річки Дніпро, Десна, Прип'ять, Стоход, Горинь, Стир, Ствига, Уборть, Сейм, Київське водосховище). Узагальнення результатів біотестування показало наступне: із загальної кількості проб води 22,2 % виявили токсичність, тобто не відповідали встановленому нормативу токсичності. При цьому слід підкреслити, що у понад 50 % пробах токсичність води було виявлено при біотестуванні на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis*.

Еколого-токсикологічні обстеження поверхневих водних об'єктів проводились в процесі виконання програми СВС ТАСІС Буг і Латориця/ Уж на території басейнів Дністра, Дунаю, Західного Бугу (річки Дністер, Західний Буг, Латориця, Луга, Полтва, Свиня, Солокія, Стара, Студянка, Тиса, Уж), Південного Бугу (річка Південний Буг, Олександрівське водосховище) [44]. У межах виконання держбюджетної тематики здійснювалась комплексна оцінка екологічного стану водних об'єктів басейну Сіверського Донця (річки Сіверський Донець, Уди, Харків, Лопань, Немишля, Сухий Торець, Оскіл, Червонооскільське та Печенізьке водосховища) [45].

Токсикологічні дослідження якості води трансграничних річок виконувались відповідно до рекомендацій [46].

Аналіз наведених джерел щодо використання методу біотестування для визначення токсичних властивостей різних категорій вод, окремих хімічних речовин та їх сумішей показав, що при проведенні режимних спостережень з оцінки і контролю якості поверхневих вод та джерел їх забруднення зазвичай застосовувались методики біотестування з використанням ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* та *Daphnia magna*. Для більш детального оцінювання впливу хімічного забруднення на екологічний стан поверхневих вод використовували в якості тест-об'єктів представників інших ланок трофічного ланцюга водної екосистеми:

- водорості - *Scenedesmus subspicatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Selenastrum capricornutum*;
- риби - *Danio rerio*, *Poecilia reticulata*, *Cyprinus carpio*;
- водні рослини - *Lemna minor*.

Виходячи із вище зазначеного в проєкт «Методичних рекомендацій з оцінювання екологічних та економічних наслідків забруднення поверхневих вод хімічними речовинами» для оцінювання екологічних наслідків хімічного забруднення поверхневих вод включено наступні методики біотестування з використанням представників основних ланок трофічного ланцюга водної екосистеми (водоростей, ракоподібних, риб).

Методики біотестування з використанням в якості тест-об'єктів водоростей:

- випробовування за пригніченням росту прісноводних водоростей *Scenedesmus subspicatus*, *Scenedesmus quadricauda* u *Selenastrum capricornutum*. ДСТУ 4166:2003 (ISO 8692:1989, MOD) [47];

- методика визначення токсичності хімічних речовин за показником пригнічення росту водоростей – Freshwater Alga, Growth Inhibition. Test OECD Test No. 201. 2013 [48].

Водорості у трофічному ланцюгу водних екосистем відносяться до організмів-продуцентів. Водорості широко розповсюджені в різних біотопах, головним чином, у планктоні прісних водних об'єктів. Для біотестування різних категорій вод, окремих хімічних речовин та їх сумішей використовують переважно культуру одноклітинних зелених водоростей *Scenedesmus quadricauda*. Цей вид відноситься до ценобіальних організмів. Ценобії 2-, 4-, 8-, рідко 16-клітинні, мають вид плоских пластинок. Клітини подовжено овальні із

закругленими кінцями. Кінцеві клітини в ценобіях мають два відігнуті назовні роги. Оболонка клітин гладенька. Розміри клітин 7-43x2,5-16 мкм. Розмноження автоспорами. Іноді (особливо за умов лабораторної культури) замість ценобіїв утворюються окремі клітини.

Методики біотестування з використанням в якості тест-об'єктів ракоподібних:

- визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea). ДСТУ 4173:2003 (ISO 6341:1996, MOD) [49];

- визначання сублетальної та хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia magna* Straus і *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea). ДСТУ 4174:2003. (ISO 10706:2000, MOD) [50];

- методика визначення токсичності хімічних речовин за показником виживаності дафній - *Daphnia* sp. Acute Immobilisation Test. OECD Test No. 202. 2004 [51];

- методика визначення токсичності хімічних речовин за показником репродуктивності дафній - *Daphnia magna* Reproduction Test. OECD Test No. 211. 2012 [52].

Ракоподібні, зокрема гіллястовусі (Cladocera), є типовими представниками зоопланктону. Їх значення у водних екосистемах зумовлено тим, що вони є цінним компонентом кормової бази для багатьох видів риб. Крім цього, гіллястовусі ракоподібні відіграють важливу роль у самоочищенні води, виконуючи фільтраційну функцію. При біотестуванні різних категорій вод, окремих хімічних речовин та їх сумішей використовуються як тест-об'єкти ракоподібні: *Daphnia magna* (далі – дафнії) та *Ceriodaphnia affinis* (далі – церіодафнії). Їм властива висока чутливість до речовин різної хімічної природи; вони легко культивуються в лабораторії впродовж року.

Кожний із вказаних тест-об'єктів має свої переваги. Так, дафнії є більш крупними організмами. На них зручніше проводити спостереження за розвитком яєць та ембріонів, виявляти вродливість, проводити виміри. Церіодафнії є більш чутливими до багатьох токсичних речовин, в першу чергу, до органічних.

Життєвий цикл церіодафній коротший, внаслідок цього експерименти з їх використанням вимагають меншого часу. Крім того, експерименти з церіодафніями більш компактні – для них потрібні менші об'єми розчинів та посуду.

Методики біотестування з використанням в якості тест-об'єктів риб:

- визначання гострої летальної токсичності хімічних речовин та води на прісноводній рибі [*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] Статичний метод. ДСТУ 4074-2001 (ISO 7346-1:1996, MOD) [53];

- методика визначення гострої токсичності хімічних речовин на рибах – Fish, Acute Toxicity Test. OECD Test No. 203. 1992 [54];

- методика визначення хронічної токсичності хімічних речовин на рибах – Fish, Juvenile Growth Test. OECD Test No. 215. 2000. [55].

Риби, поряд з водними ссавцями, є кінцевою ланкою трофічного ланцюга водної екосистеми. Визначення можливого негативного впливу речовини, що нормується, на риб є конче важливим з позиції оцінки небезпеки речовини для існування популяцій риб у водних об'єктах та загрози здоров'ю людини при використанні риби як продукту харчування.

При біотестуванні різних категорій вод, окремих хімічних речовин та їх сумішей рекомендується використовувати прісноводні види риб *Cyprinus carpio*, *Poecillia reticulata* та *Danio rerio*.

Cyprinus carpio є широко розповсюдженим промисловим видом риб, що вирощують у рибних господарствах України. Вони досить легко адаптуються до лабораторних умов утримання. На них зручно проводити дослідження за морфологічними, гематологічними, патологоанатомічними показниками та вивчати кумулятивні властивості.

Danio rerio і *Poecillia reticulata* є акваріумним видом риб. Вони легко культивуються в лабораторії впродовж року, є чутливими до дії багатьох хімічних речовин. *Danio rerio* особливо чутливі на ранніх стадіях розвитку (ембріони та личинки).

Висновки

Незалежно від природи хімічних речовин токсичної дії реакція біотичної складової водної екосистеми на їх наявність у воді розвивається в таких основних напрямках: коливання основних показників біотичної складової

водної екосистеми навколо деяких середніх величин без істотних порушень її структури; перебудова водної екосистеми, що виражається у зміні її структури та характеру функціонування; повна структурно-функціо-

нальна дезорганізація водної екосистеми, руйнування основних ланок трофічного ланцюга, зменшення первинної продукції, зниження біопродуктивності, припинення самоочисних процесів, різке погіршення якості води. Аналіз зарубіжних джерел з питань використання методик біотестування в європейських та інших країнах для визначення токсичних власти-

востей різних категорій вод та окремих хімічних речовин показав, що для оцінки і контролю якості поверхневих вод та джерел їх забруднення відповідно до рекомендацій Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС застосовуються методики біотестування з використанням «базового набору таксонів» – водоростей, ракоподібних та риб.

Література

1. Крайнюков О. М. Науково-методичні основи нормування антропогенного забруднення аквальної ландшафтів: монографія. / ред. А. В. Гриценка, А. М. Крайнюкової. Харків: Екограф, 2013. 260 с.
2. Krainiukov, O., Kryvytska, I., Krainiukov, A., Timchenko V. Analysis of Methodological Approaches to Assessing Economic Consequences of Anthropogenic Environmental Pollution. *Proceedings of the 36th International Business Information Management Association Conference, IBIMA*. 2020. P. 792-784. URL: <https://ibima.org/university/v-n-karazin-kharkiv-national-university-ukraine/>
3. Крайнюкова А. М., Крайнюков О. М., Кривицька І. А. Використання фотосинтетичної активності водоростей задля оцінки токсичності з метою створення портативного пристрою. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2020. Вип. 22. С. 82-92. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-22-08>
4. Клименко М.О., Пилипенко Ю.В., Бедункова О.О., Конончук В.О. Інтенсивність дихання *Amatitlania nigrofasciata* за різних концентрацій токсикантів у модельних експериментах. *Біологічні студії. Львів*, 2017. Том 11. № 1. С. 147–160. DOI: <https://doi.org/10.30970/sbi.1101.518>
5. Янович Д.О., Грициняк І.І., Швець Т.М. Використання лососевих риб (*Salmonidae*) у біомоніторингу якості водного середовища. *Рибогосподарська наука України*. № 1(35), 2016. С. 5–30. DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2016.01.005>
6. Крайнюков О. М., Стріян К. О., Крайнюков О. О. Встановлення метрологічних характеристик методики біотестування з визначення гострої летальної токсичності води на рибах *Brachydanio rerio Hamilton-Vichanap*. *Молодий вчений*. 2018. №9. С. 279-282. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2018_9\(2\)_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2018_9(2)_3)
7. Кривицька І. А., Крайнюков А. О. Встановлення метрологічних характеристик методики біотестування з визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. *Молодий вчений*. 2019. №2. С. 323-326. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-2-66-70>
8. Крайнюков О. М. Встановлення нормативів гранично допустимих рівнів токсичності стічних вод на основі застосування конструктивно-географічної методології суб'єкт-об'єктних відносин. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2017. №16. С. 22-29. URL: http://journals.uran.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/109335
9. Крайнюков О. М., Тімченко В. Д. Методологічні принципи конструктивної географії при дослідженні стану та захисту природних ландшафтів. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2019. №3,4. (31) С. 6-16. URL: http://journals.uran.ua/ludina_dov/article/view/186771
10. Peltier W. H. Impact of an industrial effluent on aquatic organisms: EPA region IV case. *Proc. Pellston Environ. Workshop*, Cody, Wyo., 22 - 27 Aug. 1982. New York, 1986. P. 216 - 227.
11. Стратегия в области исследования вод. Агентство по охране окружающей среды: ДК – 10460. – Вашингтон, 1982. 33 с.
12. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms. USEPA/600/4-91/002. – 3rd Ed.1994.
13. Method Guidance and Recommendations for Whole Effluent Toxicity (WET) Testing (40 CFR Part 136). EPA 821-B-00-004. 2000. URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-02/documents/method-guidance-recommendations-wet-testing_2000.pdf
14. Metal Mining Effluent Regulations (SOR/2002-222). Canada. URL: <https://laws.justice.gc.ca>
15. Wastewater Systems Effluent Regulations (SOR/2012-139). Canada. URL: <https://laws.justice.gc.ca>
16. Pulp and Paper Effluent Regulations (SOR/92-269). Canada. URL: <https://laws.justice.gc.ca>
17. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>
18. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/105/oj>

19. Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy Text with EEA relevance. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/39/oj>
20. Directive 2004/35/CE of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2004/35/oj>
21. Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticide. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/128/oj>
22. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj>
23. Regulation (EC) No 166/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/166/oj>
24. Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1907/oj>
25. Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1272/oj>
26. Vassuer P., Férard, J.F., Babut, M. The biological aspects of the regulatory control of industrial effluents in France. *Chemosphere*. Vol. 22. No 5–6. P. 625–633. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/004565359190073M>
27. Vullierment B. Improvement of the mass end energy balances in the tanning industry. *Ala. Acad. Sci.* 1980. Vol.75. P. 233 - 275.
28. Keddy C.I. Ecotoxicol. *Environ. Saf.* 1995. № 3. P. 221–251. DOI: <https://doi.org/10.1006/eesa.1995.1027>
29. Klein L. Aspects of River Pollution. London, 1957. 621 p.
30. Колупаев Б. И. Исследования по водной токсикологии в Швеции. *Гидробиол. журнал*. 1984. Т. 20. №1. С. 97–107. URL: http://hydrobiolog.com.ua/1984/1984_1.htm
31. Miettinen V. The role of aquatic toxicology in water pollution control. *Roportisar Joensuun yliopisto Matluonnoutieteellis tiedekuunan*. 1986. № 8. P. 41 - 42.
32. Nikunen E. *Daphnia magna* as indicator of the acute toxicity of waste waters. *Bull. Environ. Contam. and Toxicol.* 1985. № 3. P. 368 - 374. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01636524>
33. Pascal D. The role of aquatic toxicity tests in predicting and monitoring pollution effects. *Acta Biologica Limnologica Hungarica*. 1987. № 1. P. 47–58.
34. Водний кодекс України. *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 24. ст.189. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80>
35. Про затвердження Порядку розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти та перелік забруднюючих речовин, скидання яких у водні об'єкти нормується Постановою Кабінету Міністрів України № 1100 від 11.09.96 (зі змінами відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 13 грудня 2017 р. № 1091). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1100-96-%D0%BF>
36. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти зі зворотними водами. Затверджено наказом Міністра охорони навколишнього природного середовища України від 15.12.94 № 116. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 22.12.94 за № 313/523. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0313-94#Text>
37. Методика визначення рівнів токсичності поверхневих і зворотних вод для контролю відповідності їх якості встановленим нормативним вимогам. Затв. наказом Мінекобезпеки України від 31.01.2000 № 27. Київ: Мінекобезпеки України, 2000. 28 с.
38. Крайнюкова А.Н. Биотестирование в системе оценки и контроля источников токсического загрязнения водной среды: автореф. дис... д-ра биол. наук: 14.00.20. Купавна, 1991. 39 с.
39. Порівняльна оцінка методів біотестування, затверджених в Україні та об'єднаних у батарею «Watertox», з метою створення набору біотестів, найбільш оптимальних для місцевих умов. Звіт на проект № 91/13 для Міжнародного Центру Розвитку Наукових Досліджень, Канада. Київ, 2000. 65 с.
40. Архипчук В. В. Исследования в области цитогенетики рыб и биотестирования:(сборник научных трудов). Киев: Реликвии, 2008. 536 с.
41. Крайнюков О. М. Критерії оцінки чутливості організмів та ефективності методик біотестування для визначення токсичних властивостей води. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.*

- Каразіна. Серія «Екологія». 2013. № 1012. С 64-69. URL: http://journals.uran.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/21147
42. Крайнюков О.М., Крайнюкова А.М. Пристрій для біологічного тестування води: пат. 45811 Україна: МПК (2009) 45811 (13) UA (51) GOIN 33/18, заявл. 25.11.09. (11) Бюл. №12. 6с.
 43. Впровадження результатів токсикологічного моніторингу в систему екологічного менеджменту басейну р. Дніпро. Звіт на проект № 91/12 для Міжнародного Центру Розвитку Наукових Досліджень, Канада. УКРНДІЕП: Харків, 1999. 16 с.
 44. Результати екоотоксикологічної оцінки стану транскордонних річок Львівської, Закарпатської і Волинської областей та джерел їх забруднення. Науково-технічний звіт про виконання роботи за програмою СВС ТАСІС Буг і Латориця/Уж. – Львів-Ужгород-Харків, 2000. 37 с.
 45. Крайнюкова А.М., Чистякова О.О., Крайнюков О.М. Комплексна оцінка екологічного стану водних об'єктів (на прикладі басейну р. Сів. Донець). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2011. № 944, вип. 6. С. 61 – 71. URL: http://journals.uran.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/23273
 46. Правила ведення моніторингу і оцінки якості води трансграничних рек. Рабочая группа ООН/ЕЭК по мониторингу и оценке состояния под эгидой Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Братислава, 1995.
 47. ДСТУ 4166-2003. Якість води. Випробування на гальмування росту прісноводних водоростей із застосуванням *Scenedesmus subspicatus* та *Selenastrum capricornutum* (ISO 8692:1998, MOD). – 12 с.
 48. Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test. Test Chem.: Test No. 201. – OECD, 2013. 22 p.
 49. ДСТУ 4173-2003. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD). 17 с.
 50. ДСТУ 4174-2003. Якість води. Визначання сублетальної та хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia magna* Straus і *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 1076:2000, MOD). 22 с.
 51. *Daphnia* sp. Acute Immobilisation Test. Test Chem.: Test No. 202. OECD, 2004. 12 p.
 52. *Daphnia magna* Reproduction Test. Test Chem.: Test No. 211. OECD, 2012. 25 p.
 53. ДСТУ 4074-2001 Якість води. Визначання гострої летальної токсичності хімічних речовин та води на прісноводній рибі [*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] Статичний метод (ISO 7346-1:1996, MOD). 17 с.
 54. Fish, Acute Toxicity Test. Test Chem.: Test No. 203. OECD, 1992. 10 p.
 55. Fish, Juvenile Growth Test. Test Chem.: Test No. 215. OECD, 2000. 16 p.

References

1. Krainiukov, O. (2013.) Scientific and methodical bases of normalization of anthropogenic pollution of aquatic landscapes: monograph. Kharkiv: Ecograph. (In Ukrainian).
2. Krainiukov, O., Kryvytska, I., Krainiukov, A. & Timchenko V. (2020). Analysis of Methodological Approaches to Assessing Economic Consequences of Anthropogenic Environmental Pollution. *Proceedings of the 36nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA*. 792-784. Retrieved from <https://ibima.org/university/v-n-karazin-kharkiv-national-university-ukraine/>
3. Krainyukova, A.M., Krainyukov, O.M. & Kryvytska, I.A. (2020). Use of photosynthetic activity of algae to assess toxicity in order to create a portable device. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, (22), 82-92. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-22-08> (In Ukrainian).
4. Klimentenko, M.O., Pilipenko, Y.V., Bedunkova, O.O. & Kononchuk, V.O. (2017). Respiratory intensity of *Amatitlania nigrofasciata* at different concentrations of toxicants in model experiments. *Biological studies*, 11(1), 147–160. <https://doi.org/10.30970/sbi.1101.518> (in Ukrainian)
5. Yanovich, D.O. & Gritsynyak, I.I. (2016). Shvets TM Use of salmon (*Salmonidae*) in biomonitoring of aquatic environment quality. *Fisheries science of Ukraine*, (1 (35)), 5–30. (In Ukrainian).
6. Krainyukov, O.M., Strian, K.O. & Krainyukov, O.O. (2018). Establishment of metrological characteristics of biotesting methods for determining the acute lethal toxicity of water in fish *Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan. *Young Scientist*, (9), 279-282. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2018_9\(2\)_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2018_9(2)_3) (In Ukrainian).
7. Kryvytska, I.A. & Krainyukov, A.A. (2019). Establishment of metrological characteristics of the method of biotesting to determine the acute lethal toxicity of water on crustaceans *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. *Young Scientist*, (2), 323-326. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2019_2\(2\)_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2019_2(2)_8). (In Ukrainian).
8. Krainyukov, O.M. (2017). Establishment of standards for maximum permissible levels of toxicity of wastewater based on the application of constructive-geographical methodology of subject-object relations. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, (16), 22-29. Retrieved from http://journals.uran.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/109335 (In Ukrainian).

9. Krainyukov, O.M. & Timchenko, V.D. (2019). Methodological principles of constructive geography in the study of the state and protection of natural landscapes. *Man and environment. Issues of neoecology*. (4 (31)), 6-16. Retrieved from http://journals.uran.ua/ludina_dov/article/view/186771 (In Ukrainian).
10. Peltier, W. H. (1986). Impact of an industrial effluent on aquatic organisms: EPA region IV case history. *Proc. Pellston Environ. Workshop, Cody, Wyo.*, 1982, 22 - 27 Aug.. (pp. 216 – 227). New York..
11. Water research strategy. (1982). *Environmental Protection Agency*: DC - 10460. Washington.
12. Lewis, P.A. Klemm, D.J., Lazorchak J.M. (Eds.). (1994). Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms. [3rd Ed.]. USEPA/600/4-91/002.
13. Method Guidance and Recommendations for Whole Effluent Toxicity (WET) Testing (40 CFR Part 136). EPA 821-B-00-004. 2000. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-02/documents/method-guidance-recommendations-wet-testing_2000.pdf
14. Metal Mining Effluent Regulations (SOR/2002-222). Canada. Retrieved from <https://laws.justice.gc.ca>
15. Wastewater Systems Effluent Regulations (SOR/2012-139). Canada. Retrieved from <https://laws.justice.gc.ca>
16. Pulp and Paper Effluent Regulations (SOR/92-269). Canada. Retrieved from <https://laws.justice.gc.ca>
17. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>
18. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/105/oj>
19. Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy Text with EEA relevance. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/39/oj>
20. Directive 2004/35/CE of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2004/35/oj>
21. Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticide. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/128/oj>
22. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj>
23. Regulation (EC) No 166/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/166/oj>
24. Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1907/oj>
25. Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1272/oj>
26. Vassuer, P. Féraud, J.F & Babut, M. (1991). The biological aspects of the regulatory control of industrial effluents in France. *Chemosphere*, 22 (5–6), 625-633. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/004565359190073M>
27. Vullierment, B. (1980). Improvement of the mass end energy balances in the tanning industry. *Ala. Acad. Sci.*, 75, 233 - 275.
28. Keddy, C. I. (1995). Ecotoxicol. *Environ. Saf.*, (3), 221-251. <https://doi.org/10.1006/eesa.1995.1027>
29. Klein, L. (1957). Aspects of River Pollution. London, 1957. 621 p.
30. Kolupaev, B.I. (1984). Research on aquatic toxicology in Sweden. *Hydrobiol. Magazine*, 20 (1), 97-107.
31. Miettinen, V. (1986). The role of aquatic toxicology in water pollution control. *Roportisar Ioensuun yliopisto Matluonnoutieteellis tiedekuunan*, (8), 41 - 42.
32. Nikunen, E. (1985). *Daphnia magna* as indicator of the acute toxicity of waste waters. *Bull. Environ. Contam. and Toxicol.*, (3), 368 - 374. <https://doi.org/10.1007/BF01636524>
33. Pascal, D. (1987). The role of aquatic toxicity tests in predicting and monitoring pollution effects. *Acta Biologica Limnologica Hungarica*, (1), 47-58.
34. Water Code of Ukraine. (1995). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, (24),.189. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80>
35. About the statement of the Order of development of specifications of maximum admissible dumping of polluting substances in water objects and the list of polluting substances which dumping in water objects is

- standardized. (2017). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 1100 of 11.09.96 (as amended in accordance with the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 13 December 2017 № 1091). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1100-96-%D0%BF>
36. Instruction on the procedure for development and approval of maximum permissible discharges (MPD) of substances into water bodies with return waters. (1994). Approved by the order of the Minister of Environmental Protection of Ukraine dated 15.12.94 № 116. Registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 22.12.94 for № 313/523. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0313-94#Text>
 37. Methods for determining the levels of toxicity of surface and return waters to control compliance with their quality to regulatory requirements. (2000). Approved by the order of the Ministry of Ecological Security of Ukraine dated 31.01.2000 № 27. Kyiv: Ministry of Ecological Security of Ukraine. (In Ukrainian).
 38. Krainiukova, A.N. (1991). Biotesting in the system of assessment and control of sources of toxic pollution of the aquatic environment. Extended abstract of Doctor's thesis: 14.00.20 "Toxicology". Kupavna, (In Russian)
 39. Comparative evaluation of biotesting methods approved in Ukraine and combined into a Watertox battery, in order to create a set of biotests that are most optimal for local conditions. (2000). Project Report № 91/13 for the International Center for the Development of Scientific Research, Canada. Kyiv. (In Ukrainian).
 40. Arkhipchuk, V.V. (2008). Research in the field of cytogenetics of fish and biotesting. Kiev: Relics. (In Ukrainian).
 41. Krainiukov, O.M. (2013). Criteria for assessing the sensitivity of organisms and the effectiveness of biotesting methods to determine the toxic properties of water. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, (1012), 64-69. Retrieved from http://journals.urau.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/21147. (In Ukrainian).
 42. Krainiukov, O.M. & Krainiukova, A.M. (2009). Device for biological water testing. Patent of Ukraine for useful model. GOIN 33/18. № 45811; declared 25.11.2009. Bulletin, (12). (In Ukrainian).
 43. Implementation of the results of toxicological monitoring in the system of ecological management of the Dnieper river basin. (1999). Project Report № 91/12 for the International Center for the Development of Scientific Research, Canada. UKRNDIEP: Kharkiv. (In Ukrainian).
 44. Results of ecotoxicological assessment of the state of transboundary rivers of Lviv, Zakarpattia and Volyn regions and sources of their pollution. (2000). *Scientific and technical report on the implementation of work on the program SHS TACIS Bug and Latorytsia*. Uzh. - Lviv-Uzhhorod-Kharkiv. (In Ukrainian).
 45. Krainiukova, A. N. (2011). Comprehensive assessment of the ecological status of water bodies (on the example of the basin of the North Donets River). *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University series "Ecology"*, (944(6), 61 – 71. Retrieved from http://journals.urau.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/23273. (In Ukrainian).
 46. Rules for monitoring and assessing the water quality of transboundary rivers. (1995). UN / ECE Working Group on Monitoring and Assessment under the auspices of the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes. Bratislava.
 47. DSTU 4166-2003. Water quality. Tests for growth inhibition of freshwater algae using *Scenedesmus subspicatus* and *Selenastrum capricornutum* (ISO 8692: 1998, MOD). (In Ukrainian).
 48. Freshwater Algae and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test. (2013). Test Chem. : Test No. 201. - OECD.
 49. DSTU 4173-2003. Water quality. Determination of acute lethal toxicity to *Daphnia magna* Straus and *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341: 1996, MOD). (In Ukrainian).
 50. DSTU 4174-2003. Water quality. Determination of sublethal and chronic toxicity of chemicals and water on *Daphnia magna* Straus and *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 1076: 2000, MOD). (In Ukrainian).
 51. *Daphnia* sp. Acute Immobilisation Test. (2004). Test Chem.: Test No. 202. OECD.
 52. *Daphnia magna* Reproduction Test. (2012). Test Chem.: Test No. 211. OECD.
 53. DSTU 4074-2001 Water quality. Determination of acute lethal toxicity of chemicals and water in freshwater fish [*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] Static method (ISO 7346-1: 1996, MOD). (In Ukrainian).
 54. Fish, Acute Toxicity Test. (1992). Test Chem.: Test No. 203. OECD.
 55. Fish, Juvenile Growth Test. (2000). Test Chem.: Test No. 215. OECD.

Отримана 03.03.2021

Переглянуто 12.03.2021

Прийнята до друку 22.03.2021

УДК (UDC): 592

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-10>

Я. Ю. ДЕМЕНТЄЄВА¹, Л. Ю. АНДРУСЕНКО¹, О. Ю. МУХІНА¹, канд. біод. наук, доц.,
Н. П. ЧЕПУРНА², канд. біод. наук, доц.

¹Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди
вул. Алчевських, 29, м. Харків, 61002, Україна

²Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова
вул. Пірогова, 9, м. Київ, 01601, Україна

e-mail: dementeeva.y@gmail.com
lyudapower@gmail.com
mukhina.ou2304@gmail.com
natalchep@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4527-4043>
<https://orcid.org/0000-0003-3676-7679>
<https://orcid.org/0000-0002-1815-1988>
<https://orcid.org/0000-0001-6137-1460>

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ОРГАНІЗМАХ ГЕРПЕТОБІОНТНИХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ТВАРИН НА ТЕРИТОРІЇ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ МІСТА ХАРКОВА

Мета. Визначити ступінь забруднення біотичної складової екосистеми полігонів твердих побутових відходів Харківщини за допомогою чутливих до антропогенних змін герпетобіотних членистоногих.

Методи. Видовий склад герпетобіонтів визначено методом пасток Барбера. Трапляємість видів оцінена за методикою А. В. Селіховкіна. Методом атомно-абсорбційної спектроскопії визначено вміст важких металів (Pb, Cd, Cr, Ni) у отриманій від герпетобіонтів золі.

Результати. Дослідження є першою ланкою вивчення питання акумуляції важких металів комахами, як складової трофічних ланцюгів. Визначено видовий склад герпетобіотних членистоногих – 21 вид з 15 родин. На території Роганського полігону 15 видів з 12 родин, а Дергачівського – 12 видів з 8 родин. Проведено зонування території за ступенем трансформації ландшафту та визначено структуру розміщення видового складу герпетобіонтів відповідно до зон. Визначено основні закономірності зональної диференціації видів на техногенно порушених територіях.

В результаті оцінки трапляємості видів на досліджуваних територіях виокремлено 7 домінантних видів на двох полігонах, в організмах яких визначено вміст важких металів. Визначено, що ландшафтні умови та екологічна ситуація впливає на видовий склад герпетобіотної фауни прямим чином, що стверджує монодомінантність видів на обох полігонах.

Висновки. Зональне розміщення та чисельність дослідженої фауни на двох полігонах відрізняється, що свідчить про високу чутливість її до різних умов середовища. Кількісні показники важких металів в організмах членистоногих свідчать про потенційну безпеку цих тварин на полігонах ТПВ для їх консументів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: полігони ТПВ, важкі метали, герпетобіотні безхребетні, біоіндикація

Dementieeva Ya. Yu.¹, Andrusenko L. Yu.¹, Mukhina O. Yu.¹, Chepurna N. P.²

¹*H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, st. Alchevskikh, 29, Kharkiv, 61002, Ukraine*

²*National Pedagogical Dragomanov University, st. Pyrogoва, 9, Kyiv, 01601, Ukraine*

HEAVY METALS CONTENT IN HERPETOBIONTIC ARTHROPODA ON THE TERRITORY OF LANDFILLS OF THE KHARKIV CITY

Purpose. To determine the contamination level of biotic components of the ecosystem of municipal solid waste landfills in the Kharkiv region by sensitive to anthropogenic changes herpetobiotic arthropods.

Methods. The species composition of herpetobiotic arthropods was determined by the Barber's traps method. The occurrence of species was evaluated according to the method of A.V. Selikhovkin. The content of heavy metals (Pb, Cd, Cr, Ni) in the ash obtained from herpetobionts was determined by atomic absorption spectrometry.

© Дементєєва Я. Ю., Андрусенко Л. Ю., Мухіна О. Ю., Чепурна Н. П., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Results. The research is the first link of the accumulation of heavy metals by mosquitoes as a component of trophic chains. The species composition of herpetobiotic arthropods was determined - 21 species from 15 families. On the territory of Rogan landfill 15 species from 12 families, and Dergachv -12 species from 8 families. The zoning of the territory according to the degree of landscape transformation was carried out and the structure of the species composition of herpetobionts according to the zones was determined. The basic regularities of zonal differentiation of species in technogenic disturbed territories are determined.

As a result of assessing the occurrence of species in the study areas, 7 dominant species were identified at two landfills, in the bodies of which the content of heavy metals was determined. The landscape conditions and ecological situation influences the species composition of the herpetobiontic fauna in a direct way, which confirms the monodominant nature of the species on both landfills.

Conclusions. Zonal accommodation and the number of studied fauna on two landfills is different, that indicates their high sensitivity to various environmental conditions. Multiple indicators of heavy metals in the organisms of invertebrate's organisms indicate the potential safety of these animals on the landfills for their consumers.

KEY WORDS: landfills, heavy metals, herpetobiontic arthonogous, biodiversity

Дементеева Я. Ю.¹, Андрусенко Л. Ю.¹, Мухина О. Ю.¹, Чепурная Н. П.²

¹Харьковский национальный педагогический университет имени Г.С.Сковороды, ул. Алчевских, 29, г. Харьков, 61002, Украина

²Национальный педагогический университет имени М.П. Драгоманова, ул. Пирогова, 9, г. Киев, 01601, Украина

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМАХ ГЕРПЕТОБИОНТНЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ЖИВОТНЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА ХАРЬКОВА

Цель. Определить степень загрязнения биотической составляющей экосистемы полигонов твердых бытовых отходов (далее ТБО) Харькова с помощью чувствительных к антропогенным изменениям герпетобийных членистоногих.

Методы. Видовой состав герпетобийных определён методом ловушек Барбера. Встречаемость видов оценена по методике А. В. Селиховкина. Методом атомно-абсорбционной спектроскопии определено содержание тяжёлых металлов (Pb, Cd, Cr, Ni) в золе полученной от герпетобийных.

Результаты. Исследование является первым звеном изучения вопроса аккумуляции тяжёлых металлов беспозвоночными, как составляющей трофических цепей. Определён видовой состав герпетобийных членистоногих - 21 вид из 15 семей. На территории Роганского полигона 15 видов из 12 семейств, а Дергачевского -12 видов из 8 семейств. Проведено зонирование территории по степени трансформации ландшафта и определена структура размещения видовой состав герпетобийных согласно зон. Определены основные закономерности зональной дифференциации видов на техногенно нарушенных территориях. В результате оценки встречаемости видов на исследуемых территориях выделены 7 доминантных видов на двух полигонах, в организмах которых определено содержание тяжёлых металлов. Установлено, что ландшафтные условия и экологическая ситуация влияют на видовой состав герпетобийной фауны прямым образом, что подтверждает монодоминантность видов на двух полигонах.

Выводы. Зональное размещение и численность исследованной фауны на двух полигонах отличается, что свидетельствует о высокой чувствительности ее к различным условиям среды. Количественные показатели тяжёлых металлов в организмах членистоногих свидетельствуют о потенциальной безопасности этих животных на полигонах ТБО для их консументов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: полигоны ТБО, тяжёлые металлы, герпетобийные членистоногие, биоиндикация

Вступ

Значна трансформація ландшафтів в результаті діяльності щодо захоронення твердих побутових відходів (далі ТПВ) є актуальною проблемою. Негативного впливу зазнають усі компоненти природного середовища [1]. Завдання науковців – пошук вторинних змін, які відбуваються в результаті взаємопов'язаних процесів в екосистемах порушених ландшафтів. Так, значне забруднення ґрунтів,

ґрунтових вод та поверхневого стоку важкими металами та їх сполуками, які виділяються з мас відходів, тягне за собою акумуляцію важких металів рослинами [2] та наземною фауною [3]. Останні, в свою чергу, є харчовим ресурсом для інших тварин. Пріоритетним об'єктом дослідження в напрямку біоіндикації є членистоногі-герпетобійти, які мешкають у верхньому ґрунтовому горизонті – важливий

ланді в процесах міграції пестицидів та інших екоотоксикантів [3, 4].

Тому проведено дослідження герпетобіонтних представників членистоногих тварин як складової полігонів ТПВ та ступеня забруднення її важкими металами.

Дослідження складу важких металів у ґрунтах розглядаються в наукових працях міст України: Київ [5], Херсон [6], Бердянськ і Маріуполь [7] та ін. Ґрунти полігонів ТПВ у місті Харкові досліджувалися на вміст важких металів та інших забруднюючих речовин [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Визначено, що основними забруднюючими важкими металами на території полігонів ТПВ у місті Харкові є Pb, Cr, Cd, Ni, коефіцієнт перевищення ГДК яких варіюється від 1,7 до 3 [1].

Аналіз ступеня дослідження даної проблеми показав, що досліди по накопиченню важких металів ґрунтовими членистоногими тваринами проводилися, в більшості випадків,

на промислових або аграрних територіях. Проблема забруднення важкими металами в умовах полігонів ТПВ вивчена недостатньо. Але такі території мають прямий вплив на здоров'я населення – через питну воду, у якій вміст забруднюючих речовин значно перевищує ГДК питних вод [8] і через синантропну фауну, здатну переносити інфекційні захворювання безпосередньо через контакт з людиною чи домашніми тваринами [9].

Дослідження проводилися на територіях Дергачівського та Роганського полігонів складування ТПВ в м. Харків. Дані території значний період експлуатуються таким чином, тому сформована біотична складова значно відрізняється від натуральної як за видовим складом флори і фауни та структурою їх розміщення, так і за морфологічними показниками та забрудненням різного роду речовинами, яких чимало на сміттєзвалищах.

Матеріали та методи

Територія Дергачівського полігону ТПВ характеризується специфічною еколого-геохімічною структурою, де переважають рудеральні комплекси. Розташований він за 5 км від населеного пункту, оточений штучними смугами деревних насаджень та незначною площею ораних земель з чорнозему. Не зважаючи на те, що у районі переважає рівнинний ландшафт, на території полігону він представлений схилами. Природно географічні характеристики Роганського полігону ТПВ збігаються із Дергачівським районом. Однак, безпосередньо територія полігону відрізняється від Дергачівського – характеризується витягнутою та вузькою формою складування відходів. До того ж на території Роганського полігону було зафіксовано більш густі порості дерев, тоді як на Дергачівському полігоні переважають чагарникова та трав'яниста рослинність.

Для моніторингу активності членистоногих, спосіб життя яких пов'язаний із переміщенням по поверхні ґрунту, використовували ґрунтові пастки Барбера, що представлені пластиковими стаканами об'ємом 250 мл з діаметром вхідного отвору 90 мм., які заповнювали на 1/3 фіксуючою рідиною – 5-10% -вим розчином оцтової кислоти. Перед установкою пасток в ґрунт обирали найбільш типові біотопи для території дослідження.

Пастки встановлювали в лінію по градієнту дії забруднюючого фактору на відстані 1 метр один від одного. Збір матеріалу проводили кожні 7-10 днів протягом чотирьох місяців (травень-серпень 2020 року).

В процесі дослідження оцінена трапляємось видів за методикою А.В. Селіховкіна [10]. У випадку, коли певний вид траплявся в певній зоні не більш, ніж трикратно, то така зустрічальність сприймалася за одиничну. Якщо досліджувані об'єкти зустрічалися більше трьох разів, але менше в порівнянні з іншими пробами, то таку зустрічальність оцінювали як середню. Часто спостережувані види – це види з максимальною частотою зустрічальності (не менше, ніж в 50% досліджуваних пасток).

Визначення вмісту важких металів в організмах герпетобіонтних членистоногих тварин проводилося за методом атомно-абсорбційної спектрометрії за стандартною методикою [11]. Аналіз проводили з використанням навіски матеріалу масою 2 г, шляхом мінералізації отримували золу, яку розчиняли в 1 см³ розчину азотної кислоти, упарювали до вологих солей. Концентрації металів в тканинах вимірювалися атомно-абсорбційним спектрометром з електротермічним варіантом атомізації.

Результати та обговорення

Видовий склад герпетобіотних представників членистоногих тварин полігонів ТПВ. Дослідження наземної фауни на територіях Роганського та Дергачівського полігонів ТПВ було проведено в період найбільшої її активності, а саме травень – серпень 2020 року. На території Роганського полігону було зафіксовано 15 видів з 12 родин: Туруни (*Carabidae*) - 20%, Рогачі (*Lucanidae*) – 13,33%, Мокриці *Porcellionidae* та *Armadillidiidae*, Павуки-бокочоди (*Thomisidae*), Справжні ківсяки (*Julidae*), Справжні щипавки (*Forficulidae*), Мертвоїди (*Silphidae*), Пластинчастовусі (*Scarabaeidae*), Довгоносики (*Curculionidae*), Гнойовики-землерії (*Geotrupidae*), М'якотілкі (*Cantharidae*) – по 6,67% кожна. На території Дергачівського полігону було виявлено 12 видів з 8 родин: Туруни (*Carabidae*) – 13,33%, Довгоносики (*Curculionidae*) – 16,67%, мокриці *Porcellionidae* та *Armadillidiidae*, Павуки-кругопряди (*Araneidae*), Ківсяки (*Julidae*), Чорнотілкі (*Tenebrionidae*), Гнойовики-землерії (*Geotrupidae*) – по 8,33%.

Наявність багатоніжок і мокриць на полігонах ТПВ обумовлена, на нашу думку, відсутністю у цих видів складного метаморфозу, де немає вразливих стадій розвитку, а наявність павуків – великою кількістю там комах ряду Двокрилі (Diptera), які є кормовою базою для цих тварин.

Розміщення видового та кількісного складу відносно зон полігонів. Види

розміщуються по територіях полігону зонально (табл 1). Так, полігони мають певні характерні та відмінні одна від одної території. Частіше всього полігони ТПВ представляють собою чітко виокремлений периметр території, на якій відбувається складування відходів (діючий полігон - ДП) та активну зону розвантаження та ущільнення відходів (постійно змінюється в процесі накопичення відходів) (епіцентр полігону - ЕП). Території, що з плином часу не відповідають нормативам та вичерпують свою приймальну функцію піддають рекультивациі (ущільнення та засипання шаром родючого ґрунту) (рекультивований полігон – РП). Околиці полігонів, які характеризуються лінійно-втягнутими формами ландшафту (ґрунтові дороги) безпосередньо примикаючими до місця складування відходів з одного боку та рудеральною рослинністю з іншого формують рудеральний ландшафт (РЛ). Рудеральна рослинність тут в більшій мірі представлена видами багаторічних, не культурних видів. Зрідка трапляються невеликі території з відносно натуральними ознаками ландшафту (НЛ), який поділяється – з переважно трав'янистою (НЛТ) або деревною чи чагарниковою рослинністю (посадки) (НЛП).

Склад герпетобіотних членистоногих має відмінності в територіальній приналежності видів на досліджуваних полігонах (рис. 1). Зонування території надало можли-

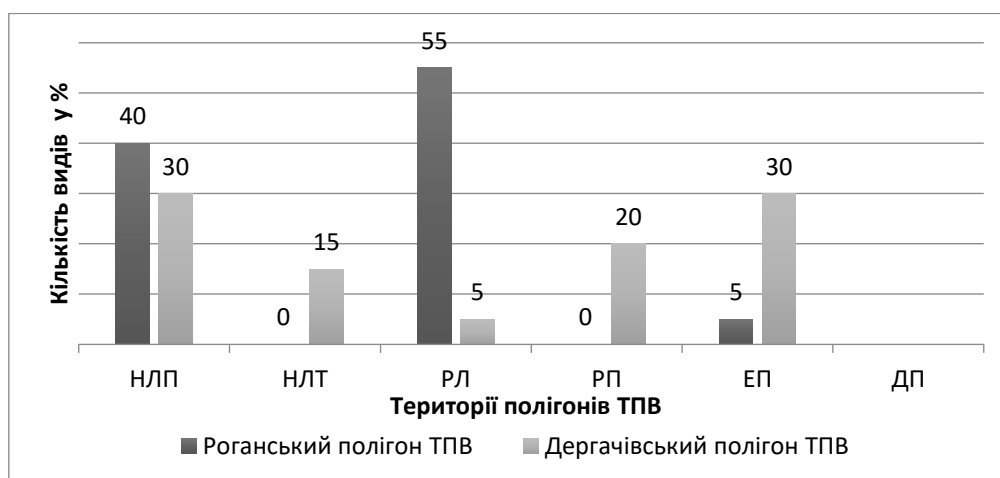


Рис. 1 – Територіальне розміщення видів герпетобіотних членистоногих по зонам Роганського та Дергачівського полігонів ТПВ

Fig. 1 – Territorial distribution of herpetobiotic arthropod species by zones Rogan and Dergachiv landfills

вості виділити закономірності розміщення видів членистоногих тварин на територіях Роганського та Дергачівського полігонів ТПВ. Видова різноманітність на Роганському полігоні зосереджена в зонах РЛ – 11 видів (55%), НЛП – 8 видів (40%) та ЕП – 1 вид (5%). На території Дергачівського полігону: в зонах НЛП та ЕП – по 6 видів (по 30%), РП – 4 види (20%), НЛТ – 3 (15%) та РЛ – 1 (5%). Також варто зауважити, що в процесі дослідження в зонах ДП спостережувана фауна в пастках не зустрічалася. В зонах НЛ спостерігалась найбільша видова різноманітність членистоногих - герпетобіонтів різних систематичних груп (ракоподібних, хеліцерових, багатоніжок, комах), які за своїми властивостями більш стійкі до впливу негативних факторів. Тут фауна членистоногих виступає основним кормовим чинником для Ящірки прудкої (*Lacerta agilis Linnaeus, 1758*) та безхвостих земноводних - Ропухи звичайної (*Bufo bufo Linnaeus, 1758*), які можна часто спостерігати в цій зоні.

Зональне розміщення досліджуваної фауни на двох полігонах помітно відрізняється, що свідчить про високу чутливість її до різних умов середовища, навіть до найменших. Але також були зафіксовані закономірності в розміщенні деяких видів, а саме: зона активного розвантаження відходів представлена видами класу *Crustacea* – Мокриця звичайна (*Porcellio scaber, Latreille, 1804*) та Мокриця-броненосець звичайна (*Armadillidium vulgare, Latreille, 1804*), в зоні рекультивованої частини полігону домінують є види Багатоніжка сіра (*Rossiulus kessleri Lochmander, 1927*) та Довгоносик комірний (*Sitophilus granarius, Linnaeus, 1875*), Довгоносик росянистий (*Adosomus roridus, Pallas, 1781*). В зоні натурального ландшафту найчисельнішими є види з класу *Aranei* – Хрестовик звичайний (*Araneus diadematus, Clerck, 1758*) і Павук квітковий (*Misumena vatia, Clerck, 1757*) та представники родини *Carabidae* – Турун лісовий (*Carabus nemoralis, Muller, 1764*), Моховик (*Calathus fuscipes, Goeze, 1777*), Турун волосистий (*Harpalus rufipes, De Geer, 1774*). Аналіз кількісного складу досліджуваних видів (табл. 1) на Роганському полігоні дозволив розмістити безхребетну герпетобіотну фауну у наступному порядку – Мокриця звичайна (*Porcellio scaber*) – 43,3%, Мокриця-броненосець звичайна (*Armadillidium vulgare*) – 29,9%, Багатоніжка сіра (*Rossiulus kessleri*) – 7,6%, Турун лісовий (*Carabus nemoralis*) – 5,7%, Довгоносик комірний (*Sitophilus granarius*) – 5,1%, Моховик (*Calathus fuscipes*) –

4,5%, Турун волосистий (*Harpalus rufipes*) – 3,8%, які виявилася видами що найбільш часто зустрічаються.

На Дергачівському полігоні частку найбільш переважаючих видів становлять ті ж види, що і на Роганському полігоні, але в дещо іншому порядку: Мокриця-броненосець звичайна (*Armadillidium vulgare*) – 44,7%, Мокриця звичайна (*Porcellio scaber*) – 32,9%, Моховик (*Calathus fuscipes*) – 5,9%, Багатоніжка сіра (*Rossiulus kessleri*) – 5,3%, Довгоносик комірний (*Sitophilus granarius*) – 4,7%, Турун волосистий (*Harpalus rufipes*) – 4,1%, Турун лісовий (*Carabus nemoralis*) – 2,4%.

За результатами кількісного аналізу можна стверджувати, що схожі ландшафтні умови та екологічна ситуація впливають на видовий склад герпетобіотної фауни членистоногих прямим чином, що свідчить про монодомінантність видів на обох полігонах. Але завдяки тому, що полігони ТПВ відрізняються один від одного географічним положенням та структурою, зональна структура розміщення герпетобіотних членистоногих різниться. Таким чином, досліджено основні закономірності зональної диференціації видів на техногенно порушених територіях.

Вміст важких металів в організмах герпетобіотних членистоногих. Важкі метали, як токсичні речовини, що накопичуються в середовищі у великих кількостях, змінюють профіль біотопу загалом. Усі мікрота макроелементи потрапляють до тканин тварин у процесі їх трофічних зв'язків та акумулюються в подальшому [2].

Значною чутливістю до забруднення важкими металами мають герпетобіотні тварини [3]. Акумуляція важких металів в тканинах членистоногих та їх передача в процесі трофічних зв'язків до інших тварин призводить до того, що полутанти можуть накопичуватись у кістках та органах, спричиняючи їх дисфункцію. Також вони спроможні імітувати та зменшувати в організмі вміст таких важливих елементів, як магній, кальцій тощо [13]. Не варто виключати і можливість передачі цих речовин в ході трофічних відносин до організму людини [14]. В останньому випадку велика концентрація важких металів в організмі може призводити до хронічних та навіть онкологічних захворювань.

Для виявлення вмісту важких металів герпетобіотними членистоногими виділено 7 домінуючих видів членистоногих тварин з двох полігонів (табл. 2).

Таблиця 1

Зональний розподіл видового складу герпетобіонтів полігонів ТПВ м. Харкова

Table 1

Zonal distribution of the species composition of herpetobionts of landfills in Kharkov

Видовий склад герпетобіонтів			Зони перебування											
Ряди	Родини	Види	Дергачівський полігон ТПВ (зони)						Роганський полігон ТПВ (зони)					
			НЛП	НЛТ	РЛ	ДП	ЕП	РП	НЛП	НЛТ	РЛ	ДП	ЕП	РП
<i>Isopoda</i>	<i>Porcellionidae</i>	<i>Porcellio scaber</i>	-	-	+++	-	+++	-	-	-	+++	-	+++	-
<i>Isopoda</i>	<i>Armadillidiidae</i>	<i>Armadillidium vulgare</i>	-	-	++	-	+++	-	-	-	++	-	++	-
<i>Aranei</i>	<i>Araneidae</i>	<i>Araneus diadematus</i>	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aranei</i>	<i>Thomisidae</i>	<i>Misumena vatia</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Julida</i>	<i>Julidae</i>	<i>Rossius kessleri</i>	+++	+++	-	-	++	++	+++	-	+++	-	-	-
<i>Dermoptera</i>	<i>Forficulidae</i>	<i>Forficula auricularia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Carabus nemoralis</i>	+++	++	-	-	+++	-	+++	-	+++	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Calathus fuscipes</i>	++	-	+++	-	-	+++	++	-	+++	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Harlapus rufipes</i>	+++	-	-	-	-	-	+++	-	-	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Calosoma inquisitor</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Silphidae</i>	<i>Silpha obscura</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	++	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Scarabaeidae</i>	<i>Lethrus apterus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Lucanidae</i>	<i>Dorcus parallelipipedus</i>	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	+	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Lucanidae</i>	<i>Lucanus cervus</i>	-	-	-	+	-	-	++	-	++	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Tenebrionidae</i>	<i>Blaps halophila</i>	-	-	+	-	++	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	<i>Clytra laeviuscula</i>	-	-	+	-	-	-	++	-	-	-	+	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Curculionidae</i>	<i>Phyllobius maculicornis</i>	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Curculionidae</i>	<i>Sitophilus granaries</i>	-	-	-	-	+++	+++	-	-	-	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Curculionidae</i>	<i>Adosomus roridus</i>	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Geotrupidae</i>	<i>Geotrupes stercorarius</i>	-	++	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-
<i>Coleoptera</i>	<i>Cantharidae</i>	<i>Rhagonycha fulva</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	++	-	-	-

Прим.: + - одиничний вид, ++ - середня частота зустрічальності, +++ - максимальна частота зустрічальності

Note: + - single type, ++ - average frequency of occurrence, +++ - maximum frequency of occurrence

Таблиця. 2

Накопичення важких металів герпетобіонтними членистоногими тваринами в умовах полігонів ТПВ (мг/100 гр)

Table 2

Accumulation of heavy metals by herpetobiont arthropods in landfill conditions (mg / 100 g)

Note: D - Dergachiv landfill, R - Rogan landfill

Функціональна група	Pb		Cd		Cr		Ni	
	Д	Р	Д	Р	Д	Р	Д	Р
<i>Porcellio scaber</i>	0	0,15	0,02	0,02	0,27	0	0,27	0
<i>Armadillidium vulgare</i>	0	0,14	0,02	0,03	0,30	0	0,30	0,02
<i>Rossiulus kessleri</i>	0,13	0,64	0,02	0,02	0,03	0,06	0,02	0,05
<i>Carabus nemoralis</i>	0,11	0,07	0,07	0,05	0,03	0,05	0,02	0,05
<i>Sitophilus granaries</i>	0,15	0,07	0,02	0,03	0,08	0,06	0,09	0,03
<i>Calathus fuscipes</i>	0,16	0,10	0,03	0,05	0,03	0,05	0,03	0,04
<i>Harpalus rufipes</i>	0,11	0,13	0,06	0,02	0	0,02	0	0,02

Примітка: Д – Дергачівський полігон ТПВ, Р – Роганський полігон ТПВ

Note: Д – Dergachiv landfill, Р – Rogan landfill

При виборі ряду важких металів, що визначалися в організмах герпетобіонтних членистоногих спиралися на дослідження щодо забруднення ґрунтів важкими металами на Харківських полігонах ТПВ [1], де концентрації Pb, Cd, Cr та Ni мають місце у забрудненні території досліджень. За даними ЮНЕП Pb та Cd відносять до металів з високим рівнем токсичності, а Cr та Ni до другого класу (з помірним ступенем небезпеки) [12].

На території Роганського полігону Pb переважає в організмі Багатоніжки сірої (*Rossiulus kessleri*) (0,64 мг/100 гр). Cd та Cr в найбільшій кількості акумулюють два види – Турун лісовий (*Carabus nemoralis*) та Моховик (*Calathus fuscipes*) (по 0,05 мг/100 гр). Ni на території даного полігону найбільше акумулюють два види – Багатоніжка сіра (*Rossiulus kessleri*) та Турун лісовий (*Carabus nemoralis*) (по 0,05 мг/100 гр).

На території Дергачівського полігону Pb в значній кількості виявлений у Моховика

(*Calathus fuscipes*) (0,16 мг/100 гр) та Довгоносика комірною (*Sitophilus granaries*) (0,15 мг/100 гр). По акумулюванню Cd домінують види Турун лісовий (*Carabus nemoralis*) (0,07 мг/100 гр) та Турун волосистий (*Harpalus rufipes*) (0,06 мг/100 гр). В організмах Мокриці-броненосець звичайної (*Armadillidium vulgare*) та Мокриці звичайної (*Porcellio scaber*) в однаковій кількості виявлено Cr та Ni – 0,30 мг/100гр та 0,27 мг/100гр відповідно.

Отримані дані діагностують потенційну небезпеку збільшення концентрації важких металів в організмах членистоногих тварин, що може призвести до згубних явищ як для самого організму, так і для організмів, що використовують даний біологічний вид як корм. Тому детальне дослідження тваринного населення – невід'ємного компонента екосистеми, є необхідною умовою для діагностики та оптимізації середовища техногенно-порушених територій

Висновки

В ході проведення дослідження на території полігонів ТПВ, що характеризуються значним ступенем трансформованості ландшафтів, отримало додаткове підтвердження те, що герпетобіонти демонструють високий ступінь чутливості і широкий спектр відповідної реакції на специфічні умови.

Зональне розміщення та чисельність дослідженої фауни на двох полігонах відрізняється, що свідчить про високу чутливість її до різних умов середовища. Визначено, що

ландшафтні умови та екологічна ситуація впливає на видовий склад герпетобіонтної фауни прямим чином, що стверджує монодомінантність видів на обох полігонах. Кількісні показники важких металів в організмах членистоногих свідчать про потенційну безпеку цих тварин на полігонах ТПВ для їх консументів.

Перспективним, на нашу думку, є використання результатів досліджень для біоіндикації та моніторингу стану довкілля.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Окремо автори висловлюють подяку співробітникам навчально-дослідної лабораторії аналітичних екологічних досліджень ХНУ імені В. Н. Каразіна – завідувачу лабораторії Лісняку Анатолію Анатолійовичу, інженеру I категорії Гарбуз Аллі Генріхівні та інженеру I категорії Вороніну Владиславу Олександровичу за визначення складу важких металів в герпетобіонтих членистоногих полігонів ТПВ.

Література

1. Буц Ю.В., Некос А.Н. До питання екологічної безпеки полігонів твердих побутових відходів для компонентів геосистем (на прикладі досліджень щодо концентрацій важких металів у складових геосистем) Збірник наукових праць Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2012. № 16 URL: https://goik.univer.kharkov.ua/wp-content/files/issue_16/16_7.pdf
2. Поліщук О.І., Лесів М.С., Гілецька І.Б., Панченко В.О., Антоняк Г.Л. Акумуляція важких металів у деяких видах рослин на території міста Львова DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.42>
3. Бойчук Ю. Д. Теоретичні основи ентомобіоіндикації Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали IV Міжнародної наукової конференції. ДНУ, 2007. С. 236-239. URL: https://www.zoology.dp.ua/z_07_135.html
4. Коновалова О. Н., Попова Л. Ф., Филиппов Б. Ю. Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы техногенного воздействия на экосистему г. Архангельска. «Живые и биокосные системы». 2013. № 3; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-18>
5. Азімов О.Т., Трофимчук О.М., Кураева І.В., Кармазиненко С.П. Оцінка вмісту важких металів у ґрунтах та інших компонентах ландшафту в районах захоронення твердих побутових відходів. Екологічна безпека та природокористування, 2019. № 2 (30). DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2019.2.5-17>
6. Бабушкіна Р. О., Мацко П.В., Смельянова Т.А. Дослідження рівня забруднення ґрунтів Херсонської області в місцях несанкціонованих звалищ промислових відходів Таврійський науковий вісник Екологія, іхтіологія та аквакультура № 105 С. 234-240 URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/105_2019/38.pdf
7. Кривицька І. А. Екотоксикологічна оцінка якості ґрунтів м. Маріуполь. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Біологія. 2017. Вип. 29. С. 175-181. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhb_2017_29_24.
8. Бузіна І. М. Дослідження стану ґрунтів в умовах установки техногенезу. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. 2012. № 2(1). С. 232-240. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2012_2%281%29_34
9. Сталінська І.В. Особливості екологічної безпеки у системі "тверді побутові відходи – навколишнє середовище – здоров'я людини". Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26.7. С. 238-245 URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvntu_2016_26.7_40
10. Селиховкин А. В. Динамика видовогоо разнообразия комплексов микрочешуекрылых в зонах промышленного загрязнения. СПб.: СПбГЛТА, 2011. Вып. 196. С. 263-273
11. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. Л.: Химия, 1983. 144 с.
12. Головки М. П. М.П. Головки, Т.М. Головки, А.О. Геліх Дослідження акумуляції важких металів у м'якому тілі прісноводних моллюсків роду *Anodonta*. Наукові праці НУХТ Біотехнології 2018. Том 24, № 5. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2018-24-5-6>
13. Нечитайло Л. Я. Вміст кадмію і цинку в екосистемі Прикарпаття та вплив кадмієвої інтоксикації на мікроелементний статус організму експериментальних тварин DOI: <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2018.v0.i4.9797>
14. Buts Yu, Asotskiy V, Kraynyuk O., Ponomarenko R., Kalynovsky A. Geocological analysis of the impact of anthropogenic factors on outbreak of emergencies and their prediction. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*, 2020, 29 (1), 40-48. DOI : <https://doi.org/10.15421/112004>

References

1. Buts Yu. & Nekos, A. (2012). Environmental hazards for the geosystems' components on testing grounds for municipal solid waste (research on heavy metal concentrations in components of geosystems). Retrieved from https://goik.univer.kharkov.ua/wp-content/files/issue_16/16_7.pdf (In Ukrainian).

2. Polishchuk, A., Antonyak, H., Lesiv, M., Giletska, I. & Panchenko, V. (2020). Accumulation of heavy metals in several plant species in the city of Lviv. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.42> (In Ukrainian).
3. Boychuk, Y. D. (2007). Theoretical principles of entomobioindication . Retrieved from https://www.zoology.dp.ua/z_07_135.html (In Ukrainian).
4. Konovalova, O. N., Popova, L. F., Filippov, B. Y., (2013). Soil Invertebrates as Bioindicators of Technological Impact on the Ecosystem of Arkhangelsk Retrieved from <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-18>. (In Russian).
5. Azimov, O. T., Trofymchuk, O. M., Kuraeva, I. V., Karmazinenko, S. P. (2019). Estimations of heavy metals in soils and different landscape components ithin the municipal solid waste disposal areas. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2019.2.5-17> (In Ukrainian).
6. Babushkina, R.O., Matsko, P.V., Yemelianova, T.A. (2019). Research on the level of contamination of soils in Kherson Oblast in the places of unauthorized dumps of industrial wastes. Retrieved from http://www.tny-agro.ksauniv.ks.ua/archives/105_2019/38.pdf (In Ukrainian).
7. Krivitskaya, I. A. (2017). Ecotoxicological assessment of soil quality in Mariupol. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhb_2017_29_24. (In Ukrainian).
8. Buzina, I. M. (2012). Research of soil condition in the conditions of technogenesis installation. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2012_2%281%29_34 (In Ukrainian).
9. Stalinska, I.V. (2016). Some Aspects of Ecological Safety in the System "Municipal Solid Waste – Environment – Human Health" (In Ukrainian).
10. Selikhovkin, A.V. (2011). Dynamics of species diversity of microlepidoptera complexes in the pollution indicator Retrieved from <https://catalog.belstu.by/catalog/books/doc/45785> (In Russian).
11. Khavezov, I., Tsalev, D. (1983). Atomic absorption analysis. - L .: Chemistry, 1983. - 144p. (In Russian).
12. Golovko, N., Golovko, T., Gelikh, A. (2018). Investigation of heavy metals battery in the soft body of the freshwater mussels of Genus Anodonta. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2018-24-5-6> (In Ukrainian).
13. Nechitaylo, L. Ya. (2019). The content of Cadmium And Zinc in the ecosystem of ciscarpathian region and the impact of Cadmium intoxication on the trace element status of the body of experimental animals <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2018.v0.i4.9797> (In Ukrainian).
14. Buts Yu, Asotskyi V, Kraynyuk O., Ponomarenko R., Kalynovsky A., (2020). Geoecological analysis of the impact of anthropogenic factors on outbreak of emergencies and their prediction. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology* <https://doi.org/10.15421/112004> (In English)

Отримана 15.03.2021

Переглянуто 22.04.2021

Прийнята до друку 12.05.2021

УДК (UDC): 66.084+541.182; 628.1; 658.265

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-11>

І. З. КОВАЛЬ, канд. техн. наук, доц.
Національний університет "Львівська політехніка"
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна

e-mail: irykazk@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8154-4154>

ВПЛИВ ГЕЛІУ ТА КАВІТАЦІЇ НА ПРОЦЕС ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ДРІЖДЖІВ

Мета. Дослідити одночасний вплив кавітації та гелію на життєздатність дріжджів роду *Saccharomyces cerevisiae* у воді. Вивчити зміну чисельності клітин під час кавітаційної обробки водної системи в атмосфері газу.

Методи. Тест-мікроорганізмами слугували дріжджі роду *Saccharomyces cerevisiae*. Для досліджень використовували свіжоприготовлену дистильовану дезаеровану воду, до якої вносили дріжджові клітини мікробіологічною петлею. Об'єм модельного середовища охолоджувався в скляному реакторі протічною водою, температура якого відповідала 298 ± 1 К. Загальна тривалість процесу становила 2 год. Джерелом кавітації слугував ультразвуковий генератор УЗДН-2Т з частотою 22 кГц і потужністю 35 Вт. Досліджувану воду впродовж всієї тривалості процесу барботували газом. Досліджуваним газом слугував гелій. Кількість мікроорганізмів в одиниці об'єму досліджуваної води визначали загальною чисельністю колоній на поживному середовищі на чашках Петрі і виражали в колоній-утворюючих одиницях (КУО).

Результати. В експериментальній частині роботи запропонований процес обробки води з вмістом дріжджових клітин в кавітаційних умовах при одночасній подачі гелію. Встановлена ефективність очищення води від дріжджів в результаті об'єднаної дії гелій/кавітація. Розрахована величина ефективної константи швидкості руйнування мікроорганізмів за кінетичним рівнянням реакції першого порядку. Досліджено життєздатність дріжджів в умовах кавітації та барботуванні аргону через водну систему. Розраховано та здійснено порівняння частки загиблих клітин впродовж двогодинної дії забрудненої дріжджами води при різних режимах обробки. Встановлено активне зменшення чисельності *Saccharomyces cerevisiae* у водному середовищі на початку процесу з досягненням частки загиблих клітин (D_d) 40,48% після 30 хв спільної дії He/кавітація при вихідному мікробіологічному забрудненні води $4,2 \cdot 10^3$ КУО/см³. Після 90-хвилинної обробки води $ЧМ_{кін} = 100$ КУО/см³, що відповідає ступеню очистки води > 97%.

Висновки. Одержані результати вказують на інтенсивне кавітаційне очищення води від досліджених мікроорганізмів в умовах експерименту, що підтверджує вплив природи досліджуваного газу на процес руйнування мікробіологічних забрудників у воді. В кінцевому результаті отримано практично чисту воду, що дозволяє скидати оброблену воду у відкриті водойми.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: дріжджі, *Saccharomyces cerevisiae*, гелій, вода, кавітація

Koval I.Z.

Lviv Polytechnic National University, St. S. Bandery, 12, Lviv, 79013, Ukraine

THE INFLUENCE OF HELIUM AND CAVITATION ON THE PROCESS OF YEAST LIFE

Purpose of the study is to investigate the simultaneous effect of cavitation and helium on the viability of yeast of the genus *Saccharomyces cerevisiae* in water. To study the change in the number of cells during cavitation treatment of the water system in the gas atmosphere.

Methods. Yeast of *Saccharomyces cerevisiae* type were used as test microorganisms. Freshly prepared distilled desaerated water was used for the research, to which yeast cells were introduced with a microbiological loop. The volume of the model medium was cooled in a glass reactor with tap water, the temperature of which corresponded to 298 ± 1 K. The total duration of the process was 2 hours. The cavitation source was an ultrasonic generator UZDN-2T with frequency of 22 kHz and power of 35 W. The test water was bubbled with gas throughout the process. The test gas was helium. The number of microorganisms per unit volume of test water was determined by the total number of colonies on the nutrient medium on Petri dishes and expressed in colony-forming units (CFU).

© Коваль І. З., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Results. In the experimental part of the work the process of water treatment with the content of yeast cells under cavitation conditions with simultaneous supply of helium is proposed. The efficiency of water purification from yeast as a result of the combined action of helium/cavitation has been established. The value of the effective rate constant of microorganisms destruction according to the kinetic reaction equation of the first order is calculated. The viability of yeast under cavitation conditions and bubbling of helium through the water system has been studied. The proportion of destroyed cells during the two-hour action of yeast-contaminated water at different treatment regimes was calculated and compared. An active decrease in the number of *Saccharomyces cerevisiae* in the aqueous medium at the beginning of the process with the achievement of the proportion of destroyed cells (D_d) 40.48% after 30 min of combined He/cavitation action at the initial microbiological water contamination of $4.2 \cdot 10^3$ CFU/cm³. $NM_{end} = 100$ CFU/cm³ after 90 minutes of water treatment, that corresponds to the water purification degree > 97%. The end result is almost pure water, which allows to discharge treated water into natural water.

Conclusions. The obtained results indicate intensive cavitation purification of water from the studied microorganisms in the experimental conditions. The influence of the studied gas nature on the process of destruction of microbiological contaminants in water is described.

KEY WORDS: yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, helium, water, cavitation

Коваль И.З.

Національний університет "Львівська політехніка", ул. С. Бандеры, 12, г., 79013, Україна

ВЛИЯНИЕ ГЕЛИЯ И КАВИТАЦИИ НА ПРОЦЕСС ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДРОЖЖЕЙ

Цель. Исследовать одновременное воздействие кавитации и гелия на жизнеспособность дрожжей рода *Saccharomyces cerevisiae* в воде. Изучить изменение численности клеток при кавитационной обработки водной системы в атмосфере газа.

Методы. Тест-микроорганизмами служили дрожжи рода *Saccharomyces cerevisiae*. Для исследований использовали свежеприготовленную дистиллированную деаэрированную воду, в которую вносили дрожжевые клетки микробиологической петлей. Объем модельного среды охлаждался в стеклянном реакторе проточной водой, температура которого соответствовала 298 ± 1 К. Длительность процесса составляла 2 ч. Источником кавитации служил ультразвуковой генератор УЗДН-2Т с частотой 22 кГц и мощностью 35 Вт. Исследуемую воду на протяжении всей продолжительности процесса барботировали газом. Исследуемым газом служил гелий. Количество микроорганизмов в единице объема исследуемой воды определяли общей численностью колоний на питательной среде на чашках Петри и выражали в колонии-образующих единицах (КОЕ).

Результаты. В экспериментальной части работы предложен процесс обработки воды с содержанием дрожжевых клеток в кавитационных условиях при одновременной подаче гелия. Установлена эффективность очистки воды от дрожжей в результате объединенной действия гелий/кавитация. Рассчитанная величина эффективной константы скорости разрушения микроорганизмов с кинетическим уравнением реакции первого порядка. Исследована жизнеспособность дрожжей в условиях кавитации и барботирования гелия через водную систему. Рассчитано и проведено сравнение доли погибших клеток в течение двухчасового действия загрязненной дрожжами воды при различных режимах обработки. Установлено активное уменьшение численности *Saccharomyces cerevisiae* в водной среде в начале процесса с достижением доли погибших клеток (D_d) 40,48% после 30 мин совместной воздействию He/кавитация при исходном микробиологическом загрязнении воды $4,2 \cdot 10^3$ КОЕ / см³. После 90-минутной обработки воды $ЧМ_{конеч} = 100$ КОЕ/см³, что соответствует степени очистки воды > 97%. В конечном итоге получено практически чистую воду, что позволяет сбрасывать обработанную воду в открытые водоемы.

Выводы. Полученные результаты указывают на интенсивную кавитационную очистку воды от исследованных микроорганизмов в условиях эксперимента. Описано влияние природы исследуемого газа на процесс разрушения микробиологических загрязнителей в воде.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дрожжи, *Saccharomyces cerevisiae*, гелий, вода, кавитация

Вступ

Знезараження промислових вод надалі не втрачає актуальності, оскільки й досі немає єдиного методу її обробки, який забезпечить повне очищення води від біологічних забрудників. Одним з найдешевших методів знезараження води є хлорування, що

характеризується достатньо високою ефективністю очищення води від мікроорганізмів (МО). Цей метод ідеально підходить для застосування в системах централізованого водопостачання, води в басейнах тощо. Хлорування води здійснюють

газоподібним хлором, рідким хлором або речовинами, що містять активний хлор: хлорним вапном, гіпохлоритами натрію [1] і кальцію, хлорамінами [2], діоксидом хлору [3] тощо. Інактивація вірусів досягнена при дозі хлору 1 та 5 мг/дм³ при рН 6 [4]. За даними [5], у відношенні до спор *Bacillus anthracoides* летальна концентрація знаходиться в межах 0,2-0,3 г/дм³ активного хлору при тривалості процесу 1,5 год. Хоча дія хлору забезпечує тривалий пролонгований ефект, однак автори [6-10] повідомляють про реактивацію МО. Тому пошук новітнього методу очистки води як від біологічних забрудників триває й до сьогодні.

Численними позитивними результатами в галузі водоочистки характеризується кавітаційна обробка водного середовища, що засвідчують наукові публікації вітчизняних та закордонних авторів [11, 12-16]. Промислові стічні води забруднюють природні води різними видами бактерій, дріжджами, пліснями, водоростями тощо. Найбільш поширеними біооб'єктами для досліджень є бактеріальні види забрудників води, що засвідчує огляд літературних джерел [12, 15, 17, 18]. Тому, в

даній роботі пропонується розглянути процес очищення води від дріжджів.

Вплив кавітаційної дії на дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* представлено в роботі [11], в якій дія ультразвуку низької частоти (частота 28 кГц, потужність 140 Вт/л) тривалістю 1 година суттєво зменшує кількості дріжджових клітин. Вплив кисню та вуглекислого газу на дріжджів в кавітаційних умовах описано в [19], де досягнуто ступеня знезараження води в межах 80,0-80,77% після тривалості обробки 7200 с. В [11] спостерігали відмирання клітин *Saccharomyces cerevisiae* на 55% після 30-секундного оброблення суспензії п'єзоквацевим генератором (частота 800 кГц, інтенсивність 7 Вт/см²) при концентрації дріжджів 3·10⁵ кл/см³, після 2 хв – 77%, після 10 хв – 90%. При подачі водню в аналогічних умовах експерименту виявлено виживання клітин *Sacch. cerevisiae*. Про вплив кисню на аеробні бактерії говориться в роботі [20].

Однак, вплив гелію на дріжджі в поєднанні з кавітаційною обробкою води в літературі нами не знайдено. Тому доцільно вивчити вплив цього газу на життєздатність дріжджів в кавітаційних умовах.

Методика

Досліджуваними МО слугували дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, клітини яких додавали до дистильованої деаерованої води за допомогою мікробіологічної петлі, створюючи, таким чином, модельні водні середовища. Для вивчення процесу зміни числа мікроорганізмів (ЧМ) в одиниці об'єму води використовували дріжджі саме такого роду, оскільки *Saccharomyces cerevisiae* були ідентифіковані в домінуючій кількості серед біологічних забрудників у стічних водах пивоварного та дріжджового виробництва [21].

Для досліджень використовувався гелій, який барботували через воду впродовж всього процесу зі швидкістю 0,2 см³/с.

Тривалість дослідження становила дві години, впродовж якого загальна витрата газу відповідала 1,4 дм³. Модельне середовище заливали в скляний реактор і охолоджували протічною водою впродовж всього процесу. Температура досліджуваної водної системи становила 298±1 К. Генератором кавітаційного процесу був ультразвуковий апарат УЗДН-2Т, частота якого становила 22 кГц, а потужність - 35 Вт.

Підрахунком колоній, які вирости на поживному середовищі (сусло-агарі) на чашках Петрі визначали ЧМ до і після експериментів. Методику кількісного визначення МО у воді детально представлено в [22].

Результати досліджень

Вплив газу на перебіг процесу життєдіяльності МО в умовах кавітації вивчали при концентрації дріжджів 4,2·10³ КУО в одиниці об'єму води. Зміну величини ЧМ в залежності від тривалості обробки води занесено до таблиці. Згідно з табличними даними,

кількість живих клітин після одно-годинної обробки (3600 с) зменшилась в 8,4 рази, а після півтора години (5400 с) – в 42 рази, відносно вихідного мікробіологічного навантаження. Тобто досягнуто показника ЧМ_{кін} = 100 КУО/см³, що відповідає нормативам

питної води. Подальше озвучування в атмосфері гелію підтвердило ефективність обробки води.

Рисунок демонструє стрімке зростання частки загиблих клітин на початку процесу, тривалістю до однієї години. На тривалості обробки води 3600 с частка загиблих клітин становить 88,09%, а через 5400 с – уже 97,62%. Після дії He/кавітація тривалістю 5400 с крива частки загиблих клітин виходить на плато.

Кінцеве ЧМ не перевищує 100 КУО/см³, яке було досягнуто вже через 1,5 години, а розрахована величина ефективної константи швидкості загибелі дріжджів (k_d) становить $5,73 \pm 0,08 \cdot 10^{-4}$, с⁻¹. Ці дані вказують на практично повне очищення води та на ефективність барботування гелію в кавітаційних умовах, тоді як після обробки води в умовах He/кавітація з вмістом спорогенних бактерій *Bacillus cereus* величина k_d становить $2,89 \pm 0,04 \cdot 10^{-4}$, с⁻¹ в аналогічних умовах експерименту [22]. В роботі [20]

досліджено дію самого гелію, але без застосування кавітації на бактерій *Bacillus cereus* з вихідним ЧМ = $4,8 \cdot 10^4$ КУО/см³ та розраховано величину k_d , яка становить $8,16 \pm 0,07 \cdot 10^{-5}$, с⁻¹ що засвідчує синергічний ефект при одночасній дії досліджуваного газу та кавітації.

Таким чином, при барботуванні гелію в кавітаційних умовах вдалося досягнути практично повного очищення води від дріжджів. Високу ефективність дії газу можна обґрунтувати тим, що гелій характеризується високим виходом продуктів піролізу [18]. Тобто насичення водного середовища з вмістом дріжджів інертним гелієм веде до утворення додаткових кавітаційних зародків в реакційній зоні, що зумовило активне руйнування МО. Також величина іонізаційного потенціалу гелію становить 24,5 еВ, що полегшує електронний пробій в каверні, сприяє більш інтенсивному розпаду молекул води в ній, в результаті якого збільшується ефективність знезараження води.

Таблиця

Життєздатність клітин *Saccharomyces cerevisiae* в залежності від тривалості обробки

Table

Viability of *Saccharomyces cerevisiae* cells depending on the duration of treatment

Тривалість He/УЗ обробки, с	ЧМ, КУО/см ³
0	$4,2 \cdot 10^3$
1800	$2,5 \cdot 10^3$
3600	$5 \cdot 10^2$
5400	$1 \cdot 10^2$
7200	$1 \cdot 10^2$

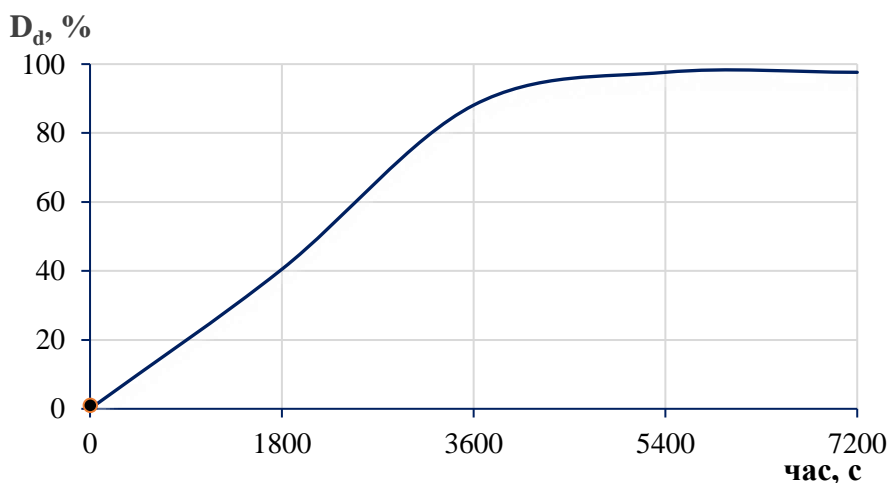


Рис. – Залежність частки загиблих клітин від тривалості одночасної дії гелію та кавітації
 Fig. – Dependence of the proportion of dead cells on the duration of simultaneous action of helium and cavitation

Представлені дослідження дозволяють описати процеси відмирання дріжджових клітин в умовах спільної дії гелію та кавітації. Наведені експериментальні дані також узгод-

жуються з результатами наших попередніх дослідів [19, 20, 22], де представлена дія інертних газів на бактерії *Bacillus cereus*.

Висновки

Наведено експериментальні дані одночасного впливу гелію, барботованого зі швидкістю 0,2 см³/с через водне середовище (об'єм 75 см³) та кавітації (частота 22 кГц, потужність 35 Вт) на дріжджові клітини *Saccharomyces cerevisiae* впродовж двогодинної тривалості процесу. Визначено відсоткову частку зруйнованих клітин від тривалості обробки води.

Відзначено практично повне руйнування дріжджів у водному середовищі (D_d

= 97,62%), що вказує на високу ефективність застосування спільної дії He/кавітація в процесах водоочищення.

Обґрунтовано дію гелію на руйнування дріжджів в кавітаційних умовах.

Виявивши високу ефективність гелію в процесі руйнування дріжджових клітин, його доцільно застосовувати в поєднанні з кавітаційною обробкою на стадії знезараження води.

Література

1. Головачев А. В., Абросимова Е. М. Применение гипохлорита натрия при обеззараживании воды. *Водоснабж. и сан. техн.* 2009. № 4. С. 8-12.
2. Буря О. І., Кудина О. Ф. Вода – властивості, проблеми та методи очищення : монографія. Дніпропетровськ : Пороги, 2006. 520 с.
3. Viciña-Reyes J. P., Luh J. and Mariñas B. J. Inactivation of Mycobacterium avium with chlorine dioxide. *Water Research*. 2008. Vol. 42, Issues 6-7. P. 1531-1538. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.10.035>
4. Shin G.-A., Sobsey M. D. Inactivation of norovirus by chlorine disinfection of water. *Water Research*. 2008. 42, № 17. P. 4562-4568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.08.001>
5. Томашевская И. П., Савлук О. С., Корниевская Л. П. Использование хлорирования для обеззараживания питьевой воды. *Химия и технология воды*. 1989. Т. 11, № 5. С. 449-457.
6. Применение смешанных оксидантов при дезинфекции воды в бассейнах и аквапарках. *Вода и водоочистные технологии*. 2013. Т. 67, № 1. С. 70-71.
7. Гончарук В. В. Новая концепция обеспечения населения качественной питьевой водой. *Химия и технология воды*. 2008. Т. 30, № 6. С. 239-252.
8. Гончарук В. В., Потапченко Н. Г. Современное состояние проблемы обеззараживания воды. *Химия и технология воды*. 1998. Т. 20, № 2. С. 190-217.
9. Fei G., Lizhong Z., Jing W. Distribution of chlorination products of phenols under various pHs in water disinfection. *Desalination*. 2008. Vol. 225, No 1-3. P. 156-166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.03.016>
10. Лук'ячук С. В. Забруднення водного середовища: вплив на імунну систему організму. *Довкілля та здоров'я*. 2009. Т. 50, № 3. С. 31-34.
11. Dai Ch., Xiong F., He R., Zhang W. Effects of low-intensity ultrasound on the growth, cell membrane permeability and ethanol tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*. *Ultrasonics Sonochem*. 2017. Vol. 36. P. 191-197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.11.035>
12. Iorio M. C., Bevilacqua A., Corbo M. R. A case study on the use of ultrasound for the inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in almond milk. *Ultrasonics Sonochem*. 2019. Vol. 52. P. 477-483. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.12.026>
13. Kong Y., Peng Y., Zhang Zh. Removal of *Microcystis aeruginosa* by ultrasound: Inactivation mechanism and release of algal organic matter. *Ultrasonics Sonochem*. 2019. Vol. 56. P. 447-457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.04.017>
14. Li Y., Shi X., Zhang Zh. Enhanced coagulation by high-frequency ultrasound in *Microcystis aeruginosa* - laden water: Strategies and mechanisms. *Ultrasonics Sonochem*. 2019. Vol. 55. P. 232-242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.01.022>
15. Luhovskyi O. F., Gryshko I. A., Beryk I. M. Enhancing the Efficiency of Ultrasonic Wastewater Disinfection Technology. *Journal of Water Chemistry and Technology*. 2018. Vol. 40. P. 95-101. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1063455X18020078>

16. Park J., Son Y., Lee W. H. Variation of efficiencies and limits of ultrasonication for practical algal bloom control in fields. *Ultrasonics Sonochem.* 2019. Vol. 55. P. 8-17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.03.007>
17. Chaudhry F. N., Malik M. F. Factors affecting water pollution: a review. *J. Ecosyst. Ecography.* 2017. Vol. 7, No 1. P. 225-231. DOI: <https://doi.org/10.4172/2157-7625.1000225>
18. Naddeo V., Cesaro A., Mantzavinos D. Water and wastewater disinfection by ultrasound irradiation - a critical review. *Global Nest Journal.* 2014. Vol. 16, No 3. P. 561-577. DOI: <https://doi.org/10.30955/gnj.001350>
19. Коваль І. Вплив кисню та вуглекислого газу на очищення води від бактерій та дріжджів в кавітаційних умовах. *Вісник Харківського нац. універ. ім. В.Н. Каразіна серія «Екологія».* 2020. № 22. С. 75-82. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-22-07>
20. Коваль І. Вплив концентрації аеробних бактерій на процес їх життєздатності в присутності кисню. *Вісник Харківського нац. універ. ім. В. Н. Каразіна серія «Екологія».* 2020. № 23. С. 118-123.
21. Коваль І.З. Переважаюча мікрофлора природних та стічних вод Львівщини. *Chemistry, Technology and Application of Substances.* 2020. Т. 3, № 2. С. 121-126. DOI: <https://doi.org/10.23939/ctas2020.02.121>
22. Koval I.: Correlation between diameter of microorganisms and efficiency of microorganisms destruction under gas/cavitation conditions. *Chemistry & Chemical Technology,* 2021, Vol. 15, No. 1. P. 98–104. DOI: <https://doi.org/10.23939/chcht15.01.098>

References

1. Golovachev A. V., Abrosimova Ye. M. (2009). Application of sodium hypochlorite for water disinfection. *Water supply. and sanitary engineering,* 4, 8-12. (In Russia)
2. Burya, O. I., & Kudyna, O. F. (2006). Water - Properties, Problems and Methods of Purification. Dnepropetrovsk : Thresholds. (In Ukrainian)
3. Viciña-Reyes J. P., Luh J. and Mariñas B. J. (2008). Inactivation of Mycobacterium avium with chlorine dioxide. *Water Research.,* 42(6-7), 1531-1538. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.10.035>
4. Shin G.-A., Sobsey M. D. (2008). Inactivation of norovirus by chlorine disinfection of water. *Water Research.,* 42(17), 4562-4568. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.08.001>
5. Tomashevskaya I. P., Savluk O. S., Korniyevskaya L. P. (1989). The use of chlorination for the disinfection of drinking water. *Chemistry and technology of water,* 11(5), 449-457. (In Russia)
6. The use of mixed oxidants in the disinfection of water in swimming pools and water parks. (2013). *Water and Water Treatment Technologies,* 67(1), 70-71. (In Russia)
7. Goncharuk V. V. (2008). A new concept of providing the population with high-quality drinking water. *Water Chemistry and Technology,* 30(6), 239-252. (In Russia)
8. Goncharuk V. V., Potapchenko N. G. (1998). The current state of the problem of water disinfection. *Water Chemistry and Technology,* 20(2), 190-217. (In Russia)
9. Fei G., Lizhong Z., Jing W. (2008.) Distribution of chlorination products of phenols under various pHs in water disinfection. *Desalination,* 225(1-3), 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.03.016>
10. Luk"yanchuk S. V. (2009). Aquatic pollution: effects on the body's immune system. *Environment and health,* 50(3), 31-34. (In Ukrainian)
11. Dai Ch., Xiong F., He R., Zhang W. (2017). Effects of low-intensity ultrasound on the growth, cell membrane permeability and ethanol tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*. *Ultrasonics Sonochem.,* 36, 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.11.035>
12. Iorio M. C., Bevilacqua A., Corbo M. R. (2019). A case study on the use of ultrasound for the inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in almond milk. *Ultrasonics Sonochem.,* 52, 477-483. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.12.026>
13. Kong Y., Peng Y., Zhang Zh. (2019). Removal of *Microcystis aeruginosa* by ultrasound: Inactivation mechanism and release of algal organic matter. *Ultrasonics Sonochem.,* 56, 447-457. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.04.017>
14. Li Y., Shi X., Zhang Zh. (2019). Enhanced coagulation by high-frequency ultrasound in *Microcystis aeruginosa* - laden water: Strategies and mechanisms. *Ultrasonics Sonochem.,* 55, 232-242. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.01.022>
15. Luhovskiy O. F., Gryshko I. A., Bernyk I. M. (2018). Enhancing the Efficiency of Ultrasonic Wastewater Disinfection Technology. *Journal of Water Chemistry and Technology,* 40, 95-101. <https://doi.org/10.3103/S1063455X18020078>
16. Park J., Son Y., Lee W. H. (2019). Variation of efficiencies and limits of ultrasonication for practical algal bloom control in fields. *Ultrasonics Sonochem.,* 55, 8-17. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.03.007>
17. Chaudhry F. N., Malik M. F. (2017). Factors affecting water pollution: a review. *J. Ecosyst. Ecography,* 7(1), 225-231. DOI: <https://doi.org/10.4172/2157-7625.1000225>

18. Naddeo V., Cesaro A., Mantzavinos D. (2014). Water and wastewater disinfection by ultrasound irradiation - a critical review. *Global Nest Journal*, 16(3), 561-577. <https://doi.org/10.30955/gnj.001350>
19. Koval I. (2020). Influence of oxygen and carbon dioxide on water purification from bacteria and yeast under cavitation conditions. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, 22, 75-82. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-22-07> (In Ukrainian)
20. Koval I. (2020). Influence of Aerobic Bacteria Concentration on the Process of its Survival in the Presence of Oxygen. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, 23, 118-123. (In Ukrainian)
21. Koval I. (2020). Predominant microflora of natural and wastewaters of Lviv region. *Chemistry, Technology and Application of Substances*, 3(2), 121-126. <https://doi.org/10.23939/ctas2020.02.121> (In Ukrainian)
22. Koval I. (2021). Correlation between diameter of microorganisms and efficiency of microorganisms destruction under gas/cavitation conditions. *Chemistry & Chemical Technology*, 15(1), 98-104. <https://doi.org/10.23939/chcht15.01.098>

Отримана 15.03.2021

Переглянуто 22.04.2021

Прийнята до друку 12.05.2021

УДК (UDC): 616.993:595.422:638.1(477.85)

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-12>

К. Ю. ТИМЧУК^{1,2}, О. В. БАГЛЕЙ¹, канд. біол. наук, А. В. ЖУК¹, канд. біол. наук,
Т. В. ФИЛИПЧУК¹, канд. біол. наук, М. М. ФЕДОРЯК¹, д-р біол. наук, проф.

¹Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

вул. Коцюбинського, 2, 58012, м. Чернівці, Україна

²Буковинський державний медичний університет

Театральна площа, 2, 58000, м. Чернівці, Україна

e-mail: katerynagavryliak@gmail.com

o.bagley@chnu.edu.ua

a.zhuk@chnu.edu.ua

t.fylypchuk@chnu.edu.ua

m.fedoriak@chnu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5238-1544>

<https://orcid.org/0000-0002-3920-6124>

<https://orcid.org/0000-0002-0405-8037>

<https://orcid.org/0000-0001-6547-1135>

<https://orcid.org/0000-0002-6200-1012>

ЕПІЗООТИЧНА СИТУАЦІЯ ЩОДО ВАРООЗУ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ (*APIS MELLIFERA*) ОКРЕМИХ РАЙОНІВ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ (УКРАЇНА)

Мета. Охарактеризувати епізоотичну ситуацію щодо вароозу медоносних бджіл (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) на території чотирьох районів Чернівецької області.

Методи. Матеріал зібрано згідно чинних «Правил відбору зразків патологічного матеріалу, крові, кормів, води та пересилання їх для лабораторного дослідження». Інвазованість бджолиних колоній, ступінь екстенсивності вароозної інвазії імаго (EI, %) та ступінь ураження розплоду визначали за загальноприйнятими методами.

Результати. Збір матеріалів проводили впродовж літнього періоду (червень–серпень) 2020 року із 203-х бджолиних колоній 80-ти приватних пасік у межах чотирьох адміністративних районів Чернівецької області. Встановлено, що інвазованість бджолиного підмору та запечатаного розплоду досліджених районів області становила 34,80±14,97 % і 38,98±9,51 % відповідно. Досліджені райони характеризувалися різними співвідношеннями ступенів екстенсивності вароозної інвазії імаго. Найвищою виявилася сумарна відносна чисельність колоній, в яких для імаго притаманна відсутність кліщів або слабкий ступінь екстенсивності вароозної інвазії (від 95,3 % до 100 % обстежених колоній у досліджених районах). Близько двох відсотків обстежених колоній Хотинського та Сторожинецького районів характеризувалися середнім ступенем ураження і лише 2,35 % обстежених колоній Хотинського району мали сильний ступінь екстенсивності вароозної інвазії. За результатами аналізу розплоду виявили ураження з високим ступенем – 1,23 % у Хотинському районі та вкрай високим – 2 % у Сторожинецькому.

Висновки. Результати наших досліджень вказують на необхідність щорічного проведення контролю епізоотичної ситуації на пасіках щодо вароозу саме літньої пори року для своєчасного виявлення кліща *Varroa* та удосконалення методів профілактики і лікування вароозу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: бджоли, *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, бджолині колонії, варооз, вароозна інвазія, запечатаний розплід

Tymchuk K. Y.^{1,2}, Bagley O. V.¹, Zhuk A. V.¹, Fylypchuk T. V.¹, Fedoriak M. M.¹

¹Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University 2, Kotsiubynsky Str., Chernivtsi, 58012, Ukraine

²Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Teatralna Square 2, Chernivtsi, 58000, Ukraine

ЕПІЗООТИЧНА СИТУАЦІЯ ЩОДО ВАРООЗУ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ (*APIS MELLIFERA*) В ВИБРАНИХ РАЙОНАХ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ (УКРАЇНА)

Purpose. To describe the epizootic situation on honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) varroosis in four districts of Chernivtsi region.

Methods. The material was collected in accordance with the existing "Rules for sampling of pathological material, blood, feed, water and their transfer for laboratory testing." The share of infested colonies, extensiveness of *Varroa* invasion of worker honey bees (EI, %) and the degree of brood damage were analysed using common methods.

Results. The material was collected during the summer period (June – August) of 2020 from 203 bee col-

© Тимчук К. Ю., Баглей О. В., Жук А. В., Филипчук Т. В., Федоряк М. М., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0

onies of 80 private apiaries within four administrative districts in Chernivtsi region (Ukraine). We found that the share of colonies with infested worker honey bees was $34.80 \pm 14.97\%$ and with infested sealed brood $38.98 \pm 9.51\%$ of the studied colonies. The studied areas were characterized by different ratios of degrees of extensiveness of *Varroa* infestation of worker honey bees. The total share of the colonies without mites or with a low degree of extensiveness of varroosis invasion was the highest (ranging between 95.3 % and 100 %) in all four districts. Two percent of the tested colonies from Khotyn and Storozhynets districts were characterized by a medium degree of damage and only 2.35 % of the colonies of Khotyn district had a high degree of extensiveness of *Varroa* invasion. According to the results of the analysis of the brood, 1.23 % of the surveyed colonies in Khotyn district were damaged to a high degree, and 2 % of the tested colonies in Storozhynets district to the extremely high degree.

Conclusions. The results of our research indicate the need to perform annual monitoring of the epizootic situation on varroosis during summer period for the early detection of *Varroa* mites and improving methods for varroosis prevention and treatment.

KEYWORDS: bees, *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, bee colonies, varroosis, varroosis invasion, sealed brood

Тимчук К. Ю.^{1,2}, Баглей О. В.¹, Жук А. В.¹, Филипчук Т. В.¹, Федоряк М. М.¹

¹Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, ул. Коцюбинского, 2, 58012, Черновцы, Украина

²Буковинский государственный медицинский университет, Театральная площадь, 2, 58000, Черновцы, Украина

ЭПИЗОТИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ ПО ВАРРООЗУ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ (*APIS MELLIFERA*) ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ ЧЕРНОВИЦКОЙ ОБЛАСТИ (УКРАИНА)

Цель. Охарактеризовать эпизоотическую ситуацию по варроозу медоносных пчел (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) на территории четырех районов Черновицкой области.

Методы. Материал собран согласно действующих «Правил отбора образцов патологического материала, крови, кормов, воды и пересылки их для лабораторного исследования». Инвазированность пчелиных колоний, степень экстенсивности варроозной инвазии имаго (ЕІ, %) и степень поражения расплода определялись общепринятыми методами.

Результаты. Сбор материалов проводили в течение летнего периода (июнь–август) 2020 года из 203-х пчелиных колоний 80-ти частных пасек в пределах четырёх административных районов Черновицкой области. Установлено, что инвазированность пчелиного подмора и запечатанного расплода исследованных районов области составляла $34,80 \pm 14,97\%$ и $38,98 \pm 9,51\%$ соответственно. Исследуемые районы характеризовались разным соотношением степеней экстенсивности варроозной инвазии имаго. Наиболее высокой оказалась суммарная относительная плотность колоний, в которых для имаго присуще отсутствие клещей или слабая степень экстенсивности варроозной инвазии (от 95,3 % до 100 % обследованных колоний в исследуемых районах). Около двух процентов обследованных колоний Хотинского та Сторожинецкого районов характеризовались средней степенью поражения и только 2,35 % обследованных колоний Хотинского района имели сильную степень экстенсивности варроозной инвазии. По результатам анализа расплода обнаружили поражение высокой степени – 1,23 % в Хотинском районе и чрезвычайно высокой – 2 % в Сторожинцеком.

Выводы. Результаты наших исследований указывают на необходимость ежегодного проведения контроля эпизоотической ситуации по варроозу на пасеках именно в летний период года для своевременного обнаружения клеща *Varroa* и усовершенствования методов профилактики и лечения варрооза.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пчелы, *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, пчелиные колонии, варрооз, варроозная инвазия, запечатанный расплод

Вступ

Медоносні бджоли (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) – невід’ємний елемент екосистем, основна група комах-запилувачів рослин, яка підтримує біорізноманіття та виробництво цінної продовольчої продукції як в Україні, так і в цілому світі [1, 2]. Нещодавні дослідження встановили деякі найважливіші фактори, які стали причиною втрат медоносних бджіл. Зокрема, це шкідники та хвороби,

які спричинені паразитами, грибами, бактеріями та вірусами, зміна кліматичних умов, сільськогосподарське виробництво (некеруване використання пестицидів, тощо), недосконала практика ведення бджолярства (утримання, розведення бджіл) [3–5].

Дослідженнями встановлено, що у більшості країн світу, у тому числі й в Україні, на *A. mellifera* паразитує гамазовий кліщ

Varroa destructor [6]. В нозологічному профілі заразних хвороб бджіл варооз розглядається як одна із найнебезпечніших патологічних загроз, що призводить до загибелі бджолиних колоній по всьому світу [7]. Життєвий цикл *Varroa* передбачає обов'язкову зміну особин хазяїна, які знаходяться на різних стадіях розвитку і в різному фізіологічному стані. Кліщ харчується гемолімфою та жировим тілом личинок, лялечок та імаго бджіл. Інвазія призводить до скорочення тривалості життя окремих особин, зниження щільності бджолиних колоній, їх ослаблення [8, 9]. Науковці стверджують [10], що роль цього паразита недооцінена, оскільки *Varroa* має чудову адаптивну здатність, хімічну мімікрію, швидко набуває резистентності до акарицидів, мігрує всередині колонії та між колоніями бджіл. Найбільш дієвими методами боротьби із цим паразитом залишаються превентивні заходи щодо раннього обстеження бджолиних

колоній, також є значний прогрес у селекції *A. mellifera* резистентних до цього паразита [11].

В Україні моніторинг епізоотичної ситуації щодо поширення вароозу має фрагментарний характер. Упродовж 2006–2010 рр. було проведено комплексне дослідження захворюваності бджіл у 17 областях України [12]. Автори встановили щорічне зростання частки колоній, уражених кліщем *Varroa*, у Харківській, Закарпатській, Чернігівській, Київській, Львівській, Тернопільській областях. Глибші дослідження поширення вароозу проводились на території Житомирської [13], Рівненської та Полтавської [1, 14] областей. Поширення вароозу на території Чернівецької області вивчене недостатньо.

Мета. Провести дослідження епізоотичної ситуації щодо вароозу *A. mellifera* у межах чотирьох районів Буковини, які різняться між собою фізико-географічним положенням, кліматичними умовами та ступенем антропогенної трансформації.

Об'єкти та методи дослідження

Збір матеріалів проводили у межах чотирьох адміністративних районів Чернівецької області, які різняться ландшафтно-екологічними умовами, кормовою базою медоносних бджіл, ступенем антропогенної трансформації та бджільницькими практиками. Вибір локалітетів зумовлений розташуванням вздовж лінії стрімкого ландшафтного градієнту [15], який демонструє перехід від гірського до рівнинного рельєфу, а у соціально-

екологічному вимірі – від традиційного сільського господарства (Путильський район) через проміжний Сторожинецький район до інтенсивного агровиробництва (Хотинський і Кельменецький райони) (рис.1).

Матеріал зібрано згідно чинних «Правил відбору зразків патологічного матеріалу, крові, кормів, води та пересилання їх для лабораторного дослідження» [16]: з кожної паки відібрано проби із 10 % наявних бджо-

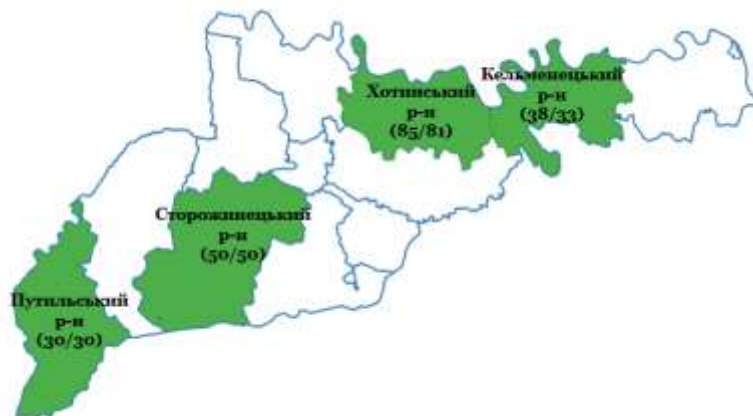


Рис.1 – Карта розташування досліджених районів Чернівецької області

Примітка: у дужках показано кількість досліджених проб свіжого підмору бджіл/запечатаного розплоду

Fig.1 – Location of the studied areas of Chernivtsi region

Note: the number of tested samples of adult bees / sealed brood is shown.

линих колоній. З метою оцінки епізоотичної ситуації щодо вароозу *A. mellifera*, відібрано матеріал із 203-х бджолиних колоній з 80-ти приватних пасік чотирьох наведених вище районів Чернівецької області колоній впродовж літнього періоду (червень–серпень) 2020 року. Отримані 203 проби імаго бджіл і 194 проби запечатаного розплоду аналізували на базі кафедри екології та біомоніторингу Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Використовували стереомікроскоп Konus Crystal-Pro 7-45x Stereo. **Інвазованість** визначали за співвідношенням кількості уражених кліщем *Varroa* бджолиних колоній до загальної кількості досліджених.

Екстенсивність вароозної інвазії імаго (EI, %) визначали на основі аналізу проб підмору (100 екз.) як кількісне співвідношення бджіл і кліщів [17, 18]:

$$EI = \frac{K}{\Pi} \cdot 100,$$

де K – кількість кліщів, що виявлені на імаго бджіл; Π – кількість імаго бджіл.

EI визначали для кожної колонії з подальшим обчисленням середнього значення для досліджених районів. Результати оцінювали за такою градацією EI: до 10 % – слабкий ступінь, 11–20 % – середній, понад 20 % – сильний [8, 19–21].

Ступінь ураження розплоду визначали на основі аналізу запечатаного розплоду. Запечатаний бджолиний розплід отримували вирізанням ділянки сот розміром 5 x 5 см, що відповідає в середньому 100 бджолиним коміркам. В лабораторних умовах кожну комірку розпечатували за допомогою препарувальної голки та пінцета і перенесли розплід на аркуш білого паперу формату А4, після чого здійснювали підрахунок кліщів [17, 21, 22].

Результати та обговорення

На першому етапі досліджень проводили обрахунок кліща *Varroa* з подальшим встановленням середньої інвазованості імаго та розплоду (табл.).

Усереднена інвазованість бджолиного підмору та запечатаного розплоду досліджених районів області становила $34,80 \pm 14,97$ % і $38,98 \pm 9,51$ % відповідно. Мінімальною інвазованістю за результатами обстеження як підмору, так і розплоду відзначалися пасіки Путильського району (13,33 % і 30,00 % відповідно); максимальною – Сторожинецького (56,00 % і 58,00 % відповідно).

Досліджені райони характеризувалися різним співвідношенням ступенів екстенсивності вароозної інвазії імаго (EI, %). Частка

колоній, робочі бджоли яких не уражені *Varroa*, за дослідженими районами зменшувалася наступним чином 86,67% – у Путильському, 73,69% – у Кельменецькому, значно нижчий цей показник 56,48% – у Хотинському та найменший – 44,00% у Сторожинецькому. Істотною виявилася частка колоній зі слабким ступенем ураження імаго: Сторожинецький район – 54,00%, Хотинський – 38,82%, Кельменецький – 26,31%, Путильський – 13,33%. Близько двох відсотків обстежених колоній Хотинського та Сторожинецького районів характеризувалися середнім ступенем ураження і лише 2,35% обстежених колоній Хотинського району мали сильний ступінь (рис.2).

Таблиця

Інвазованість бджолиних колоній досліджених районів Чернівецької області

Table

The share of *Varroa* infested bee colonies in the studied areas within Chernivtsi region

Райони	Досліджено бджолиних колоній		Уражених бджолиних колоній		Інвазованість бджолиних колоній, %	
	підмор	розплід	підмор	розплід	підмор	розплід
Путильський	30	30	4	9	13,33	30,00
Хотинський	85	81	37	28	43,53	34,57
Сторожинецький	50	50	28	29	56,00	58,00
Кельменецький	38	33	10	11	26,32	33,33
Сумарний/усереднений показник	203	194	79	77	$34,80 \pm 14,97$	$38,98 \pm 9,51$

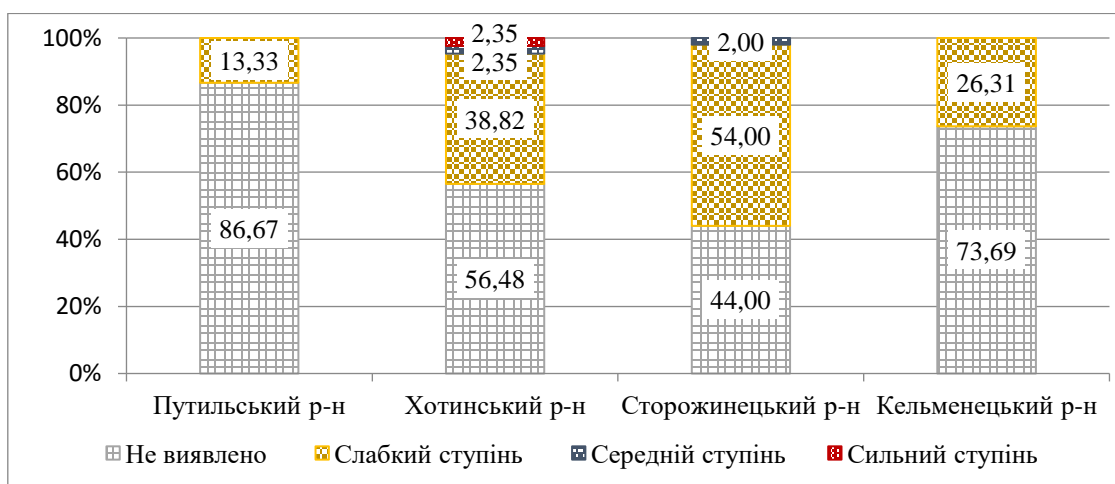


Рис.2 – Екстенсивність вароозної інвазії (EI, %) імаго бджіл досліджених районів Чернівецької області

Fig.2 – Extensiveness of varroa invasion (EI,%) of worker bees of the study districts of Chernivtsi region

Наступним етапом досліджень є визначення ступеня ураження розплоду. Частка розплоду не ураженого *Varroa* зменшувалася у наступній послідовності: 58,00 % – Сторожинецький район, 34,56 %, – Хотинський, 33,33 % – Кельменецький, 30,00 % – Путильський (рис. 3).

Найвищий відсоток незначного ступеня ураження розплоду встановлено у Сторожинецькому районі – 56,00 %, однакові показники – у Хотинському та Кельменецькому

– 33,33 %, найнижчий – у Путильському (30,00 %). Ураження високого ступеня виявили у 1,23 % обстежених колоній у Хотинському районі, а вкрай високого – 2,00 % у Сторожинецькому.

Під час обстеження кожної бджолиної колонії виявили, що варооз частіше проявлявся одночасно як у бджіл (імаго), так і у запечатаному розплоді. Проте, знаходили кліща *Varroa*, який паразитував лише на бджолах або розплоді.

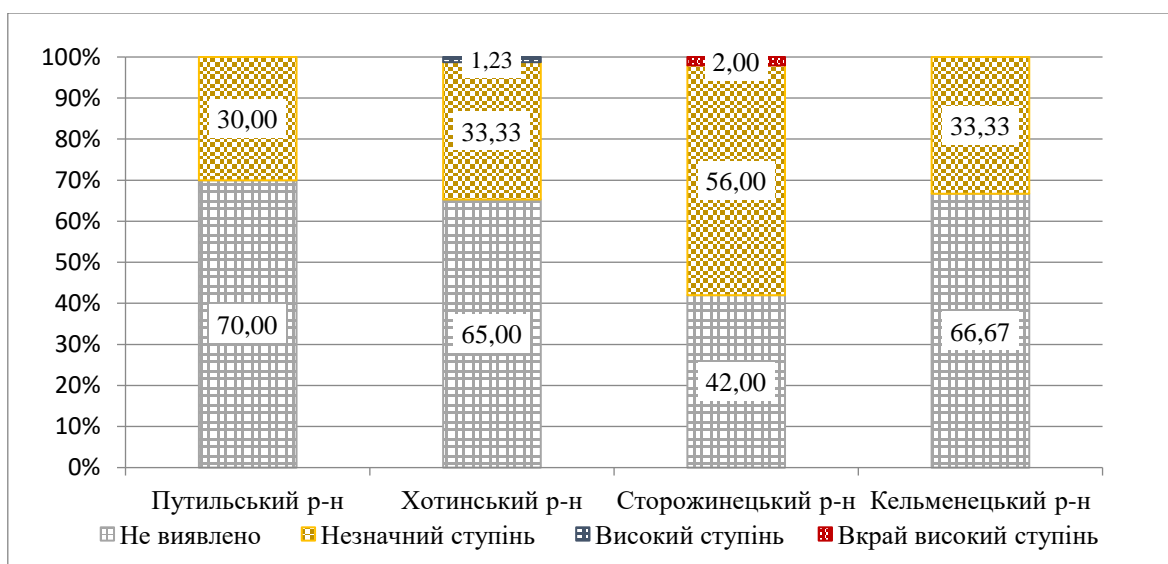


Рис. 3 – Ступені ураження (%) бджолиного розплоду збудником *Varroa* досліджених районів Чернівецької області

Fig. 3 – Degrees of damage (%) of bee brood by *Varroa* in four districts within Chernivtsi region

Отже, більш загрозливу епізоотичну ситуацію мають Сторожинецький і Хотинський райони, які характеризуються більш інтенсивним агровиросництвом, що, ймовірно негативно впливає на загальний стан бджолиних колоній і може сприяти підвищенню ризику ураження вароозом. Згідно літературних даних, найвищі показники екстенсивності вароозної інвазії бджолиних колоній

спостерігаються у літній період [1], а своєчасна діагностика та правильна обрана стратегія захисту бджолиних колоній від ураження кліщем *Varroa* дозволяє суттєво зменшити їх втрати після зимівлі [2, 23]. Тому, є потреба у постійному санітарно-ветеринарному контролі пасік з метою вчасної діагностики та правильного лікування вароозної інвазії.

Висновки

Усереднена інвазованість бджолиного підмору та розплоду досліджених районів області становила $34,80 \pm 14,97\%$ і $38,98 \pm 9,51\%$ відповідно. Мінімальною інвазованістю за результатами обстеження як підмору, так і розплоду характеризувалися пасіки віддаленого гірського Путильського району.

Встановлено різні співвідношення ступенів екстенсивності вароозної інвазії імаго й ураження розплоду та несприятливу

епізоотичну ситуацію у Сторожинецькому і Хотинському районах, натомість у Кельменецькому та Путильському районах показники вароозної інвазії були нижчими. Таким чином, проведені нами дослідження вказують на необхідність контролю епізоотичної ситуації на пасіках саме літньої пори року, що дає можливість своєчасно виявити кліща *Varroa* та удосконалити методи профілактики поширення паразита.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Література

1. Назаренко О. С., Євстаф'єва В. О. Поширення вароозу медоносних бджіл на території Полтавської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 2. С. 254–260. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.34>
2. Федоряк М. М., Тимочко Л. І., Шкробанець О. О., Жук А. В., Делі О. Ф., Подобівський С. С., Миколайчук В. Г., Калиниченко О. О., Легета У. В., Зароченцева О. Д. Противароозні ветпрепарати на ринку України в контексті аналізу факторів ризику для медоносних бджіл. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2020. Вип. 23. С.124–138. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-23-11>
3. Hristov P., Shumkova R., Palova N., Neov B. Factors associated with honey bee colony losses: a mini-review. *Veterinary Sciences*. 2020. Vol. 7. No 4.166. DOI: <https://doi.org/10.3390/vetsci7040166>
4. Larsen A., Reynaldi F. J., Guzmán-Novoa E. Fundamentals of the honey bee (*Apis mellifera*) immune system. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2019. Vol. 10. No 3. P. 705–728. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcpc.v10i3.4785>
5. Doublet V., Labarussias M., de Miranda J. R., Moritz R. F., Paxton R. J. Bees under stress: sublethal doses of a neonicotinoid pesticide and pathogens interact to elevate honey bee mortality across the life cycle. *Environmental microbiology*. 2015. Vol. 17. No 4. P. 969–983. DOI: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12426>
6. Anderson D. L., Trueman J. W. H. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental & applied acarology*. 2000. Vol. 24. No 3. P. 165–189. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1006456720416>
7. Fanny M., Alexis B., Alison M., Barbara L., Cédric A., Solene B., Danka B., Le Conte Y. Honey bee survival mechanisms against the parasite *Varroa destructor*: a systematic review of phenotypic and genomic research efforts. *International journal for parasitology*. 2020. Vol. 50. No 6–7. P. 433–447. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2020.03.005>
8. Назаренко О. О. Варооз медоносних бджіл (поширення, діагностика і лікування): дис. ...канд. ветер. наук: 16.00.11. Львів, 2020. 153 с.

9. Yevstafieva V. O., Zaloznaya L. M., Nazarenko O. S., Melnychuk V. V., Sobolta A. G. Morphological variation of *Varroa destructor* (Parasitiformes, Varroidae) in different seasons. *Biosystems Diversity*. 2020. Vol. 28. No.1. P. 18–23. DOI: <https://doi.org/10.15421/012003>
10. Traynor K. S., Mondet F., de Miranda J. R., Techer M., Kowallik V., Oddie M. A., Chantawannakul P., McAfee A. *Varroa destructor*: A complex parasite, crippling honey bees worldwide. *Trends in Parasitology*. 2020. 36 (7), 592–606. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.04.004>
11. Rinderer T.E., Harris J.W., Hunt G.J., & De Guzman L.I. Breeding for resistance to *Varroa destructor* in North America. *Apidologie*. 2010. Vol. 41. No. 3. P. 409–424. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido/2010015>
12. Маслій І. Г., Немкова С. М., Ступак Л. П., Десятникова О. В. Моніторинг хвороб бджіл в Україні. *Ветеринарна медицина*. 2015. Вип. 101. С. 116–121.
13. Галатюк О. Є., Тушак С. Ф. Епізоотологічний моніторинг заразних хвороб медоносних бджіл у північно-західному регіоні України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. Вип. 237. С. 372–379.
14. Євстаф'єва В. О., Назаренко О. С. Біологічні особливості сезонної динаміки *Varroa destructor* (Anderson and Trueman, 2000) в умовах Полтавської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 122–125. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.23>
15. Fedoriak M., Kulmanov O., Zhuk A., Shkrobanets O., Tymchuk K., Moskalyk G., Olendr T., Yamelynets T., Angelstam P. Stakeholders' views on sustaining honey bee health and beekeeping: the roles of ecological and social system drivers. *Landscape Ecology*. 2021. Vol. 36. No. 3. P. 763–783. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-23-09>
16. Правила відбору зразків патологічного матеріалу, крові, кормів, води та пересилання їх для лабораторного дослідження. Затверджено Головою Державного департаменту ветеринарної медицини Мінсільгосппроду України П. П. Достоевського від 15 квітня 1997 р. № 15-14/111. URL: <https://mwob.com.ua/showthread.php?t=782>
17. Dietemann V., Nazzi F., Martin S. J., Anderson D. L., Locke B., Delaplane K. S., Wauquiez Q., Tannahill C., Frey E., Ziegelmann B., Rosenkranz P., Ellis J. D. Standard methods for *Varroa* research. *Journal of Apicultural Research*. 2013. Vol. 52. No. 1. P. 1–54, DOI: <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.09>
18. Carreck N. L., Dietemann V., Neumann P., Ellis J. D. The COLOSS BEEBOOK: global standards in honey bee research. *Journal of Apicultural Research*. 2020. Vol. 59. No. 3. P. 1–4, DOI: 10.1080/00218839.2020.1739410
19. Мегедь О. Г., Поліщук В. П. Бджільництво. Київ : Вища школа, 1987. 336 с.
20. Гробов О. Ф. Клещи: паразиты пчел и вредители их продукции. Москва : Росагропромиздат, 1991. 94 с.
21. Про затвердження Інструкції щодо попередження та ліквідації хвороб бджіл. Наказ Головного державного інспектора ветеринарної медицини України від 30.01.2001 № 9. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0131-01#Text>
22. Поль Ф. Болезни пчёл. Москва : Астрель, 2004. 199 с.
23. Van der Zee R., Gray A., Pisa L., De Rijk T. An observational study of honey bee colony winter losses and their association with *Varroa destructor*, neonicotinoids and other risk factors. *PLoS One*. 2015. Vol. 10. No. 7. e0131611. DOI: <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0131611>

References

1. Nazarenko, O. S. & Yevstafieva, V. O. (2019). Varroosis distribution of honeybees in the Poltava region. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 254–260. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.34> . (in Ukrainian)
2. Fedoriak, M. M., Tymochko, L. I., Shkrobanets, O. O., Zhuk, A. V., Deli, O. F., Podobivskiy, S. S., Mykolaichuk V. H., Kalynychenko O. O., Leheta U. V. & Zarochentseva, O. D. (2020). Results of standardised beekeeper survey of honey bee colony losses in Ukraine for winter 2018–2019. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, (23), 124–138. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-23-11> (in Ukrainian)
3. Hristov, P., Shumkova, R., Palova, N. & Neov, B. (2020). Factors Associated with Honey Bee Colony Losses: A Mini-Review. *Veterinary Sciences*, 7(4), 166. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040166>
4. Larsen, A., Reynaldi, F.J. & Guzmán-Novoa, E. (2019). Fundamentals of the honey bee (*Apis mellifera*) immune system. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10 (3), 705–728. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4785>
5. Doublet, V., Labarussias, M., de Miranda, J.R., Moritz, R.F. & Paxton, R.J. (2015). Bees under stress: sublethal doses of a neonicotinoid pesticide and pathogens interact to elevate honey bee mortality across the life cycle. *Environmental microbiology*, 17(4), 969–983. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12426>

6. Anderson, D. L. & Trueman, J. W. H. (2000). *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental & applied acarology*, 24(3), 165-189. <https://doi.org/10.1023/A:1006456720416>
7. Fanny, M., Alexis, B., Alison, M., Barbara, L., Cédric, A., Solene, B., Danka B. & Le Conte, Y. (2020). Honey bee survival mechanisms against the parasite *Varroa destructor*: a systematic review of phenotypic and genomic research efforts. *International journal for parasitology*, 50 (6–7), 433–447. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2020.03.005>
8. Nazarenko, O. O. (2020). *Varroasis of honey bees (distribution, diagnosis and treatment)*. Candidate's thesis. Lviv. (in Ukrainian)
9. Yevstafieva, V.O., Zaloznaya, L.M., Nazarenko, O.S., Melnychuk, V.V. & Sobolta, A.G. (2020). Morphological variation of *Varroa destructor* (Parasitiformes, Varroidae) in different seasons. *Biosystems Diversity*, 28 (1), 18–23. <https://doi.org/10.15421/012003>
10. Traynor, K. S., Mondet, F., de Miranda, J. R., Techer, M., Kowallik, V., Oddie, M.A., Chantawannakul P. & McAfee, A. (2020). *Varroa destructor*: A complex parasite, crippling honey bees worldwide. *Trends in Parasitology*, 36 (7), 592–606. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.04.004>
11. Rinderer, T. E., Harris, J. W., Hunt, G. J. & De Guzman, L. I. (2010). Breeding for resistance to *Varroa destructor* in North America. *Apidologie*, 41(3), 409–424. <https://doi.org/10.1051/apido/2010015>
12. Maslii I.G., Niemkova S.N, Stupak L.P. & Desyatnikova E.V. (2015). Monitoring of diseases of bees in Ukraine. *Veterinary medicine*, 237, 372–379. (in Ukrainian)
13. Halatyuk O. E. & Tushak S. F. (2016). Epizootological monitoring of infectious diseases of honeybees in the northwest region Ukraine. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 237, 372–379. (in Ukrainian)
14. Yevstafieva, V. O. & Nazarenko, O. S. (2018). Biological features of the seasonal dynamics of *Varroa destructor* (Anderson and Trueman, 2000) in the conditions of Poltava region. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (1), 122–125. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.23> (in Ukrainian)
15. Fedoriak, M., Kulmanov, O., Zhuk, A., Shkrobanets, O., Tymchuk, K., Moskalyk, G., Olendr T., Yamelynets T. & Angelstam, P. (2021). Stakeholders' views on sustaining honey bee health and beekeeping: the roles of ecological and social system drivers. *Landscape Ecology*, 36(3), 763–783.
16. Rules for taking samples of pathological material, blood, feed, water and sending them for laboratory testing (1997). Retrieved from: <https://mwob.com.ua/showthread.php?t=782> (in Ukrainian)
17. Dietemann, V., Nazzi, F., Martin, S. J., Anderson, D. L., Locke, B., Delaplane, K. S., Wauquiez, Q., Tannahill, C., Frey, E., Ziegelmann, B., Rosenkranz, P. & Ellis, J. D. (2013). Standard methods for *Varroa* research. *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1–54. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.09>
18. Carreck, N. L., Dietemann, V., Neumann, P. & Ellis, J. D. (2020) The COLOSS BEEBOOK: global standards in honey bee research. *Journal of Apicultural Research*, 59 (3), 1–4. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1739410>
19. Meged, O. G. & Polishchuk, V. P. (1987). *Apiculture*. Kiev: Higher school. (in Ukrainian)
20. Grobov, O.F. (1991) *Ticks: parasites of bees and pests of their products*. Moscow: Rosagropromizdat. (in Russian).
21. On approval of the Instruction on prevention and elimination of bee diseases (2001). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0131-01#Text> (in Ukrainian)
22. Paul, F. (2004). *Diseases of bees*. Moscow: Astrel (in Russian)
23. Van der Zee, R., Gray, A., Pisa, L., & De Rijk, T. (2015). An observational study of honey bee colony winter losses and their association with *Varroa destructor*, neonicotinoids and other risk factors. *PLoS One*, 10(7), e0131611. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0131611>

Отримана 24.03.2021

Переглянуто 22.04.2021

Прийнята до друку 12.05.2021

ХРОНІКА

УДК (UDC): 504

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-13>

Н. В. МАКСИМЕНКО¹, д-р геогр. наук, проф., **С. П. СОНЬКО²**, д-р геогр. наук, проф.,
¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна
²Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1, м. Умань, 20300, Черкаська область, Україна

e-mail: maksymenko@karazin.ua
sp.sonko@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>
<https://orcid.org/0000-0002-7080-9564>

СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ І ЖИТТЄВИЙ ПРОСТІР» ІV МІЖНАРОДНОГО НАУКОВОГО КОНГРЕСУ «SOCIETY OF AMBIENT INTELLIGENCE 2021»

N. V. MAKSYMENKO¹, S. P. SONKO²

¹ V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody sq., 6, 61022, Kharkiv, Ukraine

² Uman National University of Horticulture, Instytutska str., 1, Uman, 20300, Cherkasy region, Ukraine

SECTION «ECOLOGY AND LIVING SPACE» OF IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS «SOCIETY OF AMBIENT INTELLIGENCE 2021»

Для проведення чергового ІV Міжнародного наукового конгресу «Society of Ambient Intelligence 2021» вперше залучено Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна у якості співорганізатора (рис.1). Представники університету – директор ННІ екології канд. геогр.н., доц. Тітенко Ганна Валеріївна та зав.кафедрою екологічного моніторингу та заповідної справи д-р геогр.н., проф. Максименко Надія Василівна увійшли до складу програмного і організаційного комітетів. У проведенні конгресу сферою докладання творчих зусиль стала секція «Екологія і життєвий простір», де модераторами були призначені проф. Максименко Н.В. (Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна), проф. Сонько С.П. (Уманський національний університет садівництва) та канд. геогр.н., доц. Уткіна К.Б. (Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна).

До програми конгресу після детального аналізу та подвійного сліпого рецензування включено 16 наукових доповідей, які у різному ступені та з різною глибиною висвітлювали головну проблему – *урбоекологія та формування життєвого простору*. Доповідачі представляли Білорусь, Велику Британію, Грецію, Молдову, Румунію і Україну. Авторські колективи з нашої країни представляли широкий спектр навчальних і наукових установ із Запоріжжя, Кам'янець-Подільського, Києва, Кривого Рогу, Львова, Одеси, Полтави, Рівного, Тернополя, Умані, Харкова, Хмельницького та Чернівців.

Тематика доповідей охоплювала широкий спектр зазначеної проблеми:

- *екологія, моніторинг та екомережа* (Andrii Achasov, Alla Achasova, Ganna Titenko, Oleg Seliverstov Vladimir Krivtsov Assessment of the ecological condition of soil cover based on remote sensing data: erosional aspect; Oleksandr Zabolotnyi, Larysa Rozborska, Iryna Leontiuk, Ivan Zhilyak, Anna Datsenko. Influence of biologically active substances on key indicators of the conditions of winter wheat ecocenosis; Iryna Koval, Valentyna Meshkova, Nadiya Maksymenko, Catalin-Constantin Roibu, Iryna Obolonik. Assessment of climate change by dendrochrojnological methods in Polissya; Roman Malik, Andriy Kyrylchuk, Zinovy Pankiv, Ihor Kasiyanyk. Ecological and geographical features of ontogenesis of Holocene soils of Kamianets-Podilskyi fortress; Victoria Yavorska, Kateryna Kolomi-

© Максименко Н. В., Сонько С. П., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Рис. 1 – Каразинський університет серед Організаторів Конгресу
Fig. 1 – Karazin University among the Organizers of the Congress

yets, Valentina Trigub, Ihor Hevko, Olexandra Chubrei. Problems of formation of ecological networks for environmental safety of Odesa region);

- *урбоекологічна* (Oleksandr Klymenko, Mykola Klymenko, Lyudmila Klymenko, Maria Kopyi, Illia Tsinivskiy, Evaluation of the State of Ecological Sphere Vital Activity in the Medium-Size Cities; Serhiy Sonko, Olena Lakomova, Daria Shiyani, Tetyana Karpenko, Yulia Kosenko. Ecology of the City and the Role of Tourism in the Formation of Living Space (on the Example of Urban Ecosystems of the Cities of Kryvyi Rih and Uman); Ihor Lishchynskyy, Mariia Lyzun, Evangelos Siskos, Yevhen Savelyev, Vitalina Kuryliak. Urban green space: comparing the EU and Ukrainian practice; Nadiya Maksymenko, Sergiy Sonko, Hanna Skryhan, Svitlana Burchenko, Anton Gladkiy. Green infrastructure of post-USSR cities for prevention of noise pollution);

- *техноекологічна* (Hanna Matukova, Valentyna Khrapkina, Natalia Bahashova, Daria Matukova-Yaryha, Alla Levitskaia. Eco-controlling: prospects for the environmental policy in enterprise management; Carlos Genaro Morales Aranibar, Nataniel Mario Linares Gutierrez, Tolomeo Raul Soto Perez, Luis Fortunato Morales Aranibar. Treatment of Mining and Thermoelectric Waste Through the Geopolymerization Process) (рис. 2);

- *екології людини* (Kateryna Antoniuk, Anatoly Moki, Mariia Pikh, Lyudmila Bukharina, Dmytro Antoniuk. Ensuring of consumer choice ecologization on the basis of consumption safety: international experience for Ukraine);

- *дотичні до головної проблематики соціально-географічні та демографічні дослідження* (Kateryna Butkaliuk, Valentyna Shchabelska, Mariia Bykova, Iuliia Pologovska. Socio-geographical concept of labor market monitoring and regional employment policy formation; Olena Vasylyeva, Andrii Karpenko. The intellectual component of labor potential as a factor of sustainable development of the agricultural sector; Victoria Yavorska, Vitaliy Sych, Ihor Hevko, Inna Shorobura, Olexandra Dolynska. Modern demographic processes in Ukraine, factors of influence; Sergii Kyryziuk, Viktor Yarovi, Igor Prokopa, Mariia Lukyanova, Natural Resource-Based Socio-Economic System of Local Communities: Vulnerability and Adaptation to Climate Change).

Важливим є те, що під час роботи секції відбувались жваві та конструктивні дискусії за участю усіх доповідачів. Особливу зацікавленість викликали доповіді з проблематики формування життєвого простору міст, урбоекологічна та техноекологічна. На думку модераторів наукова проблематика секції «Екологія і життєвий простір» виправдала очікування щодо актуальності, попиту та перспективності.

Разом з тим в процесі роботи секції виникали об'єктивні труднощі, пов'язані, переважно з технічними проблемами (зв'язок, швидкість Інтернет, різниця у часі). Крім того тематика доповідей не завжди в повній мірі відповідала генеральній проблематиці секції, тому інколи виникали труднощі у організації дискусії через віддаленість фаху окремих доповідачів від проблематики секції. Напевне, у програмі наступного конгресу варто передбачити більш ретельну процедуру відбору публікацій на попередньому етапі їхнього прийняття до участі.

Робота студентської «Екологія та життєвий простір», де модераторами були проф. Максименко Н.В. та старший викладач Черкашина Н.І. (Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна) і проф. Сонько С.П. (Уманський національний університет садівництва) охоплювала три види активності, а саме:



Рис.2 – Презентація доповіді з Перу
Fig.2 – Presentation of the report from Peru

- Виступ групи доповідачів з презентацією матеріалів, присвячених 35 річчю Чорнобильської трагедії. Студентами екологами з Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна підготовлено інформацію про суть катастрофи, її екологічних, економічних і соціальних наслідки.
- Доповіді молодих вчених, включені в матеріали Конгресу і опубліковані в його збірнику.
- Доповіді з проблем екології, спрямовані на студентську дискусійну панель «Ecology is a priority».

До 35 річчю Чорнобильської трагедії Каразінським Навчально-науковим інститутом екології підготовлено доповіді молодих вчених з проблем екології та виступ групи студентів з презентацією тематичних матеріалів.

Студенти-екологи 1 курсу Москвітін Михайло, Москвітін Марія, Маланія Надія, Тістол Марія, Зубенко Поліна та Коломійцева Анастасія для міжнародної аудиторії підготували інформацію та прочитали англійські доповіді під спільною назвою «Ecological Consequences of the Chernobyl Catastrophe» про суть катастрофи, її екологічні, економічні і соціальні наслідки. Другокурсники Мартін Манукян та Поліна Лобач під керівництвом доц. Кочанова Е.О. доповіли результати наукових досліджень в Чорнобильській зоні за темою «Ecological catastrophe at the Chernobyl NPP and its consequences (scientific, political and economic point of view)». Вражаюча інформація супроводжувалась добре підібраними фотоматеріалами, що сколихнули душу як дорослої частини аудиторії, яка пережила ці події, так і молоді, для якої це історія, але, як довели виступаючі, не така вже і далека.

В цілому, на конгрес у секції «Екологія та життєвий простір» студентами представлено 20 наукових доповідей з різних питань екології - від освітлення глобальних проблем до презентації власних вузько наукових досліджень. Молоді вчені представляли Україну, Грузію і Узбекистан, але всіх їх об'єднували одні ідеї - дбайливе ставлення до природи, прагнення впровадження нових ресурсозберігаючих технологій, реалізація прогресивних екологічних практик.

У широку дискусію були залучені не тільки студенти, а й присутні на засіданні їх наукові керівники, імениті вчені – проф. В. Кривцов з Единбурга (Великобританія), проф. С. Сонько (м. Умань, Україна), проф. Н. Максименко та проф. А. Некос (м. Харків, Україна).

В цілому, 4 години безперервної роботи показала, що активна життєва позиція молодого покоління вселяє впевненість в позитивній екологічній перспективі наших країн.

Загалом, роботу секції «Екологія та життєвий простір» можна вважати плідною і конструктивною. Учасники поділились результатами своїх досліджень, обмінялись контактами та пропозиціями щодо подальшого співробітництва. Спільним бажанням усіх доповідачів стала глибока подяка організаторам конгресу та надія на майбутні наукові контакти. З матеріалами конгресу можна ознайомитись на його сайті <http://www.isc-sai.org/>.



УДК (UDC): 504

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-14>

А. Н. НЕКОС¹, д-р геогр. наук, проф., **К. Б. УКТІНА¹**, канд. геогр. наук, доц.,
І. А. КРИВИЦЬКА¹, канд. біол. наук
¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна

e-mail: alnekos999@gmail.com
k.utkina@karazin.ua
ivkrivitska@gmail.com

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0003-1852-0234>
<http://orcid.org/0000-0002-0632-1273>
<https://orcid.org/0000-0003-4727-794X>

МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ «ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА – СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИЩОЇ ОСВІТИ»: ПЕРШИЙ ДОСВІД

A. N. NEKOS¹, K. B. UTKINA¹, I. A. KRYVYTSKA¹

¹ V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody sq., 6, 61022, Kharkiv, Ukraine

INTERNATIONAL CONFERENCE “ENVIRONMENTAL SAFETY – ADVANCED DIRECTIONS AND WAYS FOR HIGHER EDUCATION DEVELOPMENT”: FIRST EXPERIENCE

25 лютого 2021 року вперше відбулася Міжнародна конференція «Екологічна безпека – сучасні напрямки та перспективи вищої освіти». Вона проходила у дистанційному форматі на базі платформи Zoom (рис.1) за підтримки проектів програми Еразмус + «Комплексна докторська програма з екологічної політики, менеджменту природокористування та техноекології – INTENSE» та Модуль Жана Моне «Інструменти екологічної політики ЄС - INENCY».

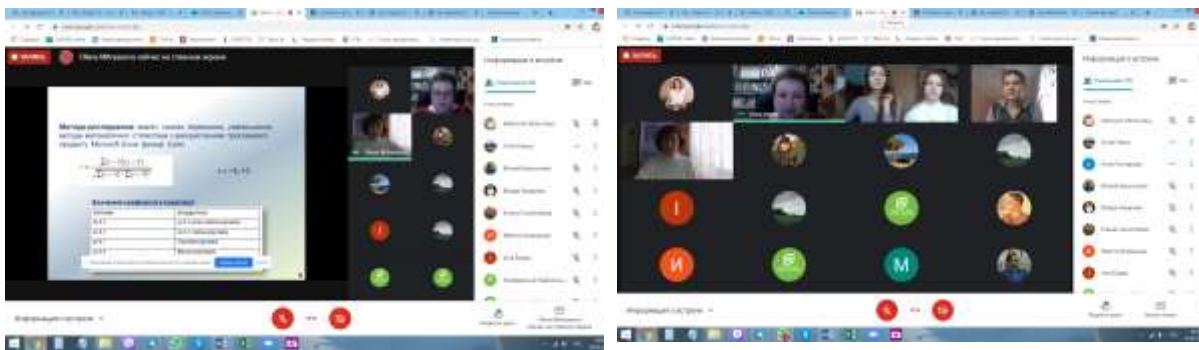


Рис. – Міжнародна онлайн конференція «Екологічна безпека – сучасні напрямки та перспективи вищої освіти»

Fig. – International online conference "Environmental safety – advanced directions and ways for higher education development "

Конференція організована і проведена кафедрою екологічної безпеки та екологічної освіти Каразинського університету, тож тематика охоплювала різні сфери, пов'язані з науковими напрямками роботи кафедри, а саме:

1. Сучасні проблеми екологічної безпеки.
2. Екологічна безпека як складова національної безпеки України.
3. Науково- методологічні основи підготовки фахівців у галузі екологічної безпеки.
4. Технології здійснення практичної підготовки фахівців у галузі екологічної безпеки.

Як відомо, екологічна безпека – одна з складових національної безпеки держави та її головні принципи є основою соціально-економічного розвитку України. А екологічна освіта

© Некос А. Н., Уткіна К. Б., Кривицька І. А., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.

сприяє формуванню екологічної культури населення та забезпечує сталий розвиток суспільства. І представлені доповіді підтвердили ці положення. У конференції прийняли участь біля 100 фахівців, які представили 30 різних організацій.

Представлені теми доповідей були дуже різноманітними: від суто технологічних підходів щодо вирішення екологічних проблем до питань змістовного наповнення фахових дисциплін при підготовці спеціалістів у галузі екологічної безпеки. Особлива увага була приділена удосконаленню підготовки бакалаврів та магістрів за освітньо-професійними програмами «Екологічна безпека», які є відносно інноваційними на українському просторі вищої освіти та постійно корегуються завдяки співпраці зі стейкхолдерами. Значний інтерес до тематики конференції свідчить про те, що питання екологічної безпеки є актуальними не тільки для України. Плідні дискусії дозволили обмінятися досвідом та знайти перспективні напрямки для подальшої роботи.

За підсумками конференції підготовлено електронну збірку тез доповідей (більше 60), який розміщено на сайті Каразінського навчально-наукового інституту екології (<http://ecology.karazin.ua/vidannja/>).

Наступна конференція запланована на весну 2022 року. І ми очікуємо на участь широкого кола фахівці екологічної спільноти та плідні дискусії.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The publication was prepared in the framework of ERASMUS+ project “Integrated Doctoral Program for Environmental Policy, Management and Technology – INTENSE”, financed by European Commission. Responsibility for the information and views set out in this publication lies entirely with the authors.

УДК (UDC):504

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-15>

К. Б. УТКІНА¹, канд. геогр. наук, доц., **Г. В. ТІТЕНКО¹**, канд. геогр. наук, доц.

¹*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна*

e-mail: k.utkina@karazin.ua

<http://orcid.org/0000-0002-0632-1273>

titenko@karazin.ua

<http://orcid.org/0000-0002-8477-0672>

МІЖНАРОДНА КООПЕРАЦІЯ КАРАЗІНСЬКОГО НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ЕКОЛОГІЇ У 2020 РОЦІ: ДІЯЛЬНОСТЬ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

K. B. UTKINA¹, G. V. TITENKO¹

INTERNATIONAL COOPERATION OF THE KARAZIN INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL SCIENCES: ACTIVITY AND OUTPUTS

¹*V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukrain*

The paper is devoted to present international projects, implemented by Karazin Institute of Environmental Sciences. Key activities and outputs for 2020 on three projects are given in details.

Каразінський навчально-науковий інститут екології є одним із лідерів в університеті в питаннях міжнародної діяльності. У 2020 році в інституті реалізовувалося три міжнародних проекти. Нижче зробимо огляд діяльності та основних результатів.

Проект ЕРАЗМУС+ «Комплексна докторська програма з екологічної політики, менеджменту природокористування та техноекології – INTENSE»

Метою проекту є вирішення основних екологічних проблем, що зумовлені нечітко сформульованою політикою, неналежним вибором управлінських дій та відсутністю відповідних технологій.

Серед основних результатів слід відзначити наступні:

- У 2020 році розпочато роботу української та міжнародної докторської школи та підписано Регламент роботи школи.
- Підготовлено реєстр обладнання спільного доступу для проведення досліджень.
- Завершується підготовка чотирьох відкритих масивних онлайн курсів (Massive Open Online Course – MOOC). Команда Каразінського ННІ екології є відповідальною за розробку MOOC «Принцип застереження та перехід до сталості» (“Precautionary Principle and Sustainability Transition”)
- Закінчено апробацію, оновлено та стартувало повноцінне викладання за 10 розробленими навчальними курсам. Усі навчальні дисципліни оформлено у вигляді дистанційних курсів у MOODLE.
- Для розповсюдження результатів проводяться семінари, круглі столи, конференції, тренінги, публікуються статті та тези.

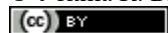
Проект ЕРАЗМУС+, Модуль Жана Моне «Інструменти екологічної політики ЄС – INENCSY»

Метою проекту є створення модулю із 3 курсів обсягом 8 ECTS та науковий компонент.

Серед основних результатів слід відзначити наступні:

- Оновлено навчальні матеріали за трьома навчальними дисциплінами.
- Затверджено навчальний план підготовки бакалаврів, до якого включені розроблені навчальні дисципліни.
- Результати публікуються у вигляді статей та тез доповідей.

© Уткіна К. Б., Тітенко Г. В., 2021



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Проект Еразмус+ з академічної мобільності з Університетом Західної Аттики, м. Афіни (Греція)

Метою проекту є обмін викладачами та студентами, посилення співпраці.

В рамках даного проекту було розпочато студентську мобільність та увесь весняний семестр 2019-2020 року студентка третього курсу Анастасія Сапун навчалася в Університеті Західної Аттики (Греція).

Діяльність із диссемінації

З метою розповсюдження інформації щодо можливостей ініціювання та участі у міжнародних проектах щороку проводиться декілька семінарів для студентів та викладачів. Також на сайті інституту створено сторінки міжнародних проектів (<http://ecology.karazin.ua/mizhnarodna-dijalnist/>).

Восени 2020 року в рамках Днів ЕРАЗМУС+, які проходили 15-17 жовтня, Каразінський навчально-науковий інститут прийняв участь у пан-європейському флешмобі. В інституті було проведено декілька заходів:

- Онлайн фотовиставка «Мій Еразмус+» – учасники проектів підготували колажі з фотографіями (рис.1).
- Онлайн семінар для студентів «Що мені дав ЕРАЗМУС+» - на семінарі були представлені проекти інституту, учасники поділилися враженнями від участі у різноманітних видах діяльності (рис.2).
- Міжфакультетський захід «Онлайн презентація проектів ЕРАЗМУС+ у Каразінському університеті» - студентам та викладачам університету було надано інформацію щодо участі інституту у проектах та основних досягненнях (рис.3).



Рис. 1 – Фотовиставка «Мій Еразмус+», 15-17 жовтня 2020 р. (<http://ecology.karazin.ua/erasmusdays-2020/>)
Fig.1 – Photo-exhibition “My Erasmus+”, 15-17 October 2020
(<http://ecology.karazin.ua/erasmusdays-2020/>)



Рис. 2 – Онлайн семінар «Що мені дав ЕРАЗМУС+», 16 жовтня 2020 р.
(<http://ecology.karazin.ua/news/onlajn-seminar/>)
Fig. 2 – Online workshop “What I gained from Erasmus+”, 16 October 2020
(<http://ecology.karazin.ua/news/onlajn-seminar/>)



Рис. 3 – Онлайн презентація проектів в Каразінському університеті, 17 жовтня 2020 р. (<http://ecology.karazin.ua/news/onlajn-prezentacija-proektiv-karazinskogo-universitetu/>)

Fig.3 – Online presentation of projects at Karazin University? 17 October 2020 (<http://ecology.karazin.ua/news/onlajn-prezentacija-proektiv-karazinskogo-universitetu/>)

Під егідою міжнародних проектів було проведено XXIII Міжнародну науково-практичну конференцію «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2020», XVI Всеукраїнські наукові Таліївські читання та Міжнародну інтернет – конференцію «Міжнародний досвід підготовки фахівців екологів», за результатами яких було підготовлено збірки тез доповідей та наукових статей (<http://ecology.karazin.ua/vidannja/>).

На завершення хотілося б відзначити, що у січні 2021 року стартує новий проект за програмою Вишеградського фонду, що свідчить про розвиток та сильний потенціал інституту.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The publication was prepared in the framework of the ERASMUS+ project “Integrated Doctoral Program for Environmental Policy, Management and Technology – INTENSE”, financed by European Commission. Responsibility for the information and views set out in this publication lies entirely with the authors.

Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: «Екологія» є збірником наукових робіт, який включено до Переліку ВАК фахових видань, в яких можна публікувати основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора і кандидата географічних наук (спеціальності 101,103) та біологічних наук (спеціальності 091,101).

До публікації приймаються статті, які написані українською, російською або англійською мовами згідно з правилами для авторів і отримали позитивні рекомендації рецензентів.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Електронна версія оформляється у форматі Microsoft Word, шрифт Times New Roman, розмір 11, міжрядковий інтервал 1,0, всі поля по 2,5 см. Жирним шрифтом виділяються підзаголовки у статті; курсив допускається лише у виняткових випадках.

Ілюстрації, включаючи графіки і схеми, мають бути розміщені безпосередньо в тексті. Ілюстрації подаються чорно-білими. Скрізь, де можливо, доцільніше використовувати графіки, а не таблиці.

Орієнтація сторінок – книжкова. Вирівнювання – по ширині.

Відступ для абзацу – 1,00 см.

Для статей необхідно вказати УДК (UDC): (зліва, розмір 11), ініціали та прізвище автора, науковий ступінь та звання (розмір 11, по центру), повну назву установи та її адреса, e-mail та <https://orcid.org/> усіх співавторів (розмір 10, по центру).

Подати прізвище та ініціали співавторів, назву установи, назву статті, анотацію та ключові слова українською, англійською й російською мовами: розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0. Ключові слова 5-7 без слів, що входять у назву.

Анотація має бути структурованою для експериментальних робіт, тобто обов'язково вказати: **Мета. Методи. Результати. Висновки.; Purpose. Methods. Results. Conclusions.; Цель. Методы. Результаты. Выводы.**

Текст статті має відповідати вимогам ВАК

Література обов'язково оформляється за ДСТУ 8302:2015, обов'язково містити джерела, що опубліковані не більше 5 років тому: розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0. Кількість посилань має бути не менше 15. Обов'язково вказувати URL. або URLeлектронну адресу посилань.

Нижче подається перелік посилань (**References**), переклад англійською мовою. Посилання необхідно оформляти згідно міжнародного бібліографічного стандарту APA (American Psychological Association). Вказувати обов'язково DOI (or Retrieved from).

Посилання на джерела давати у прямокутних дужках [] із зазначенням порядкового номера в порядку посилання у тексті, а в окремих випадках і сторінок.

Адреса редакції:

екологічний факультет, 4 поверх, к. 483а,

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

пл. Свободи, 6, Харків, Україна, 61022

тел. +38-057- 707-53-86

e-mail: visnykecology@karazin.ua ecology.journal@karazin.ua

Власний сайт: <http://visnecology.univer.kharkov.ua/>

Web-page: <http://periodicals.karazin.ua/ecology> (OJS)

Наукове видання

**ВІСНИК ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені В. Н. КАРАЗІНА**

**СЕРІЯ «ЕКОЛОГІЯ»
Вип. 24**

Збірник наукових праць

Українською, російською та англійською мовами

Макетування та комп'ютерне верстання
Баскакова Л. В.

Підписано до друку 02.06.2021 Формат 60 x 84 ¹/₈ . Папір офсетний.
Друк ризографічний

Ум. друк. арк. 15,3. Обл.-вид. арк. 17,6
Наклад 100 пр. Зам.

61022 Харків, майдан Свободи, 6
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Надруковано ХНУ імені В. Н. Каразіна
61022, Харків, майдан Свободи, 4.
Тел. 705-24-32
Видавництво

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09