

ISSN 1992-4224 (Print)  
ISSN 2415-7678 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені В. Н. КАРАЗІНА

**ЛЮДИНА  
ТА  
ДОВКІЛЛЯ**

**ПРОБЛЕМИ НЕОЕКОЛОГІЇ**

---

**MAN AND ENVIRONMENT  
ISSUES OF NEOECOLOGY**

**Випуск 33**

**Заснований 1999 р.**

Харків  
2020

Надаються результати фундаментальних і прикладних досліджень в різних галузях географії, агрономії, лісового господарства та екології.

Розглядаються шляхи вирішення сучасних проблем географічної науки, висвітлюються питання земельної політики, загального землеробства, сільськогосподарських та фіто меліорацій, агрофізики, агрогрунтознавства, агрохімії, рослинництва, лісовпорядкування, лісової таксації, лісознавства і лісівництва, екології людини, заповідної справи, оцінки і оптимізації стану навколишнього середовища, теорії й практики екологічного моніторингу, ГІС-технологій, моделювання стану довкілля.

Для науковців і фахівців в галузі екології, географії та сільського господарства, а також викладачів, аспірантів, магістрів і студентів вищих навчальних закладів

Наукове фахове видання України Категорії «Б» в галузях наук:  
10 Природничі науки за спеціальностями: 101 Екологія, 103 Науки про Землю;  
20 Аграрні науки та продовольство за спеціальностями: 201 Агрономія, 205 Лісове господарство.  
Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (протокол № 9 від 25.05.2020 р.)

**Максименко Н. В.**, д-р геогр. наук, (головний редактор);  
**Тітенко Г. В.**, канд. геогр. наук, доц., (заступник головного редактора);  
**Гололобова О. О.**, канд. с.-г. наук, доц., (відповідальний секретар);  
**Баскакова Л. В.** (технічний редактор);

#### **Редакційна колегія:**

**Ачасов А. Б.**, д-р с.-г. наук, проф., Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва;  
**Борковський Якуб**, д-р наук, проф., Вармінсько-Мазурський університет, Польща;  
**Василенко О. В.**, канд. с.-г. наук, Уманський національний університет садівництва;  
**Гриценко А. В.**, д-р геогр. наук, проф., НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»;  
**Едіріппуліге С.**, д-р географії, Університет Квінсленду, Австралія;  
**Кіосопоулос Джон**, д-р наук, проф., Університет Західної Аттики, Афіни, Греція;  
**Клименко М. О.**, д-р с.-г., проф., Національний університет водного господарства та природокористування;  
**Коваль І. М.**, канд. с.-г., с. н. с., УНДІ лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького;  
**Коцо Стефан**, канд. наук, Прешівський університет, Словаччина;  
**Крайнюков О. М.**, д-р геогр. наук, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;  
**Кривцов Володимир**, канд. наук, Единбургський університет, Великобританія;  
**Лісняк А. А.**, канд. с.-г. наук, доц., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;  
**Мудрак О. В.**, д-р с.-г. наук, проф., КВНЗ Вінницька академія неперервної освіти;  
**Нахтнебель Ханс-Петер**, д-р наук, проф., університет природних ресурсів та прикладних наук – ВОКУ, Австрія;  
**Некос А. Н.**, д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;  
**Полторецький С. П.**, д-р с.-г. наук, Уманський національний університет садівництва;  
**Сафранов Т. А.**, д-р геол.-мин. наук, проф., Одеський державний екологічний університет;  
**Скрильник Є. В.**, д-р с.-г. наук, ННЦ Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О. Н. Соколовського;  
**Скрильник Ю. Є.**, канд. с.-г. наук, УНДІ лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького;  
**Сонько С. П.**, д-р геогр. наук, проф., Уманський національний університет садівництва;  
**Торма Станіслав**, д-р філософії, Науково-дослідний інститут ґрунтознавства та охорони ґрунтів, регіональний філіал у м. Прешов, Словаччина;  
**Уткіна К. Б.**, канд. геогр. наук, доц., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;  
**Хусанов Алішер**, канд. техн. наук, Південно-Казахстанський університет імені М. Ауезова, м. Шемкент, Казахстан.

Адреса редакційної колегії: 61022, Харків, майдан Свободи, 6,  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, ННІ екології, кімн. 473а  
Тел. 057-707-53-86, e-mail: [ecology.journal@karazin.ua](mailto:ecology.journal@karazin.ua) Власний сайт: <http://luddovk.univer.kharkov.ua/>  
[http://journals.uran.ua/ludina\\_dov](http://journals.uran.ua/ludina_dov) <http://periodicals.karazin.ua/humanenviron/about>  
[www-ecology.univer.kharkov.ua](http://www-ecology.univer.kharkov.ua)

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

Статті пройшли подвійне «сліпе» рецензування

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 5097 від 03.05.2001

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, оформлення, 2020

The results of fundamental and applied environmental research in various fields of geography, agronomy, forestry and other environmental sciences are presented.

The ways for solution of existing problems of geographical science are considered; the questions of land policy, general agriculture, agricultural and phyto-melioration, agro-physics, agro-soil science, agro-chemistry, plant-growing, forest management, forest taxation and forest science, human ecology, protected areas management, environmental assessment and optimization, theories and practices of environmental monitoring, GIS technologies, environmental modeling are discussed.

For scientists and specialists in the field of environmental sciences, geography and agriculture, as well as teachers, graduate students, masters and students of higher educational establishments.

The Journal is a professional publication in the field of science:  
10 Natural sciences by specialties: 101 Ecology, 103 Earth sciences;  
20 Agricultural sciences and food by specialties: 201 Agronomy, 205 Forestry.  
MES Ukraine Order № 409 of 17/03/2020

Approved for printing by the decision of the Academic Council of V.N. Karazin Kharkiv National University

(Minutes Nr 9, dated May 25, 2020)

Editor-in-chief: **Maksymenko N. V.**, 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: **Golobova O. O.**, PhD (Agriculture), Assoc. Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;  
Technical Secretary: **Baskakova L. V.**, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine.

#### *The Editorial Board*

**Achasov A. B.**, DSc (Agriculture), V. V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University, Ukraine;  
**Borkowski Ja.**, DSc (Forestry), Prof., University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland;  
**Vasylenko O. V.**, PhD (Agriculture), Assoc. Prof., Uman National University of Horticulture, Ukraine;  
**Grytsenko A. V.**, DSc (Geography), Prof., Scientific and Research Institution "Ukrainian Scientific and Research Institute of Ecological Problems", Ukraine;  
**Edirippulige S.**, DSc (Geography), University of Queensland, Australia;  
**Kiousopoulos J.**, PhD, Prof., University of West Attica, Greece;  
**Klymenko M. O.**, DSc (Agriculture), Prof., National University of Water Management and Environmental Sciences, Ukraine;  
**Koval I. M.**, PhD (Agriculture), Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Ukraine;  
**Koco St.**, PhD, Assoc. Prof., University of Presov, Slovakia;  
**Krainiukov O. M.**, DSc (Geography), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;  
**Krivtsov V.**, PhD, University of Edinburgh, United Kingdom;  
**Lisnyak A. A.**, PhD (Agriculture), Assoc. Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;  
**Mudrak O. V.**, DSc (Agriculture), Prof., PHEI "Vinnytsia Academy of Continuing Education";  
**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;  
**Poltoretsky S. P.**, DSc (Agriculture), Prof., Uman National University of Horticulture, Ukraine;  
**Safranov T. A.**, DSc (Geology and Mineralogy), Prof., Odessa State Environmental University, Ukraine;  
**Skrylnik Ye. V.**, DSc (Agriculture), National Scientific Center "Institute for soil science and agrochemistry research named after A.N. Sokolovsky", Ukraine;  
**Skrylnik Yu. Ye.**, PhD (Agriculture), Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Ukraine;  
**Sonko S. P.**, DSc (Geography), Prof., Uman National University of Horticulture, Ukraine;  
**Torma S.**, PhD, Soil Science and Conservation Research Institute, Slovakia;  
**Utkina K. B.**, PhD (Geography), Assoc. Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;  
**Khussanov A.**, PhD, Assoc. Prof., M.Auezov South Kazakhstan State University, Kazakhstan.

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: [ecology.journal@karazin.ua](mailto:ecology.journal@karazin.ua)

Web-pages: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/> (OJS) <http://luddovk.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

Предоставляются результаты фундаментальных и прикладных исследований в различных областях географии, агрономии, лесного хозяйства и экологии.

Рассматриваются пути решения современных проблем географической науки, освещаются вопросы земельной политики, общего земледелия, сельскохозяйственных и фито мелиорации, агрофизики, агропочвоведение, агрохимии, растениеводства, лесоустройства, лесной таксации, лесоведения и лесоводства, экологии человека, заповедного дела, оценки и оптимизации состояния окружающей среды, теории и практики экологического мониторинга, ГИС-технологий, моделирования состояния окружающей среды.

Для ученых и специалистов в области экологии, географии и сельского хозяйства, а также преподавателей, аспирантов, магистров и студентов высших учебных заведений

Научное специализированное издание Украины Категории «Б» в области наук:  
101 Естественные науки по специальностям: 101 Экология, 103 Науки о Земле;  
20 Аграрные науки и продовольствие по специальностям: 201 Агрономия, 205 Лесное хозяйство.  
Приказ МОН Украины № 409 от 17.03.2020

Утверждено к печати решением Ученого совета Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина (протокол № 9 от 25.05.2020 г.)

**Максименко Н. В.**, д-р геогр. наук (главный редактор);  
**Титенко Г. В.**, канд. геогр. наук, доц., (заместитель главного редактора);  
**Гололобова А. А.**, канд. сельскохозяйственных наук, доц., (ответственный секретарь);  
**Баскакова Л. В.** (технический редактор).

#### Редакционная коллегия

**Ачасов А. Б.**, д-р с.-х. наук, проф., Харьковский национальный аграрный университет имени В. В. Докучаева;  
**Борковский Я.**, д-р наук, проф., Варминско-Мазурский университет, Польша;  
**Василенко О. В.**, канд. с.-х. наук, Уманский национальный университет садоводства;  
**Гриценко А. В.**, д-р геогр. наук, проф., НДУ «Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем»;  
**Едириппулиге С.**, д-р географии, Университет Квинсленда., Австралия;  
**Киосопоулос Дж.**, д-р наук, проф., Университет Западной Аттики, Афины, Греция;  
**Клименко Н. А.**, д-р с.-х. наук, проф., Национальный университет водного хозяйства и природопользования;  
**Коваль И. М.**, канд. с.-х. наук, с. н. с., УНДИ лесного хозяйства и агролесомелиорации имени Г. Н. Высоцкого;  
**Коцо Шт.**, канд. наук, Прешивский университет, Словакия;  
**Крайнюков А. Н.**, д-р геогр. наук, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина;  
**Кривцов В.**, канд. наук, Единбургский университет, Великобритания;  
**Лисняк А. А.**, канд. с.-х. наук, доц., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;  
**Мудрак А. В.**, д-р с.-х. наук, проф., ВУКЗ Винницкая академия непрерывного образования;  
**Нахтнебель Х.-П.**, д-р наук, проф., университет природных ресурсов и прикладных наук - ВОРКУ, Австрия;  
**Некос А. Н.**, д-р геогр. наук, проф., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;  
**Полторецкий С. П.**, д-р с.-х. наук, Уманский национальный университет садоводства;  
**Сафранов Т. А.**, д-р геол.-мин. наук, проф., Одесский государственный экологический университет;  
**Скрильник Е. В.**, д-р с.-х. наук, ННЦ Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского;  
**Скрильник Ю. Е.**, канд. с.-х. наук, УНДИ лесного хозяйства и агролесомелиорации имени Г. Н. Высоцкого;  
**Сонько С. П.**, д-р геогр. наук, проф., Уманский национальный университет садоводства;  
**Торма С.**, д-р философии, Научно-исследовательский институт почвоведения и охраны почв, Словакия;  
**Уткина К. Б.**, канд. геогр. наук, доц., Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина;  
**Хусанов А.**, канд. техн. наук, Юго-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Казахстан.

Адрес редакции: 61022, Харьков, площадь Свободы, 6,  
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, НИИ экологии, комн. 473а  
Тел. 057-707-53-86, e-mail: [ecology\\_journal@karazin.ua](mailto:ecology_journal@karazin.ua)  
Собственный сайт: <http://luddovk.univer.kharkov.ua/>  
[http://journals.urau.ua/ludina\\_dov](http://journals.urau.ua/ludina_dov) <http://periodicals.karazin.ua/humanenviron/about>  
[www-ecology.univer.kharkov.ua](http://www-ecology.univer.kharkov.ua)

Авторы опубликованных материалов несут полную ответственность за достоверность приведенных фактов, имен и тому подобное.

Статьи прошли двойное «слепое» рецензирование.

Свидетельство о государственной регистрации КВ № 5097 от 03.05.2001

© Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, оформление, 2020

# ЗМІСТ

## ГЕОГРАФІЯ

<b>Катеруша Г. П., Сафранов Т. А., Катеруша О. В.</b> Тенденції змін максимальної температури повітря в Україні як фактор впливу на здоров'я населення.....	8
<b>Пилипович О. В., Іванов Є. А., Микітчак Т. І., Штупун В. П.</b> Будівництво та експлуатація об'єктів малої гідроенергетики в Українських Карпатах: нові виклики для довкілля.....	22
<b>Зубкович І. В.</b> Особливості геоecологічного стану басейнової системи озера Озерянське (Волинське Полісся).....	34
<b>Бірюков О. В.</b> Оцінка якості поверхневих вод у басейні річки Уди.....	48
<b>Яценчук Ю. В., Канський В. С., Атаман Л. В.</b> Відновлювальні території екомережі Жмеринського району Вінницької області.....	57

## ЕКОЛОГІЯ

<b>Горошкова Л. А., Хлобистов Є. В., Маслова О. В.</b> Детермінанти сталого розвитку: національний вимір галузевої кривої Кузнеця.....	68
<b>Некос А. Н., Гладир В. С., Сапун А. В.</b> Оцінка візуального середовища міста (на прикладі Холодногірського району м. Харків).....	80
<b>Бодак І. В., Дядечко К. В.,</b> Просторово-часова варіація забруднення атмосферного повітря м. Харків дрібнодисперсним пилом фракції РМ <sub>2,5</sub> .....	91
<b>Суєтнов Є. П., Лазєбна А. В.</b> Нормативно-правове регулювання поведінки з відходами: аналіз, проблеми та напрями вирішення.....	102
<b>Горошкова Л. А., Хлобистов Є. В.</b> Екологічна крива Кузнеця: галузеве застосування для прогнозування утворення відходів та викидів шкідливих речовин.....	109
<b>Некос А. Н., Мишкін К. К., Васюха О. В.</b> Тютюнопаління як соціально-екологічна проблема людства.....	124

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

<b>Скрильник Є. В., Максименко Н. В., Рижкова Я. С., Черкашина Н. І., Добронос П. А.</b> Агроecологічне обґрунтування технології переробки та застосування осадів стічних вод.....	133
<b>Ачасов А. Б., Ачасова А. О.</b> Особливості візуального дешифрування проявів водної ерозії за даними дистанційного зондування.....	145
<b>Федюшко М. П., Федюшко Ю. М., Коваленко Д. В.</b> Біоіндикація антропогенного тиску на агробіорізноманіття в умовах Північного Приазов'я України.....	156

## ХРОНІКА

<b>Балюк С. А.</b> Рецензія на монографію Кучера А. В. «Стратегічні напрями розвитку низьковуглецевого землекористування як запоруки стійкості до змін клімату».....	168
<b>Правила оформлення статей.....</b>	170

## CONTENTS

### GEOGRAPHY

<b><i>Katerusha G. P., Safranov T. A., Katerusha O. V.</i></b> Trends of Changes of Maximum Air Temperature in Ukraine as an Impact Factor on Population Health.....	8
<b><i>Pylypovych O. V., Ivanov E. A., Mykitchak T. I., Shtupun V. P.</i></b> Construction and Operation of Small Hydro Power Plants in the Ukrainian Carpathians: New Challenges for Environment.....	22
<b><i>Zubkovych I. V.</i></b> The Peculiarities of Geoecological State of the Lake-Basin System of Ozerianske Lake (Volyn Polesia).....	34
<b><i>Biryukov A. V.</i></b> Assessment of Surface Water Quality in the Udy River Basin.....	48
<b><i>Yatsentyuk Yu. V., Kansky V. S., Ataman L. V.</i></b> The Recovery Territories of the Ecological Network in Zhmerinsky District of Vinnytsia Region.....	57

### ECOLOGY

<b><i>Horoshkova L. A., Khlobystov I. V., Maslova O. V.</i></b> Determinants of Sustainable Development: National Dimension of Environmental Kuznets Curve.....	68
<b><i>Nekos A. N., Gladir V. S., Sapun A. V.</i></b> Assessment to the City Visual Environment (on the Example of Kholodnohirsky District of Kharkiv).....	80
<b><i>Bodak I. V., Dyadachko K. V.</i></b> Spatial and Temporal Variability of Pm <sub>2.5</sub> Air Pollution Level in Kharkiv City.....	91
<b><i>Suietnov Ye. P., Lazebna A. V.</i></b> Legal Regulation of Waste Management: Analysis, Problems and Directions of Solution.....	102
<b><i>Horoshkova L. A., Khlobystov I. V.</i></b> The Environmental Kuznets Curve: Industrial Application For Forecasting Waste Generation And Emissions Of Harmful Substances.....	109
<b><i>Nekos A. N., Mishkin K. K., Vasyukha O. V.</i></b> Smoking as a Socio-Ecological Problem of Mankind.....	124

### AGRICULTURE

<b><i>Skrylnyk Ye. V., Maksymenko N. V., Ryzhkova Ya. S., Cherkashyna N. I., Dobronos P. A.</i></b> Agro-Environmental Rationale of Sewage Sludge Processing and Application.....	133
<b><i>Achasov A. B., Achasova A. O.</i></b> Features of Visual Decoding of Water Erosion by Remote Sensing Data.....	145
<b><i>Fedyushko M. P., Fedyushko Y. M., Kovalenko D. V.</i></b> Biondication of Anthropogenic Load on Agrobiodiversity in the Northern Azov Region of Ukraine.....	156

### CHRONICLE

<b><i>Baliuk S. A.</i></b> Monograph Review Kucher A.V. " Strategic directions of the development of low carbon land use to strengthen resilience to climate change".....	168
<b><i>Formatting Rules</i></b> .....	170

# СОДЕРЖАНИЕ

## ГЕОГРАФИЯ

<b>Катеруша Г. П., Сафранов Т. А., Катеруша Е. В.</b> Тенденции изменения максимальной температура воздуха в Украине как фактор влияния на здоровье населения.....	8
<b>Пыльцович О. В., Иванов Е. А., Мыкитчак Т. И., Штупун В. П.</b> Строительство и эксплуатация объектов малой гидроэнергетики в Украинских Карпатах: новые вызовы для окружающей среды.....	22
<b>Зубкович И. В.</b> Особенности геоэкологического состояния бассейновой системы озера Озерянское (Волынское Полесье).....	34
<b>Бирюков А. В.</b> Оценка качества поверхностных вод в бассейне реки Уды.....	48
<b>Яценчук Ю. В., Канский В. С., Атаман Л. В.</b> Восстановительные территории экосети Жмеринского района Винницкой области.....	57

## ЭКОЛОГИЯ

<b>Горошкова Л. А., Хлобыстов Е. В., Маслова О. В.</b> Детерминанты устойчивого развития: национальное измерение отраслевой кривой Кузнецца.....	68
<b>Некос А. Н., Гладырь В. С., Сапун А. В.</b> Оценка визуальной среды города (на примере Холодногорского района г. Харькова) .....	80
<b>Бодак И. В., Дядечко К. В.</b> Пространственно-временная вариация загрязнения атмосферного воздуха г. Харьков мелкодисперсной пылью фракции PM <sub>2,5</sub> .....	91
<b>Суетнов Е. П., Лазебная А. В.</b> Нормативно-правовое регулирование обращения с отходами: анализ, проблемы и направления решений.....	102
<b>Горошкова Л. А., Хлобыстов Е. В.</b> Экологическая кривая Кузнецца: отраслевое использование для прогнозирования образования отходов и выбросов вредных веществ.....	109
<b>Некос А. Н., Мышкин К. К., Васюха А. В.</b> Курение как социально-экологическая проблема человечества.....	124

## СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

<b>Скрильник Е. В., Максименко Н. В., Рыжкова Я. С., Черкашина Н. И., Добронос П. А.</b> Агроэкологическое обоснование технологии переработки и применения осадков сточных вод.....	133
<b>Ачасов А. Б., Ачасова А. А.</b> Особенности визуального дешифрирования водной эрозии по данным дистанционного зондирования.....	145
<b>Федюшко М. П., Федюшко Ю. М., Коваленко Д. В.</b> Биондикация антропогенной нагрузки на агробиоразнообразии в условиях Северного Приазовья Украины.....	156

## ХРОНИКА

<b>Балюк С.А.</b> Рецензия на монографию Кучера А. В. «Стратегические направления развития низкоуглеродистого землепользования как залога устойчивости к изменениям климата» ...	168
<b>Правила для авторов.....</b>	170

УДК (UDC) 551.5

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-33-01>

Г. П. КАТЕРУША<sup>1</sup>, канд. геогр. наук, доц., Т. А. САФРАНОВ<sup>1</sup>, д-р г.-м. наук, проф.,  
О. В. КАТЕРУША<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одеський державний екологічний університет  
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016, Україна

e-mail: [galina.od@rambler.ru](mailto:galina.od@rambler.ru) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6192-5555>  
[safranov@ukr.net](mailto:safranov@ukr.net) <http://orcid.org/0000-0003-0928-5121>  
[katerusha17@ukr.net](mailto:katerusha17@ukr.net)

## ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІН МАКСИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

**Мета.** Виявлення тенденцій зміни (по фактичних і сценарних даних) екстремальної температури повітря, як складової температурного режиму, в різних регіонах України в умовах глобальних змін клімату.

**Методи.** Системний аналіз, статистичні методи.

**Результати.** Часовий розподіл характеристик режиму максимальної температури повітря досліджено на основі результатів спостережень на станціях, розташованих у різних регіонах України, за певні доступні періоди: Ужгород (1946-2018 рр.), Харків (1936-2005 рр.), Одеса (1894-2005 рр.), а також за сценаріями низького (RCP2.6), середнього (RCP4.5) та високого (RCP8.5) рівнів викидів парникових газів. При цьому температура повітря  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  вважалась високою (дні з максимальною температурою в межах  $25,0\text{-}29,9^{\circ}\text{C}$  – жаркі),  $\geq 30^{\circ}\text{C}$  – дуже високою (дні з такою температурою – аномально жаркі). Виявлено тенденції зміни екстремальної температури повітря, як складової температурного режиму, в різних регіонах України в умовах глобальних змін клімату. Досліджено динаміку максимальної температури повітря та її характеристик у XX і початку XXI століть. Проаналізовано очікувані часові зміни максимальної температури повітря та кількості днів з високою температурою з 2021 по 2050 рр. за сценаріями RCP2.6, RCP4.5 та RCP8.5. Визначено найвищі добові температури повітря, можливі 1 раз у 100 років, а також ймовірність максимальної добової температури вище  $30^{\circ}\text{C}$  за сценарієм RCP4.5. Своєчасне передбачення змін клімату допоможе оцінити їх вплив на людину і природні системи, що буде сприяти розробці та прийняттю превентивних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу таких змін.

**Висновки.** Процеси потепління клімату в Україні активізуються. Виявлено чітку тенденцію на зростання середнього максимуму температури повітря взимку зі швидкістю  $0,17\text{-}0,39^{\circ}\text{C}/10$  років. Відносно кліматичної норми цей показник в основному підвищився, найбільше (до  $3,3^{\circ}\text{C}$ ) у січні на північному сході країни. У майбутньому такі аномалії будуть зростати. Виявлення взаємозв'язку між кліматом і здоров'ям є основою для прийняття захисних заходів стосовно ризиків для здоров'я населення, пов'язаних з кліматом.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** максимальна температура повітря, жаркі дні, аномально жаркі дні, аномалії температури, сценарій змін клімату, здоров'я населення

Katerusha G. P.<sup>1</sup>, Safranov T. A.<sup>1</sup>, Katerusha O. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Odessa State Environmental University, Lvivska St., 15, Odessa, 65016, Ukraine

## TRENDS OF CHANGES OF MAXIMUM AIR TEMPERATURE IN UKRAINE AS AN IMPACT FACTOR ON POPULATION HEALTH

**Purpose.** The aim of this research is detection of trends of changes (according to fact and scenario data) of extreme air temperature as a component of thermal regime in different regions of Ukraine because of global climate change.

**Methods.** System analysis, statistical methods.

© Катеруша Г. П., Сафранов Т. А., Катеруша О. В., 2020



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.** Time distribution of maximum air temperature regime characteristics based on results of observations on the stations located in different regions of Ukraine during certain available periods: Uzhgorod (1946-2018), Kharkiv (1936-2005), Odessa (1894-2005), and also according to scenarios of low (RCP2.6), medium (RCP4.5) and high (RCP8.5) levels of greenhouse gases emissions. Meanwhile, air temperature  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  was considered high (days with maximum temperature within  $25,0-29,9^{\circ}\text{C}$  are hot),  $\geq 30^{\circ}\text{C}$  was considered very high (days with such temperature are abnormally hot). Trends of changes of extreme air temperatures were identified as a component of thermal regime in different regions of Ukraine within global climate changes. Dynamics of maximum air temperature and its characteristics in XX and beginning of XXI centuries were researched. Expected time changes of maximum air temperature and number of days with high temperature during 2021-2050 were analyzed by RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. There were identified the highest day air temperatures possible once in a century and also possibility of maximum day temperature more than  $30^{\circ}\text{C}$  by RCP4.5 scenario. Well-timed prediction of climate changes will help evaluate their impact on human and natural systems which will be useful for development and taking preventive measures towards minimization of negative influence of such changes.

**Conclusions.** Processes of climate warming in Ukraine are activating. There was determined a strong trend on increasing of average maximum of air temperature in winter with speed  $0,17-0,39$  degrees centigrade/10 years. According to climatic norm this index mainly increased mostly (up to  $3,3$  degrees centigrade) in January in North-East of the country. In future such anomalies will grow. Determination of correlation between climate and health is the base for taking protective measures against perils for population health connected with climate.

**KEYWORDS:** maximum air temperature, hot days, abnormally hot days, temperature anomalies, climate change scenarios, population health

Катеруша Г. П.<sup>1</sup>, Сафранов Т. А.<sup>1</sup>, Катеруша Е. В.<sup>1</sup>

Одесский государственный экологический университет, ул. Львовская, 5, г. Одесса, 65016, Украина

#### **ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА В УКРАИНЕ КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ**

**Цель.** Выявление тенденций изменения (по фактическим и сценарным данным) экстремальной температуры воздуха, как составляющей температурного режима, в разных регионах Украины в условиях глобальных изменений климата.

**Методы.** Системный анализ, статистические методы.

**Результаты.** Временное распределение характеристик режима максимальной температуры воздуха на основе наблюдений на станциях, расположенных в разных регионах Украины, за определённые доступные периоды: Ужгород (1946-2018 гг.), Харьков (1936-2005 гг.), Одесса (1894-2005 гг.), а также для сценариев низкого (RCP2.6), среднего (RCP4.5) и высокого (RCP8.5) уровней выбросов парниковых газов. При этом температура воздуха  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  считается высокой (дни с максимальной температурой в пределах  $25,0-29,9^{\circ}\text{C}$  называют горячими), а температура  $\geq 30^{\circ}\text{C}$  – очень высокой (дни с такой температурой считаются аномально жаркими). Выявлены тенденции изменения экстремальной температуры воздуха в разных регионах Украины в условиях глобальных изменений климата. Исследована динамика максимальной температуры воздуха и её характеристик в XX и начале XXI веков. Проанализированы ожидаемые временные изменения максимальной температуры воздуха и количества дней с высокой температурой с 2021 по 2050 гг. по сценариям RCP2.6, RCP4.5 и RCP8.5. Определены самые высокие суточные температуры воздуха, возможные 1 раз в 100 лет, а также вероятность максимальной суточной температуры выше  $30^{\circ}\text{C}$  по сценарию RCP4.5. Своевременное предвидение изменений максимальной температуры воздуха поможет оценить влияние на человека и природные системы, что будет способствовать разработке и принятию превентивных мероприятий, направленных на минимизацию негативного влияния этих изменений.

**Выводы.** Процессы потепления климата в Украине активизируются. Выявлена четкая тенденция роста среднего максимума температуры воздуха зимой со скоростью  $0,17-0,39^{\circ}\text{C}/10$  лет. Относительно климатической нормы этот показатель в основном повысился, больше всего (до  $3,3^{\circ}\text{C}$ ) в январе на северо-востоке страны. В будущем такие аномалии будут расти. Выявление взаимосвязи между изменениями климата и здоровьем является основой для принятия защитных мер в отношении рисков для здоровья населения, связанных с климатом.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** максимальная температура воздуха, жаркие дни, аномально жаркие дни, аномалии температуры, сценарий изменения климата, здоровье населения

#### **Вступ**

Останнім часом, як в багатьох країнах світу, так і в Україні, багато уваги приділяється вивченню сучасних і можливих змін клімату. При цьому для виявлення та оцінки

змін клімату, зазвичай, використовують такі кліматологічні показники, як середні річні, середні місячні, екстремальні значення різних метеорологічних величин. Наразі прові-

дною в проблемі змін клімату є оцінка динаміки екстремальної температури повітря.

Одним з наслідків потепління клімату є зростання кількості днів з аномально високою температурою, а через це – підвищення захворюваності і смертності населення. У періоди літньої жари за даними більше, ніж п'ятидесяти європейських досліджень, найбільш високі показники смертності зафіксовано серед людей похилого віку, які страждали на хронічні захворювання кровотворної системи, органів дихання, діабетом, госпіталізованих осіб, а також людей, що мешкали у містах (порівняно з передмістями) [1]. Взимку підвищення температури до додатних значень на фоні від'ємних несе потенційну загрозу для здоров'я і психологічного стану людини. У ці періоди зростає кількість травм, хвороб кровотворної системи, звернень до лікаря з приводу поганого самопочуття тощо. Різкі перепади температури в поєднанні з коливаннями атмосферного тис-

ку шкідливі для людей, що страждають на захворювання серцево-судинної та нервової систем. Навіть здорова людина може відчувати безпричинну млявість, втому, зниження життєвої енергії [2].

За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), кліматичні зміни наразі є причиною приблизно 150 тис. передчасних смертей у світі (0,3% від загальної кількості смертей) і 55000000 людини-років непрацездатності на рік (0,4% від загальної непрацездатності) [3].

Згідно з перспективними оцінками, зміни клімату у ХХІ сторіччі будуть впливати на самопочуття людини, головним чином, посилюючи існуючі проблеми здоров'я [4].

**Метою** дослідження є виявлення тенденцій зміни (по фактичних і сценарних даних) екстремальної температури повітря, як складової температурного режиму, в різних регіонах України в умовах глобальних змін клімату.

#### **Об'єкти та методи дослідження**

У П'ятій оцінній доповіді Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) зазначено, що середня глобальна приземна температура повітря з 1951 по 2012 рік підвищилась на 0,72 °C [4], за період 1880-2012 рр. – на 0,85 °C (0,65-1,06 °C), причому зростання температури відбувається нерівномірно по поверхні Землі [5]. За даними [6, 7] найтеплішим для всієї Земної кулі виявився 1998 рік, менш теплими – 2005 і 2010 роки.

Динаміка регіонального клімату України значною мірою уособлює характерні риси змін глобального клімату: він чутливий до змін глобального клімату, що підтверджується подібністю багаторічного ходу аномалій їх. Дослідження, проведені вченими країни за фактичними даними метеорологічних спостережень протягом двадцятого століття, дозволили встановити ефект сезонно-географічного вирівнювання кліматичного поля приземних температур під впливом глобального потепління. За цей період потепліли, головним чином, північні регіони України в холодне півріччя. При цьому це потепління значно перевищує глобальний рівень, який практично співпадає з середнім для всієї території України. Найбільше зростає температура повітря в окремі зимові місяці у Поліссі і Лісостепу [8].

Слід зазначити, що швидкість потепління зростає. Якщо за період 1960-2010 рр.

швидкість зміни середньої, мінімальної та максимальної температури за рік становила приблизно 0,3 °C/10 років, то протягом 1981-2010 рр. – вже в середньому 0,5 °C/10 років [9]. При цьому середня річна температура повітря відносно кліматичної норми (1961-1990 рр.) стала вищою на 0,8 °C з 1991 по 2014 рр.. Найбільший вплив на зміни річної температури України мали літній та зимовий сезони: їх середня температура за останній період зростає на 1,3 та 0,9 °C відповідно. При цьому суттєвіше підвищилась температура повітря у січні (2,3 °C) та липні (1,4 °C) [10].

Зростання середньої за рік та місяць температури повітря зумовлено збільшенням мінімальної та максимальної температури впродовж року. При цьому у холодний період відмічається суттєве зростання мінімальної температури, а в теплий – максимальної [11].

Суттєве зростання максимальної і мінімальної температури зумовило скорочення тривалості холодного періоду (5-28 днів), кількості морозних днів та пом'якшення суворості зими. Тривалість літнього періоду збільшилась.

Підвищення максимальної температури зумовило збільшення кількості спекотних днів (коли максимальна температура повітря перевищувала 25 та 30°C), тривалості періо-

дів з такою температурою та їх кількості. У багатьох регіонах збільшення кількості спекотних днів супроводжується підвищенням відносної вологості, тобто зростає кількість днів із задихою, яка несприятливо впливає на самопочуття та здоров'я людини [12].

Дослідження, які проведені під керівництвом В.Ф. Мартазиної [13, 14], виявили, що часова неоднорідність у ході глобальної температури повітря, зумовлена деякими змінами в характері великомасштабної атмосферної циркуляції за останні 100 років. В результаті чого зима наприкінці століття стала дощовою і теплою, а літо – дощовим і прохолодним.

Зміни у циркуляційних процесах стали результатом змін глобального клімату, а це в свою чергу призводить до помітних змін клімату окремих регіонів.

Дослідження високих температур здійснюється, перш за все, на основі аналізу переходу температури через задані межі. За даними [15, 16] температура повітря  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  вважається високою (дні з максимальною температурою в межах  $25,0-29,9^{\circ}\text{C}$  називають жаркими), а температура  $\geq 30^{\circ}\text{C}$  – дуже

високою (дні з такою температурою вважаються аномально жаркими). У цьому дослідженні будемо дотримуватись саме таких формулювань.

Для території України максимальна температура повітря, що досягає в південних, південно-східних і східних областях  $35^{\circ}\text{C}$  та вище, є небезпечною, а температура  $\geq 40^{\circ}\text{C}$  – особливо небезпечною. В західних, північних, північно-східних областях небезпечно вважається температура  $30^{\circ}\text{C}$  та вище, а особливо небезпечною – температура  $35^{\circ}\text{C}$  та вище [17].

Саме такі перевищення найчастіше досліджуються [18, 19, 20, 21]. Аналізується тривалість періодів перевищення даних порогів (в днях та годинах), обчислюється ймовірність їх настання, визначаються та класифікуються синоптичні ситуації за яких вони спостерігаються.

Своєчасне передбачення змін клімату наразі допоможе оцінити їх вплив на людину і природні системи, що буде сприяти розробці та прийняттю превентивних заходів, спрямованих на адаптацію та пом'якшення негативного впливу таких змін.

### Результати та обговорення

Повторюваність переходу максимальної добової температури повітря через задані межі, які згадувались вище, досліджено на основі результатів спостережень на станціях, розташованих у різних регіонах країни, за певні доступні періоди: Ужгород (1946-2018 рр.), Харків (1936-2005 рр.), Одеса (1894-2005 рр.), а також за сценаріями (RCP2.6), середнього (RCP4.5) і високого (RCP8.5) рівнів викидів парникових газів.

У табл. представлено ймовірність кількості днів з високою температурою у місяці, коли вона була зареєстрована. Результати розрахунків показують, що жаркі дні у досліджуваних регіонах країни, спостерігаються кожного року з травня по вересень (в Ужгороді ще й у квітні). Найчастіше вони виявляються у липні: в Одесі і Харкові (в середньому 18 і 12,5 дні на рік відповідно), в Ужгороді – у серпні (в середньому 13,6 дні на рік).

Таблиця

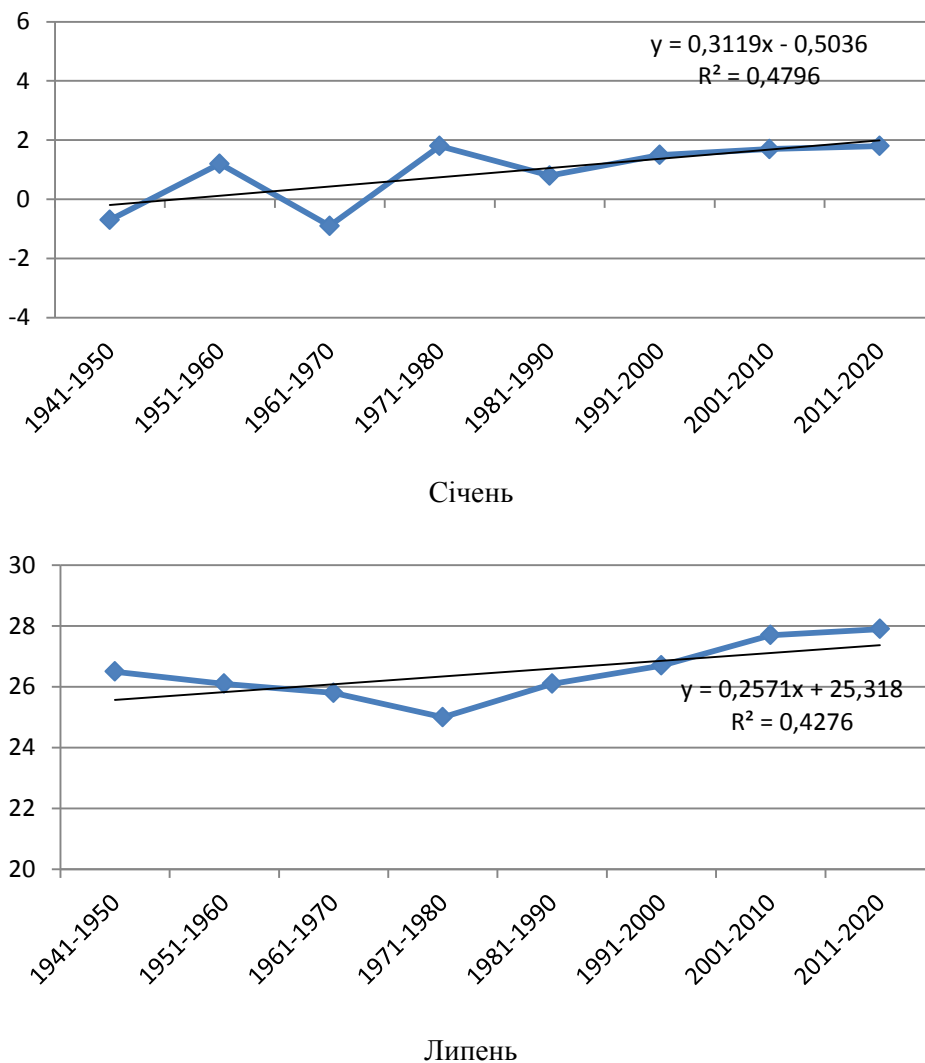
Повторюваність кількості днів з високою температурою (фактичні дані)

Градації, °C	Місяць							
	4	5	6	7	8	9	10	11
Ужгород								
25,0-29,9	1,2	6,9	11,6	13,2	13,6	6,3	0,3	-
30,0-34,9	-	0,6	2,9	6,3	5,2	0,7	-	-
35,0-39,9	-	-	0,01	0,3	0,6	0,01	-	-
Харків								
25,0-29,9	0,3	6,1	10,6	12,5	12,0	4,1	0,2	-
30,0-34,9	0,02	0,7	3,5	6,4	4,5	0,4	-	-
35,0-39,9	-	-	0,05	0,6	0,4	-	-	-
Одеса								
25,0-29,9	0,08	2,4	9,0	17,0	15,8	3,6	0,1	0,01
30,0-34,9	-	0,1	1,1	4,2	3,2	0,2	0,01	-
35,0-39,9	-	-	0,01	0,1	0,06	-	-	-

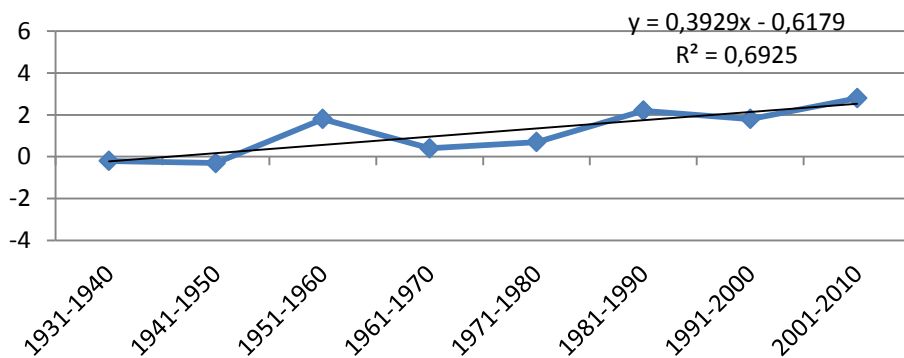
Аномально жаркі дні кожного року спостерігаються з червня по серпень з найбільшою повторюваністю у липні (майже однаковою у Харкові та Ужгороді). Від 3 до 6 раз на 10 років у липні-серпні можливі значення максимальної за добу температури повітря вище 35 °С у Харкові і Ужгороді, в Одесі – рідше (приблизно 1 раз на 10 років).

На рис. 1-3 показано зміну у часі максимальної добової температури повітря, осередненої по десятиріччях (середнього максимуму) на станціях, розташованих в різних регіонах країни, за доступні періоди спостережень та визначено лінійний тренд і його рівняння.

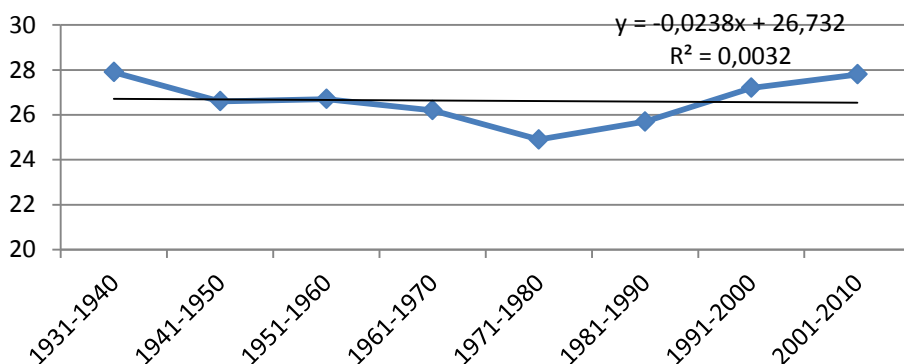
Аналіз наведених рисунків дозволяє зробити наступні висновки. Взимку у всіх досліджуваних регіонах України від одного десятиріччя до іншого чітко прослідковується тенденція на зростання середнього максимуму температури з середньою швидкістю від 0,17 до 0,39 °С/10 років. Не така однозначна ситуація влітку: в Ужгороді спостерігається загальна тенденція на зростання середнього максимуму температури, особливо, починаючи з 70-их років минулого століття і до сьогоднішнього часу (з 25,0 °С до 27,9 °С), в Одесі і Харкові – тенденція на незначне зниження (правда, тут вихідні дані обмежені 2005 роком).



**Рис. 1** – Часовий хід максимальної добової температури повітря (°С) осередненої по десятиріччях (Ужгород)

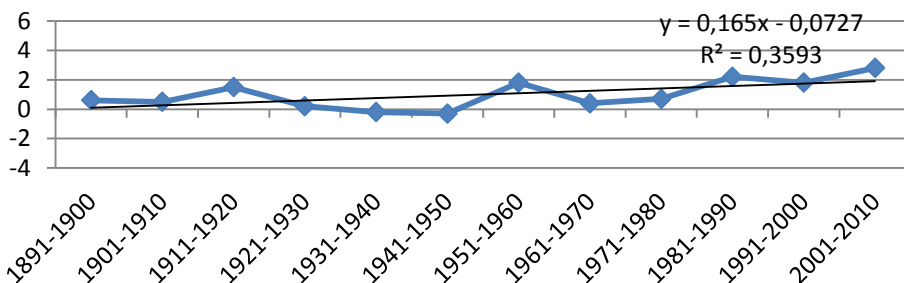


Січень

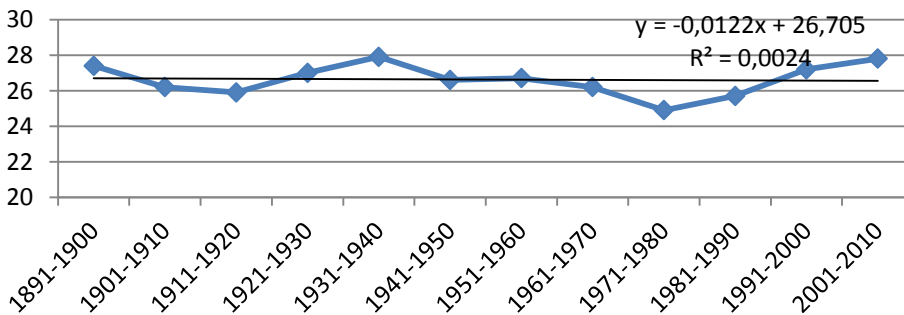


Липень

**Рис. 2** – Часовий хід максимальної добової температури повітря (°C) осередненої по десятиріччях (Харків)



Січень



Липень

**Рис. 3** – Часовий хід максимальної добової температури повітря (°C) осередненої по десятиріччях (Одеса)

Відомо, що в останньому віковому ході максимальної температури у літні місяці в Одесі тенденція до змін максимальної температури за трендом незначна, але в останні роки максимальна температура підвищується. За даними О.О. Світличного [22] коефіцієнт лінійного тренду се-

редньої максимальної добової температури в середньому за літо в Одесі становив  $0,77\text{ }^{\circ}\text{C}/100$  років, а найбільшої з добових максимумів –  $1,17\text{ }^{\circ}\text{C}/100$  років.

На рис. 4 представлено різниці між середнім максимумом температури за певний період і нормою протягом року.

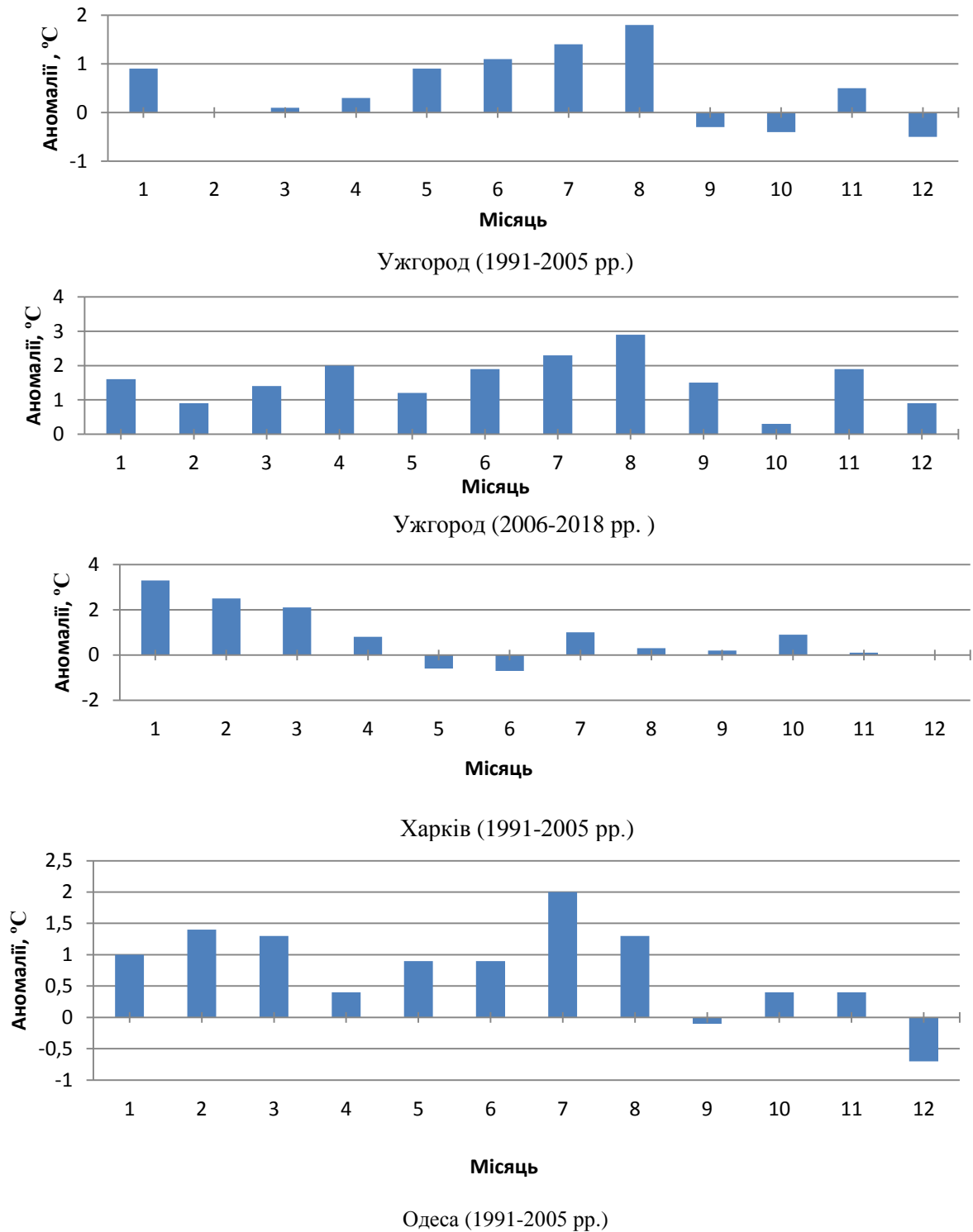


Рис. 4 – Аномалії середнього максимуму температури повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ) відносно норми

У період з 1991 по 2005 рік середня максимальна добова температура в основному зросла, причому найбільше – взимку у Харкові (до 3,3 °С у січні), влітку – до 2,0 °С в Одесі, але в окремі місяці вона трохи зменшилась. За період 2006-2018 рр. в Ужгороді середній максимум у всі місяці протягом року перевищує норму (до 2,9 °С у червні).

На рис. 4 добре видно, що характер змін аномалій протягом року у досліджуваних регіонах різниться. Так, найбільше підвищення середнього максимуму (приблизно на 1,9 °С) відбулось в цілому за зиму на північному сході країни, а найменше значення аномалії тут (приблизно 0,2 °С) – влітку. На заході та півдні країни щонайбільше (на 1,4 °С) зріс середній максимум температури влітку, а восени в Ужгороді він в середньому за сезон зменшився на 0,1 °С, а в Одесі – мінімально підвищився (на 0,2 °С).

Абсолютний максимум температура повітря, який зареєстрований у різних регіонах країни за досліджувані нами періоди: в Ужгороді 38,6 °С (1952 р.), Харкові 37,6 °С (1996 р.), Одесі 36,8 °С (1998 р.). Слід зазначити, що за даними [23] у Харкові найвища

температура (39,8 °С) була зафіксована у 2010 році.

Схожі результати отримано в монографії [24], де було показано, що максимальна температура у західних областях та на крайньому північному сході знижується у 1961-2000 рр. порівняно з періодом 1961-1990 рр., що можна пояснити зміною циркуляційних умов – почастищенням надходження вологого морського повітря з Атлантики та холодних північних повітряних мас.

Для прогнозування змін кліматичної системи використовуються кліматичні моделі різних рівнів складності. Ці моделі розраховують зміни на основі набору сценаріїв антропогенних впливів. У П'ятій доповіді МГЕЗК використовувався новий набір сценаріїв, а саме: Репрезентативні траєкторії концентрацій (РТК або Representative concentration path – RCP2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 і RCP 8.5). Вони відповідають різним майбутнім антропогенним емісіям парникових газів протягом XXI сторіччя. Відмінності в емісіях пов'язані з різноманітними можливими шляхами соціально-економічного розвитку світу [25].

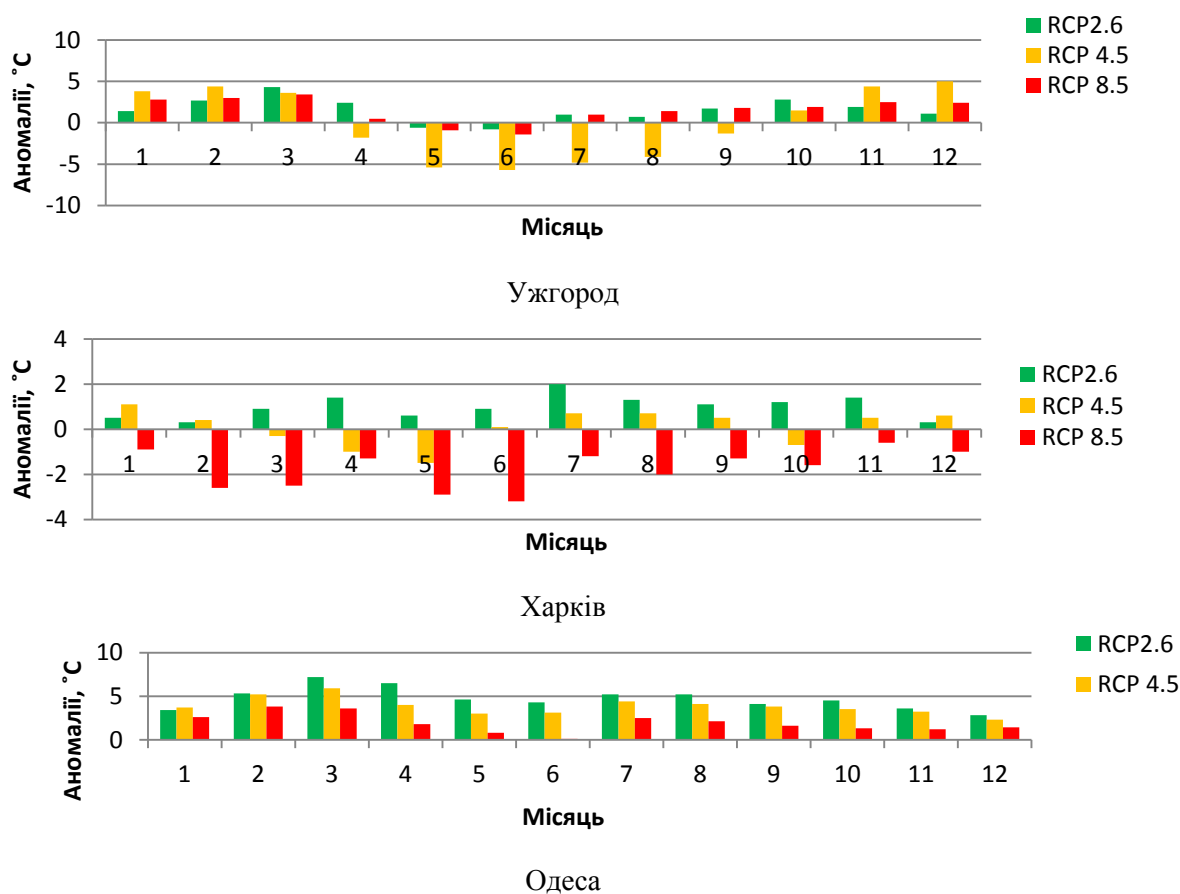


Рис. 5 – Аномалії середнього максимуму температури повітря (°С) для різних сценаріїв відносно норми

На рис. 5 наведено результати порівнянь очікуваних значень середньої максимальної температури повітря за сценаріями RCP2.6, RCP4.5 і RCP8.5 та результати їх порівнянь з кліматичною нормою для різних регіонів країни.

На рис. 6-8 в якості прикладу наведено очікувану динаміку найвищої максимальної добової температури повітря у січні та липні з 2021 по 2050 рр. за сценарієм RCP 2.6 на трьох станціях.

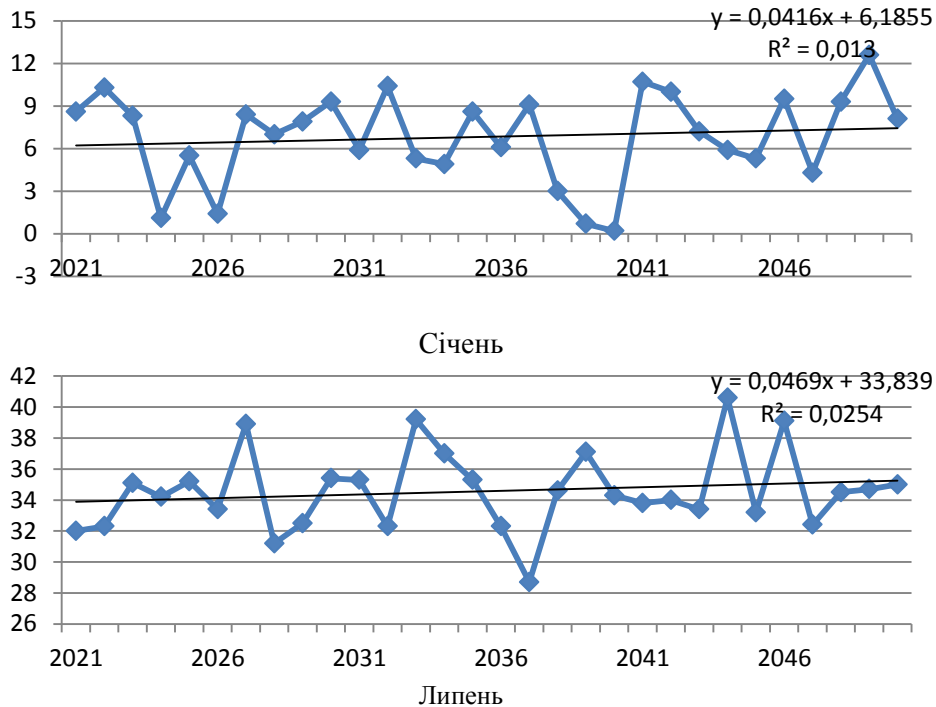


Рис. 6 – Динаміка абсолютного максимуму температури повітря (°C) 2021-2050 рр. (RCP 2.6) – Ужгород

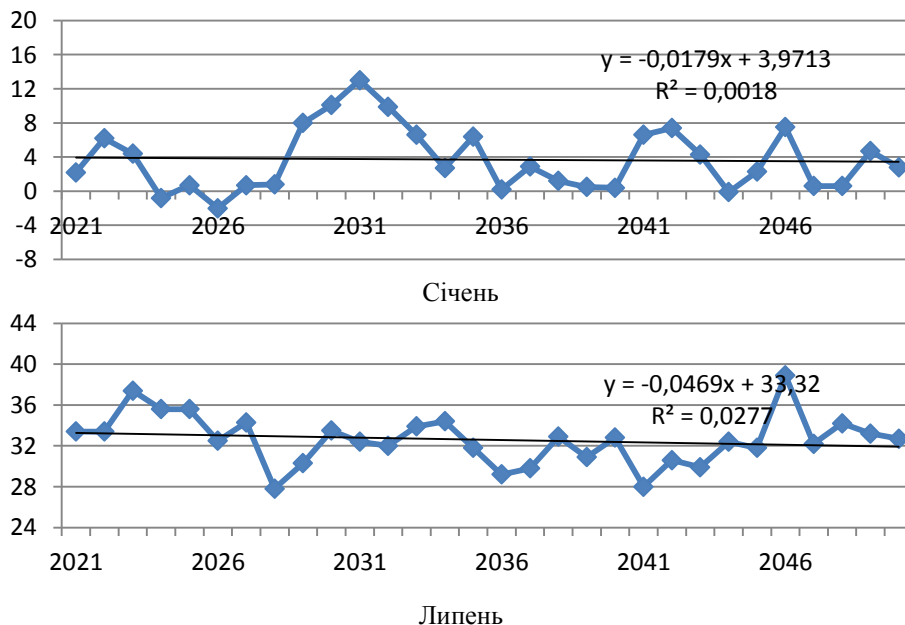


Рис. 7 – Динаміка абсолютного максимуму температури повітря (°C) 2021-2050 рр. (RCP 2.6) – Харків



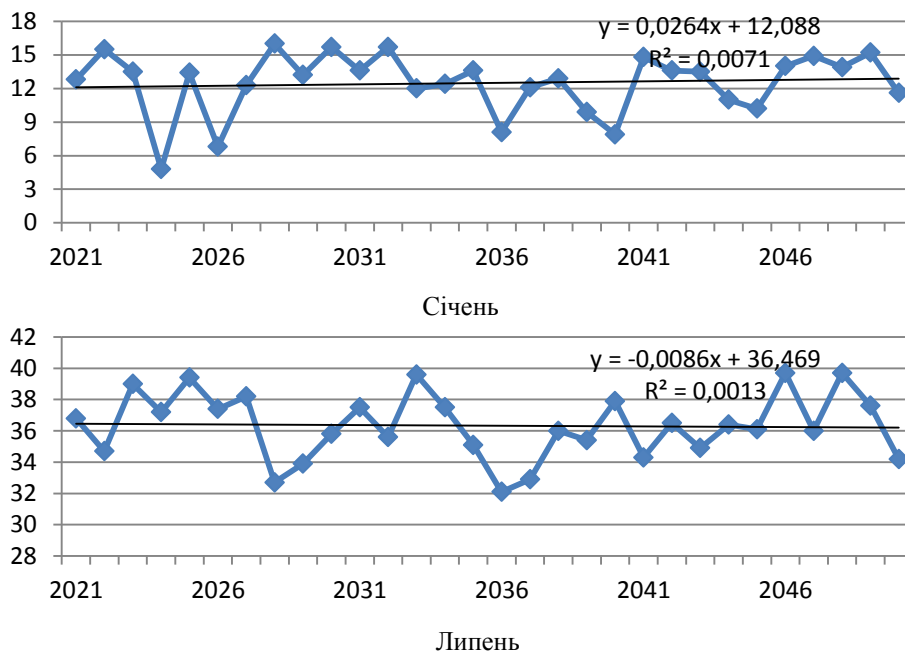


Рис. 8 – Динаміка абсолютного максимуму температури повітря (°C) 2021-2050 рр. (RCP 2.6) – Одеса

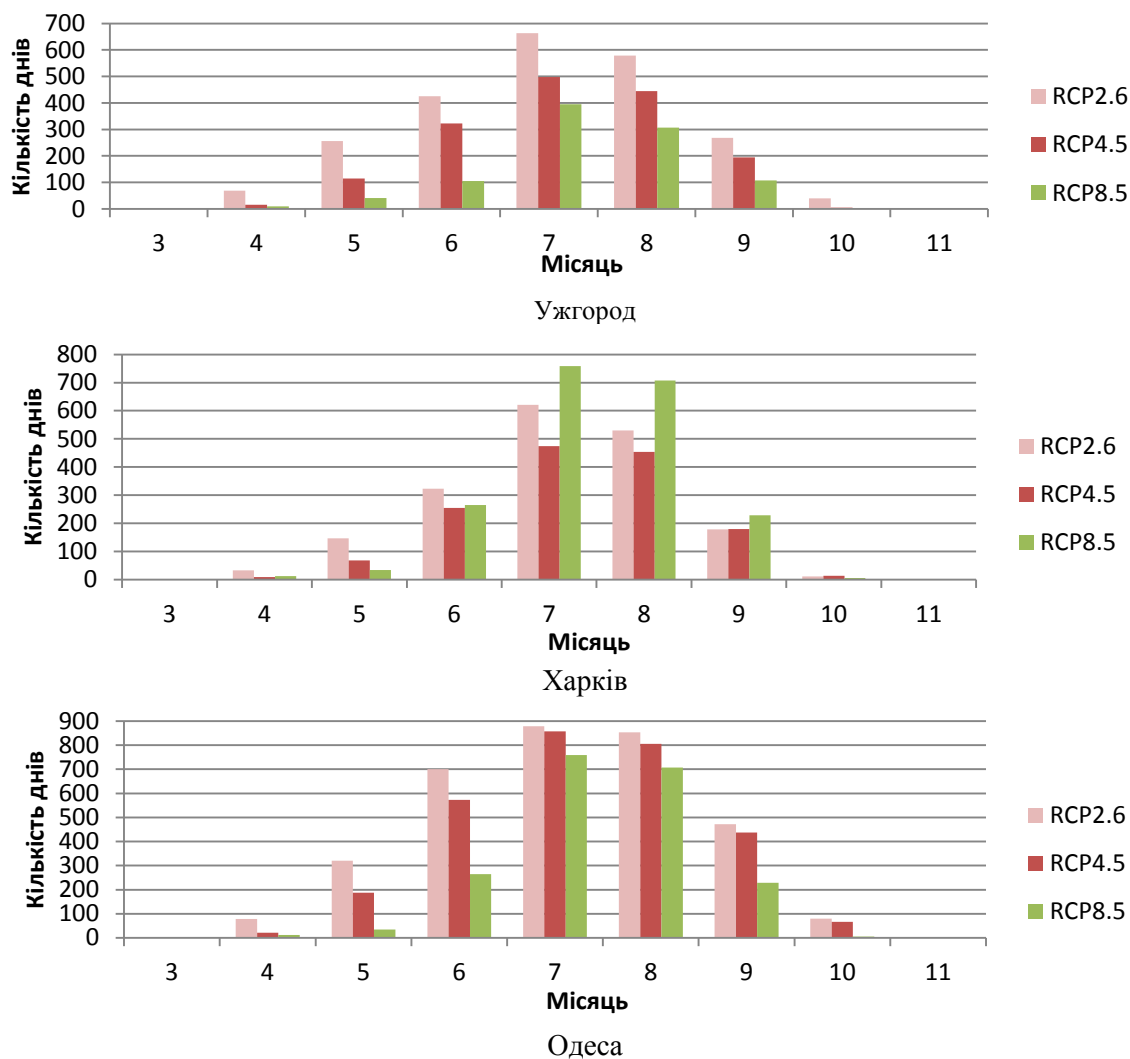


Рис. 9 – Очікувана кількість днів з температурою вище 25 °C за різними сценаріями

Визначений лінійний тренд, який характеризує динаміку цієї температури за тридцять років, показує, що зміни її у різних регіонах не будуть однаковими. Так в Ужгороді очікується підвищення максимальної добової температури і взимку, і влітку зі швидкістю 0,41 і 0,46 °C/10 років відповідно. У Харкові можливе зниження її на 0,17 °C/10 років у січні та 0,46 °C /10 років у липні. В Одесі максимальна добова температура у січні зростатиме (0,26 °C/10 років), у липні – знизиться (0,08 °C/10 років).

Згідно проведених нами розрахунків на основі сценаріїв RCP2.6, RCP4.5 і RCP8.5 дні з температурою вище 25 °C на заході, північному сході і півдні країни за всіма сценаріями очікуються щорічно з квітня по жовтень, але в окремі роки вони можуть спостерігатись у березні та листопаді, правда, всього по 1-2 випадки за 30 років (рис. 9). Найбільша кількість їх, в середньому, припадає на липень: в Ужгороді – 13-22, Харкові – 16-25, Одесі – 25-29 днів. З рисунків видно, що за сценарієм RCP2.6 на заході і півдні країни максимальна кількість днів з високою температурою можлива у всі місяці, на північному сході – з квітня по червень (а з липня по вересень тут найбільша кількість їх

за сценарієм RCP8.5). В окремі роки в Одесі та Харкові кількість днів з максимальною температурою вище 25 °C у липні і серпні може спостерігатись навіть впродовж всього місяця. Слід зазначити, що результати розрахунків за трьома сценаріями найчастіше суттєво різняться.

Якщо порівняти очікувані показники з фактичними (див. табл.), то можна зазначити наступне. В Ужгороді за сценарієм RCP2.6, зазвичай, кількість днів з високою температурою за різними градаціями є вищою, за сценарієм RCP8.5 – нижчою, за сценарієм RCP4.5 – не так все однозначно. В Одесі кількість днів з максимальною за добу температурою повітря  $\geq 25$  °C в основному зростатиме за всіма сценаріями. А от у липні і серпні (RCP2.6, RCP4.5), травні-липні (RCP8.5) кількість жарких днів (25,0-29,9 °C) зменшиться, але суттєво зросте у ці ж місяці кількість аномально жарких (з температурою  $\geq 30$  °C). У Харкові повторюваність днів з високою температурою, яка очікується, в основному буде вищою за фактичну, особливо з серпня по жовтень (RCP2.6), за сценарієм RCP8.5 – крім травня-липня; а за сценарієм RCP4.5 – співвідношення між цими показниками діаметрально протилежне.

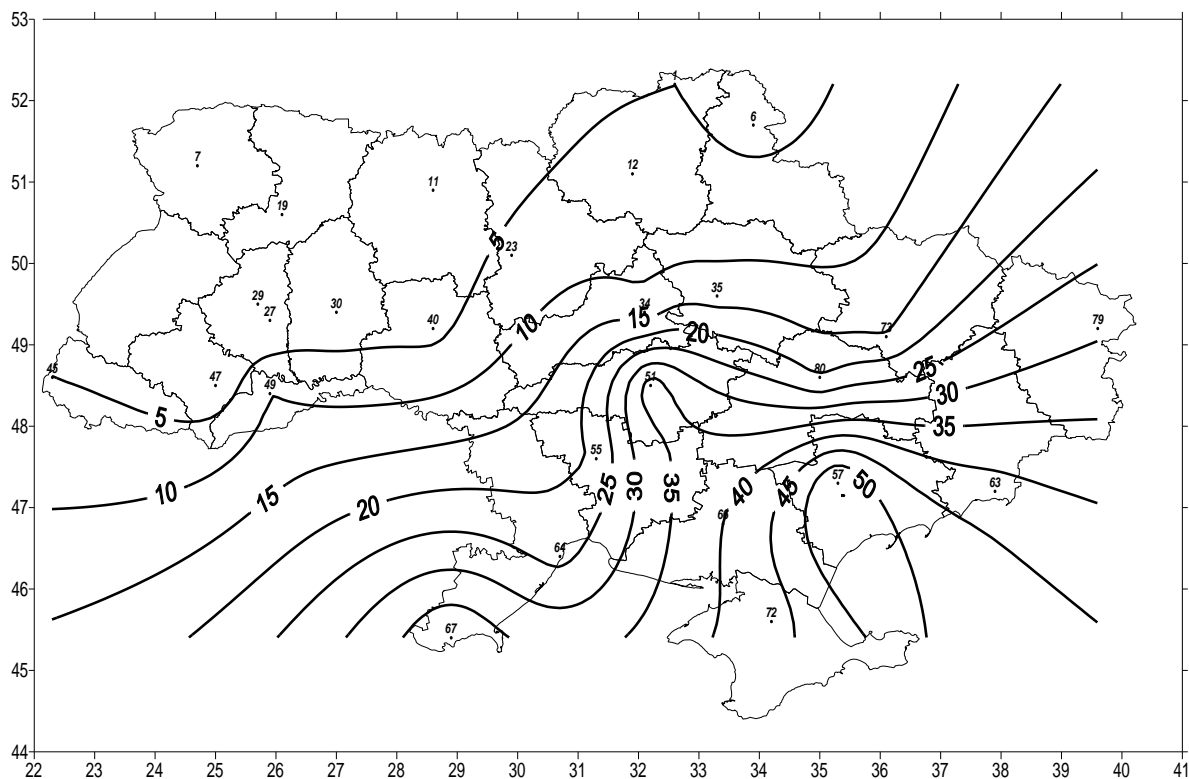


Рис. 10 – Просторовий розподіл імовірності (%) максимальної температури повітря вище 30 °C (липень – RCP4.5)

Важливе значення мають імовірнісні характеристики, які широко використовуються в практиці обслуговування різних напрямів діяльності людини. Імовірнісні значення метеорологічної величини можна визначити аналітично на основі функції її розподілу. На практиці цю задачу часто вирішують за допомогою емпіричної кривої інтегрального розподілу, для побудови якої розроблено різні методи. Найбільш поширеними в кліматології є гістограмний і розрахунковий методи. У даній роботі криві інтегрального розподілу будувались гістограмним методом. Виходячи з того, що розподіл максимальної температури повітря у липні близький до нормального закону, для побудови емпіричної кривої інтегрального розподілу вище заданої межі нами використовувалась напівлогарифмічна клітчатка

спрямлення. На основі побудованих кривих визначались імовірнісні характеристики для двадцяти семи станцій країни на основі сценарію RCP4.5.

Аналіз здобутих результатів показав, що найвищі температури, можливі 1 раз у 100 років –  $\geq 44,9$  °C і 50 років –  $\geq 44,2$  °C, очікуються на південному сході країни (ст. Пришиб). У цьому ж регіоні найбільших значень досягає і ймовірність максимальної добової температури вище 30 °C (56%). В цілому зростання максимальної температури та її певної ймовірності очікується з північного заходу на південний схід країни (рис. 10).

Тому розуміння взаємозв'язку між кліматом і здоров'ям є основою для прийняття захисних заходів у відношенні ризиків для здоров'я, пов'язаних з кліматом.

### Висновки

Процеси потепління клімату в Україні активізуються. Виявлено чітку тенденцію на зростання середнього максимуму температури повітря взимку зі швидкістю 0,17-0,39 °C/10 років. Відносно кліматичної

норми цей показник в основному підвищився, найбільше (до 3,3 °C) у січні на північному сході. У майбутньому такі аномалії будуть зростати.

### 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. Ревич Б. А. Изменение здоровья населения России в условиях меняющегося климата. *Проблемы прогнозирования*. 2008. №3 (108). С. 140-150. URL: <https://ecfor.ru/publication/izmenenie-zdorovya-naseleniya-rossii-v-usloviyah-menyavushhegosya-klimata/>
2. Ревич Б. А., Малеев В. В. Изменения климата и здоровье населения России: Анализ ситуации и прогнозные оценки. М.: ЛЕНАНД, 2011. 208 с.
3. Confalonieri, U., Menne B., Akhtar R., Ebi K.L., Hauengue M., Kovats R.S., Revich B., and Woodward, A. Human health. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007. 391-431. URL: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg2-chapter8-1.pdf>
4. IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. URL: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg2-chapter8-1.pdf>
5. IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_ALL\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf) (дата звернення: 11.01.2020).
6. Мохов И. И. Аномальное лето 2010 года в контексте общих изменений климата и его аномалий. Материалы совместного заседания Президиума Научно-технического совета Росгидромета и Научного

- совета Российской академии наук «Исследования по теории климата Земли». М.: Триада Лтд, 2011. С. 41-48.
7. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: Изд-во ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с.
  8. Клімат України/за ред. Липінського В.М., Дячука В.А., Бабіченко В.М. Київ: Вид. Раєвського, 2003. 343 с.
  9. Малицкая Л. В., Балабух В. А. Оценка изменения параметров термического режима климатической системы Украины. Сборник научных статей Международной научной конференции (Минск, 5-8 мая 2015 года). С. 135-136.
  10. Балабух В. О. Зміна інтенсивності конвекції в Україні: причини та наслідки. 2008. URL: <https://meteo.gov.ua/files/content/docs/Vinnitsa/UkrGMI.pdf> (дата звернення: 11.01.2020).
  11. Бабіченко В. Н., Адаменко Т. И., Бондаренко З. С., Николаева Н. В., Рудишина С. Ф., Гущина Л. М. Экстремальная температура воздуха на территории Украины в условиях современного климата. *Глобальные и региональные изменения климата*. Киев, 2011. С. 207-221
  12. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОРП Гринь Д.С. 2016. 350 с. URL: <https://menr.gov.ua/news/31171.html>
  13. Мартазинова В. Ф., Иванова О. К. Сучасний клімат Київської області. Київ: АБЕРС. 2010. 70 с.
  14. Мартазинова В. Ф., Свердлик Т. А. Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, её изменения и современное состояние. Тр. УкрНИГМИ. 1998. Вып. 246. С. 21-27.
  15. Бабіченко В.М., Ніколаєва Н. В., Рудішина С. Ф., Гущина Л. М. Максимальна температура повітря на території України в умовах сучасного клімату. *Український географічний журнал*. 2010. №3. С.6-15.
  16. Логинов К. Т., Бабіченко В. Н., Кулаковская М. Ю. Опасные явления погоды на Украине. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 236с.
  17. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии: климатическое пособие. Под ред. В. Н. Бабіченко. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 224 с.
  18. Слизька К. П. Підходи до вивчення високих температур повітря на території України в контексті сучасних змін клімату. *Геополітика і екогеодинаміка регіонів*. 2014. С. 860-866.
  19. Катеруша Г. П., Катеруша О. В. Наслідки змін клімату для здоров'я людей. *Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України*. За ред. Степаненка С.М., Польового А.М. Одеса: «ТЕС», 2015. С. 202-256.
  20. Катеруша Г. П., Катеруша О. В., Шаблій Т. П. Вплив очікуваних екстремальних умов клімату на біокліматичний режим України. *Кліматичні ризики економіки України*. За ред. Степаненка С. М., Польового А. М. Одеса: ТЕС, 2018. С. 220-258.
  21. Сафранов Т. А., Катеруша Г. П., Катеруша О. В. Можливий вплив змін температурного режиму на соціально-економічні умови в регіонах України. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна серія «Екологія»*. 2018. Вип. 19. С. 19-29. URL: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2018-19-02>
  22. Светличный А. А., Ибрагимова М.С. К вопросу о современных изменениях климата Северо-Западного Причерноморья. *Вісник ОНУ імені І.І. Мечникова. Сер.: Географічні та геологічні науки*. 2016. Т. 21. Вип. 1. С. 22-41. URL: <http://visgeo.onu.edu.ua/article/view/90327>
  23. Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату. *Український географічний журнал*. 2013. № 4. С.32-39. <https://doi.org/10.15407/ugz2013.04.032>
  24. Осадчий В. І., Бабіченко В. М., Набиванець Ю. Б., Скриник О. Я. Динаміка температури повітря в Україні за період інструментальних метеорологічних спостережень. Київ: Ніка-Центр, 2013. 256 с.
  25. Climate Change (2013): Physical Science Foundation. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. / Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, J. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, J., Becks, W., & Midgley, P. M. (Eds). - Cambridge: University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. 2013. 204 с. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (дата звернення: 21.01.2020).

### References

1. Revich, B. A. (2008). Changes in the health of Russian population in a changing climate. *Forecasting problems*, (3 (108)), 140-150. Retrieved from <https://ecfor.ru/publication/izmenenie-zdorovya-naseleniya-rossii-v-usloviyah-menyayushhegosya-klimata/> (in Russian).
2. Revich, B. A. & Maleev, V. V. (2011). *Climate Change and Russian Population Health: Situation Analysis and Forecasts*. Moscow: LENAND (in Russian).
3. Confalonieri, U., Menne B., Akhtar R., Ebi K.L., Hauengue M., Kovats R.S., Revich B. & Woodward, A. (2007). Human health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 391-431. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg2-chapter8-1.pdf>

4. Stocker, T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. & Midgley P.M. (Eds.]. (2013). *Climate change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg2-chapter8-1.pdf>
5. Stocker, T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. & Midgley P.M. (Eds.).(2013). IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 8-30. Retrieved from [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_ALL\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf)
6. Mokhov, I. I. (2011). Anomalous summer of 2010 in the context of general climate change and its anomalies. *Research on the theory of Earth's climate: a joint meeting of the Presidium of the Scientific and Technical Council of Roshydromet and the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences*. Moscow: Triad Ltd., 41-48 (in Russian).
7. Gruza, G. V. & Rankova E. Ya. (2012). *Observed and expected climate changes in Russia: air temperature*. Obninsk: Publishing House of FSBI "VNIIGMI-WDC", 194 (in Russian).
8. Lipinski, V., Dyachuk, V. & Babichenko V. (Eds.). (2003). *Climate of Ukraine*. Kyiv: View. Rayevsky (in Ukraine).
9. Malitskaya, L.V. & Balabukh, V. A. (2015). Assessment of changes in the parameters of the thermal regime of the climatic system of Ukraine. *Collection of scientific articles of the International Scientific Conference (Minsk, May 5-8, 2015)*.135-136 (in Russian).
10. Balabukh, V. O. (2008). *Changing the intensity of convection in Ukraine: causes and consequences*. Retrieved from <http://meteo.gov.ua/files/content/docs/Vinnitsa/UkrGMI.pdf> (in Ukraine).
11. Babichenko, V. N., Adamenko, T. I., Bondarenko, Z. S., Nikolaeva, N. V., Rudishina, S F. & Gushchina, L. M. Extreme air temperature in Ukraine in a modern climate. *Global and regional climate change*. Kiev, 207-221 (in Russian).
12. National Report on the State of the Environment in Ukraine in 2014 (2015). Kyiv: Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, FOP Grin DS. Retrieved from <https://menr.gov.ua/news/31171.html> (in Ukraine).
13. Martazinova, V. F. & Ivanova, O. K. (2010). Modern climate of Kyiv region. Kiev: AVERS (in Ukraine).
14. Martazinova, V. F. & Sverdlik, T. A. (1998). Large-scale atmospheric circulation of the twentieth century, its changes and current state. *ProceedingsUkrNIGMI*, (246), 21-27 (in Russian).
15. Babichenko, V. M, Nikolaev, N. V., Rudishina, S. F. & Gushchina, L. M. (2010). The maximum air temperature in Ukraine in the current climate. *Ukrainian Geographical Journal*, (3), 6-15 (in Ukraine).
16. Loginov, K. T., Babichenko, V. N. & Kulakovskaya, M. Yu. (1972). *Hazardous weather phenomena in Ukraine*. Leningrad: Gidrometeoizdat (in Russian).
17. Babichenko, V. N. (Ed.). (1991). Natural weather phenomena in Ukraine and Moldova: a climatic allowance. Leningrad: Gidrometeoizdat (in Russian).
18. Slyzka, K. P. (2014). Approaches to the study of high air temperatures in Ukraine in the context of current climate change. *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*, 860-866 (in Ukraine).
19. Katerusha, G. P. & Katerusha, O. V. (2015). The effects of climate change on human health/. In S. M. Stepanenko, A. M. Pol'ovy`j (Eds). *Climate change and their impact on the Ukrainian economy* (pp.202-256). Odesa: TPP (In Ukraine).
20. Katerusha, G. P. & Katerusha, O. V. & Chabli, T. P. (2018). Influence of Expected Extreme Climate Conditions on the Bioclimatic Regime of Ukraine. In S. M. Stepanenko, A. M. Pol'ovy`j (Eds).*Climate Risks of Ukrainian Economy* (pp. 220-258). Odesa: TPP (in Ukraine).
21. Safranov, T. A., Katerusha, G. P. & Katerusha, O. V. (2018). Possible influence of temperature changes on socio-economic conditions in the regions of Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, (19), 19-29. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2018-19-02> (in Ukraine).
22. Svetlichny, A. A. & Ibragimova, M. S. (2016). On the issue of modern climate changes in the Northwest Black Sea Region. *Bulletin of Odessa I. Mechnikov National University. Geographic and geological sciences*, 21(1), 22-41. Retrieved from <http://visgeo.onu.edu.ua/article/view/90327> (in Russian).
23. Osadchy, V. I. & Babichenko, V. M. (2013). Air temperature in Ukraine in modern climate conditions. *Ukrainian Geographical Journal*, (4), 32-39. <https://doi.org/10.15407/ugz2013.04.032> (in Ukraine).
24. Osadchy, V. I., Babichenko, V. M., Nabivanets, Y. B. & Skrynyk, O. J. (2013). *Dynamics of air temperature in Ukraine during the period of instrumental meteorological observations*. Kyiv: Nika-Center (in Ukraine).
25. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, J. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, J., Becks, W., & Midgley, P. M. (Eds). *Climate Change (2013): Physical Science Foundation. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. - Cambridge: University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

**О. В. ПИЛИПОВИЧ<sup>1</sup>**, канд. геогр. наук, доц., **Є. А. ІВАНОВ<sup>1</sup>**, д-р геогр. наук, доц.,  
**Т. І. МИКІТЧАК<sup>2</sup>**, канд. біол. наук, ст. наук. співроб., **В. П. ШТУПУН<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна

<sup>2</sup>Інститут екології Карпат Національної академії наук України  
вул. Козельницька, 4, м. Львів, 79026, Україна

E-mail: [olha.pylypovych@gmail.com](mailto:olha.pylypovych@gmail.com)  
[eugen\\_ivanov@email.ua](mailto:eugen_ivanov@email.ua)  
[tarasmykitchak@yahoo.com](mailto:tarasmykitchak@yahoo.com)  
[shtupun@ukr.net](mailto:shtupun@ukr.net)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7972-9202>  
<https://orcid.org/0000-0001-6847-872X>  
<https://orcid.org/0000-0003-2452-7264>  
<https://orcid.org/0000-0003-4659-0379>

## БУДІВНИЦТВО ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ МАЛОЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ: НОВІ ВИКЛИКИ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ

**Мета.** Аналіз спектру екологічних проблем і ризиків, пов'язаних із будівництвом та експлуатацією малих гідроелектростанцій (МГЕС) в Українських Карпатах.

**Методи.** Польові, статистичні, гідрологічні, гідроекологічні, аналіз та синтез.

**Результати.** Розглянуто потенційні екологічні ризики, що виникають при будівництві та експлуатації МГЕС в Українських Карпатах. Досліджено вплив Явірської МГЕС на витрати води у р. Стрий. Проаналізовано щоденні витрати води на двох гідростворах, що розташовані вище і нижче за течією від станції для маловодного (2003) і багатоводного (2008) років. Вказано основні можливі ризики при будівництві та експлуатації МГЕС для руху паводкових вод, річкових наносів, розвитку руслових деформацій тощо. Представлено різницю у витратах води між двома гідростворами і підтверджено, що у весняний період 2008 і 2003 року та осінньо-зимовий період 2003 і 2008 років спостерігали мінімальну різницю у витратах води, що пов'язано із затриманням води у водосховищі вище греблі Явірської МГЕС для максимальної генерації електроенергії. Проаналізовано вплив Явірської МГЕС на біоту р. Стрий упродовж 2014–2015 років. Отримані результати вказують, що основними негативними чинниками впливу на угруповання гідробіонтів р. Стрий є створення водосховищем лімнічних умов у континуумі річкової екосистеми, накопичення наносів і відмерлої органіки на його дні та берегах і знесення цих осадів на нижчі ділянки русла, різке обміління русла Стрия нижче греблі після закриття шлюзів у червні та гідроземельні роботи нижче греблі. Аналіз звітів з оцінки впливу на довкілля дав змогу проаналізувати основні екологічні ризики, які можливі при будівництві та експлуатації малої гідроелектростанції на р. Стрий у с. Довге Дрогобицького району Львівської області.

**Висновки.** Варто прописати механізм проведення оцінки впливу на довкілля, зазначити природно-географічні, гідрологічні і гідроекологічні обмеження щодо будівництва та експлуатації МГЕС. Визначити ділянки гірських («диких») річок із високими показниками цінності природних ландшафтів та заборонити на них спорудження об'єктів малої гідроенергетики.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** річка, мала гідроелектростанція, донні наноси, витрата води, біота, вплив на довкілля

**Pylypovych O. V.<sup>1</sup>, Ivanov E. A.<sup>1</sup>, Mykitchak T. I.<sup>2</sup>, Shtupun V. P.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ivan Franko National University of Lviv, Doroshenko St., 41, Lviv, 79000, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Ecology of the Carpathians of the NAS of Ukraine, Kozelnytska St., 4, Lviv, 79026, Ukraine

## CONSTRUCTION AND OPERATION OF SMALL HYDRO POWER PLANTS IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS: NEW CHALLENGES FOR ENVIRONMENT

**Purpose.** Analysis of environmental problems and risks associated with the construction and operation of small hydroelectric power facilities (SHEPP) in the Ukrainian Carpathians.

**Methods.** Field studies, statistical, hydrological, hydroecological, analysis and synthesis.

**Results.** Potential environmental risks arising from the construction and operation of SHEPP in the Ukrainian Carpathians are considered. The influence of Yavirska hydroelectric power station on water discharges in the Stryi river was investigated. The daily water discharges for the two hydraulic sections located above and below the station for low-water (2003) and high-water (2008) years are analyzed. Possible risks in the construction and operation of the hydroelectric power plant for the movement of flood waters, river sediments, the development of riverbed deformations, and others, are indicated. The difference in water discharges between the two hydrological stations is presented, and it is confirmed that in the spring of 2008 and 2003 and the autumn and winter of 2003 and 2008 minimal differences in water consumption were observed as a result of the water retention in the reservoir above the dam of Yavirska hydro power station for the maximal electrical power generation. The impact of the Yavirska SHEPP on the biota of the Stryi river during 2014–2015 was analyzed. The obtained results indicate that the main negative factors affecting the communities of river hydrobionts are the creation of reservoir of limnetic conditions in the continuum of the river ecosystem; the accumulation of sediments and dead organic matter on its bottom and banks and the demolition of these sediments on the lower sections of the channel bed; also a decrease of water in the riverbed downstream of the dam after the closure of the floodgates in June. The analysis of the environmental impact assessment reports made it possible to analyze the major environmental threats, which are possible during the building and operation of a small hydroelectric power plant on the Stryi river in the Dovhe village (Drohobych district, Lviv region).

**Conclusions.** To prevent the impact of the projected SHEPP in the Carpathian region it is necessary to prescribe the mechanism of carrying out the environmental impact assessment, to specify the natural-geographical, hydrological and hydro-ecological restrictions on the construction and operation of the hydroelectric power station. It is also necessary to identify sections of mountain (“wild”) rivers with high values of natural landscapes and prohibit the construction of small hydropower facilities.

**KEYWORDS:** river, small hydroelectric power plant, bottom sediments, water discharge, hydrobionts, environmental impact

Пыльпович О. В.<sup>1</sup>, Иванов Е. А.<sup>1</sup>, Мыкитчак Т. И.<sup>2</sup>, Штупун В. П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Львовский национальный университет имени Ивана Франко, ул. Дорошенко, 41, г. Львов, 79000, Украина

<sup>2</sup>Институт экологии Карпат НАН Украины, ул. Козельницкая, 4, г. Львов, 79026, Украина

#### **СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНСКИХ КАРПАТАХ: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Цель.** Анализ спектра экологических проблем и рисков, связанных со строительством и эксплуатацией малых гидроэлектростанций (МГЭС) в Украинских Карпатах.

**Методы.** Полевые, статистические, гидрологические, гидроэкологические, анализ и синтез.

**Результаты.** Рассмотрены потенциальные экологические риски, возникающие при строительстве и эксплуатации МГЭС в Украинских Карпатах. Исследовано влияние Яворской МГЭС на расходы воды в р. Стрый. Проанализированы ежедневные расходы воды на двух гидростворах, расположенных выше и ниже по течению от станции для маловодного (2003) и многоводного (2008) года. Указаны возможные риски при строительстве и эксплуатации МГЭС для движения паводковых вод, речных наносов, развития русловых деформаций и др. Показана разница в расходах воды между двумя гидростворами и подтверждено, что в весенний период 2008 и 2003 году и осенне-зимний период 2003 и 2008 годов наблюдали минимальную разницу в расходах воды, что связано с задержанием воды в водохранилище выше плотины Яворской МГЭС для максимальной генерации электроэнергии. Проанализировано влияние Яворской МГЭС на биоту р. Стрый в 2014–2015 годах. Основными негативными факторами влияния на гидробионтов речки считаем создание водохранилищем лимнических условий в континууме речной экосистемы, накопление наносов и отмершей органики на его дне и берегах и снесение этих осадков на низшие участки русла, резкое обмеление русла ниже плотины после закрытия шлюзов в июне и гидроземельные работы ниже плотины. Анализ отчетов по оценке влияния на окружающую среду позволил проанализировать основные экологические риски, возможные при строительстве и эксплуатации МГЭС на р. Стрый в с. Долгое Дрогобычского района Львовской области.

**Выводы.** Необходимо прописать механизм проведения оценки влияния на окружающую среду, указать на природно-географические, гидрологические и гидроэкологические ограничения по строительству и эксплуатации МГЭС. Определить участки горных («диких») рек с высокими показателями ценности природных ландшафтов и запретить на них сооружения объектов малой гидроэнергетики.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** река, малая гидроэлектростанция, донные наносы, расход воды, биота, влияние на окружающую среду

#### **Вступ**

У національній і регіональній про-  
грамах розвитку малої гідроенергетики

зазначено, що гідроенергетичний потенціал  
Українських Карпат становить 7 628,7 млн.

кВт×год/рік [1]. Високі показники сприяють розвитку малої гідроенергетики і передбачають реалізацію сотень нових проєктів МГЕС на гірських річках регіону. Українські Карпати є унікальною гірською країною, яка потребує належної охорони складових природного середовища, зокрема водних об'єктів та їх екосистем. Сучасні науково-технічні і природоохоронні дослідження у районах експлуатації МГЕС підтверджують малоефективність їхнього використання та необґрунтованість використання «зеленого тарифу». Авторами проаналізовано проблеми, які пов'язані з функціонуванням діючих МГЕС та проєктованих об'єктів, що проходять оцінку впливу на довкілля [2-8].

Відповідно до сучасної міжнародної класифікації ООН з промислового розвитку (United Nations Industrial Development Organization, UNIDO) до МГЕС відносять: мікро-станції – до 0,1 МВт (в Україні до 0,2 МВт); міні-станції – до 1 МВт; малі станції – до 10 МВт (Китай – до 50 МВт, Польща – до 5 МВт). Різницю у класифікаціях МГЕС визначають особливості природних умов, природоохоронного законодавства країн і рівень розвитку їх економіки [9].

Загалом, частка відновлюваних джерел енергії у світовому енергоспоживанні сьогодні складає близько 14 %, в Україні цей показник становить лише 3,6 %. Питомою вагою енергозабезпечення від МГЕС у загальному енергобалансі країни становить

лише 0,13 %. Згідно з рішенням Ради Міністрів Енергетичного Співтовариства, Україна взяла зобов'язання до кінця 2020 р. досягти рівня 11 % відновлюваної енергії в енергопостачанні країни, що стимулює подальший розвиток використання відновлюваних джерел енергії в Україні [1].

В Українських Карпатах діє 16 МГЕС, у тім числі дев'ять – у Закарпатській, п'ять – в Івано-Франківській, дві – у Львівській областях. Варто відзначити, що у минулому столітті у регіоні діяло 22 таких станції, більшість з яких функціонувала в Івано-Франківській і Львівській областях, натомість в межах Закарпатської області вони були відсутні.

У регіональних програмах розвитку малої гідроенергетики зазначено, що в межах Українських Карпат заплановано будівництво 395 МГЕС. Наприклад, такою програмою у Львівській області визначено 34 об'єкти для будівництва мікро- та міні-ГЕС загальною потужністю 1 814 млн. кВт-год [1]. Реалізацію заходів запроектовано до 2020 р. і не реалізовано, проте і не припинено (табл. 1). Сьогодні в межах Львівської області реалізують проєкти з планованої діяльності щодо будівництва семи МГЕС: Липиці (р. Дністер), Довге (р. Стрий), Борислав (р. Тисмениця); Нижня Стинава (р. Стинавка); Нижнє Синьовидне (три об'єкти, річки Стрий та Опір).

Таблиця 1

Проєктована кількість малих гідроелектростанцій в Українських Карпатах [1]

Адміністративно-територіальна область	Кількість станцій	Потужність станцій, МВт
Закарпатська	330	400
Чернівецька	12	6
Івано-Франківська	19	59
Львівська	34	24
Разом	395	489

Сучасні науково-технічні і природоохоронні дослідження у зонах впливу МГЕС свідчать про низьку ефективність їхньої експлуатації і необґрунтованість використання «зеленого тарифу». Згідно з українським законодавством лише в межах природоохоронних об'єктів заборонено будувати такі станції. Для інших ділянок річок слід

пройти процедуру оцінки впливу на довкілля (ОВД) з метою отримання дозволу на будівництво МГЕС. Зважаючи на те, що Українські Карпати є унікальним гірським утворенням, яке потребує належної охорони складових природного середовища, зокрема водних об'єктів у природоохоронне законодавство з метою збереження цінних



водних об'єктів із високою естетичною, природною і рекреаційною цінністю. Наприклад, досвід США демонструє, що окрім процедури ОВД та інших заборон, електростанції не повинні розміщуватися на річках, яким надано статус «диких» (wild) та які мають високі показники цінності природних ландшафтів чи використовують для рекреації і туризму. Такий список річок затверджено актом Конгресу США «Закон про забезпечення національної системи диких і мальовничих річок і для інших цілей» (1968) і встановлює національну систему диких річок. У 2008 р. список містив 166 ділянок річок загальною довжиною 17,7 тис. км, які захищені федеральним законом. Він оновлюється і сьогодні включає близько 20 тис. км річкової мережі [9].

Будівництво багатьох МГЕС в Українських Карпатах заплановане на територіях, включених до Смарагдової мережі України. Наприклад, дев'ять МГЕС на р. Шопурка плановані у «Долині річки Шопурка» (код об'єкту UA0000374), дві – у «Долині річки Стрий» (UA0000326), дві – у «Долині річки Опір» (UA0000325), дві – на р. Тересва, «Східний Свидовець» (UA0000259), щонайменше одна – у «Мармароські та Чивчинські гори» (UA0000117) та на територіях інших смарагдових об'єктів. Така діяльність порушує міжнародні зобов'язання України, зокрема, положення Бернської конвенції (Закон України «Про приєднання України до Конвенції 1979 року про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі», № 436/96-ВР від 29 жовтня 1996 р.) та Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат (Закон України «Про ратифікацію Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат», № 1672-IV від 7 квітня 2004 р.).

З огляду на те, що українське законодавство не передбачає збереження цінних ділянок річкової мережі, ґрунтуючись на міжнародних і вітчизняних документах природоохоронної та енергетичної сфер, а також «Методиці встановлення гідроенергетичного потенціалу річок» [10], слід враховувати такі можливі ризики при спорудженні та експлуатації малих гідроелектростанцій:

1. станції вплинуть на рух паводкових вод, особливо під час наповнення водосховищ та зумовлять затоплення поселень, доріг, комунікацій та інших об'єктів;
2. греблі зменшують швидкість потоків вище за течією і впливають на зміни лімнологічних умов впродовж 50 % часового проміжку в межах року для довжини річки більшої, ніж 30-ти кратна природна ширина водотоку. Наприклад, за ширини греблі у 30 м, зміна лімнологічних умов відбудеться вздовж 900 м вище течії від греблі. Зміна швидкостей потоку провокує зміну екологічних параметрів водойми, зокрема термічного і кисневого режимів і вплине на зміну біологічного різноманіття;
3. греблі проектуєть так, що донні наноси затримуються вище від них і не переміщуються вниз за течією без втручання людини (спорудження донних водовипусків). Це негативно впливає на морфологію русел і провокує інтенсивні вертикальну (донну) і бічну ерозії нижче за течією;
4. проект, який передбачає підвищення або укріплення одного або обох берегів чи дна русла (рісберма) нижче дамби на довжину, що перевищує подвійну природну ширину русла призводить до деградації (спрямлення русла) і посилення руслової ерозії;
5. деградація гирлових ділянок допливів і порушення зв'язку між головним водотоком та його притоками. У випадку затоплення гирлових ділянок вище греблі можливе руйнування гідрологічних зв'язків між головним водотоком і допливів;
6. можливі годинні або добові зменшення витрат води нижче греблі на 20 % від природних витрат водотоку. Вища вартість енергії у години їх пікового використання провокує операторів станцій до збільшення прибутку і формує максимальні забори води;
7. діючі і потенційні МГЕС у майбутньому унеможливають збільшення забору води для інших побутових потреб. Наприклад, якщо на річці існує водозабір, а вище за течією побудовано станцію, то через зростання обсягів випаровування з поверхні водойми зменшиться стік води, що знизить об'єми води для потреб населення. Особливо варто звертати увагу у районах із нестачею питної води;

8. у верхів'ях гірських річок, не зважаючи на значні похили русел і великий напір, відзначають малі стоки води. Використання цих водотоків доцільне виключно із врахуванням достатнього співвідношення середньорічного стоку до мінімального  $Q_{\text{сєр}}/Q_{\text{мін}} = 1/5-1/7$ , стік у верхів'ї водотоку становить 14–20 % від загального стоку [10]. Наприклад, якщо середньорічний стік у річці складає 20 м<sup>3</sup>/с, то мінімальний – до 4 м<sup>3</sup>/с. При невідповід-

ному співвідношенні стоків будівництво МГЕС не можливе.

Загалом, оцінка впливу на довкілля з метою будівництва МГЕС повинна розширено розкривати спектр геоекологічних проблем і потребує науково-обґрунтованого підходу до їхнього вирішення, залучення спеціалістів геологів, гідрогеологів, гідрологів тощо, а також подальшого удосконалення науково-методичних рекомендацій щодо проведення такої оцінки.

### ***Об'єкти та методи дослідження***

Проблеми будівництва та експлуатації МГЕС в Українських Карпатах розглянуто на прикладі двох об'єктів (діючого і проєктованого), які розміщені на річці Стрий (басейн Верхнього Дністра), що дало змогу обґрунтувати природно-географічні і гідрологічні обмеження та екологічні ризики.

Об'єктом геоекологічного дослідження обрано діючу Явірську малу гідроелектростанцію потужністю 0,45 МВт, в околицях с. Явора Турківського району Львівської області. За результатами дослідження проаналізовано вплив МГЕС на зміни витрат води у річці, зокрема порівняно динаміку щоденних витрат води у двох гідростворах: вище за течією від станції (Завадівка) і нижче за течією (Ясениця) для малово-

дного (2003) і багатоводного (2008) років. У 2014–2015 рр. проведено цілорічні гідроекологічні дослідження впливу функціонування Явірської МГЕС на гідроекосистему р. Стрий у межах шести кілометрів вище й нижче за течією.

Іншим об'єктом геоекологічного аналізу виступила проєктована МГЕС потужністю до 2,0 МВт, в околицях села Довге Дрогобицького району Львівської області. Проаналізовано звіти з оцінки впливу на довкілля МГЕС під час її будівництва, проведення русло-регулюючих робіт та експлуатації, підготовлено відповідні зауваження і пропозиції з метою доопрацювання забудовником проєктної документації.

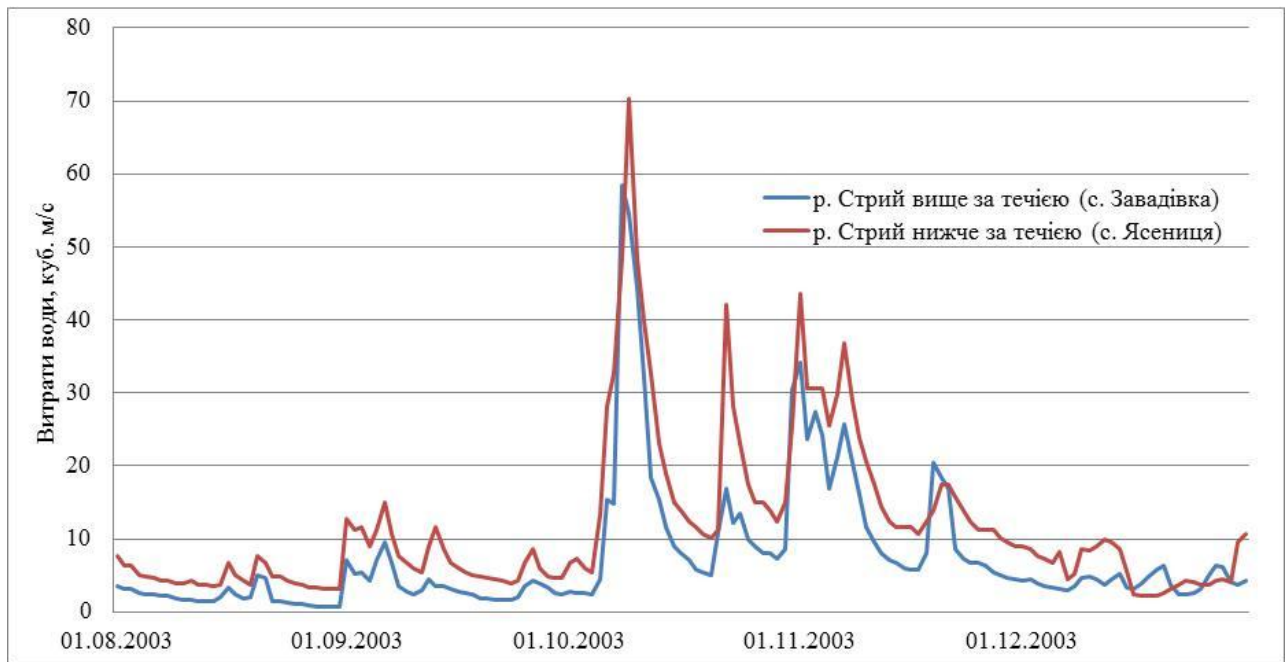
### ***Результати та обговорення***

Результати аналізу динаміки щоденних витрат води показали, що в осінньо-зимовий період 2003 року і літній період 2008 року у гідростворі, що вищий за течією від станції витрати води вищі, ніж у гідростворі нижче за течією (рис. 1, 2). Суттєве зменшення витрат пов'язане з тим, що суб'єкти господарювання наповнюють водосховище для генерації електроенергії і зменшують витрати води у річці Стрий нижче за течією. Відстань між гідростворами становить 24 км, на цьому відтинку у річку Стрий впадає 14 водотоків першого, 13 – другого і 8 – третього і вищого порядків, серед них такі річки як Яблунька та Ясениця. Тобто, ділянка русла має щільну гідромережу допливів і добре водозабезпечення.

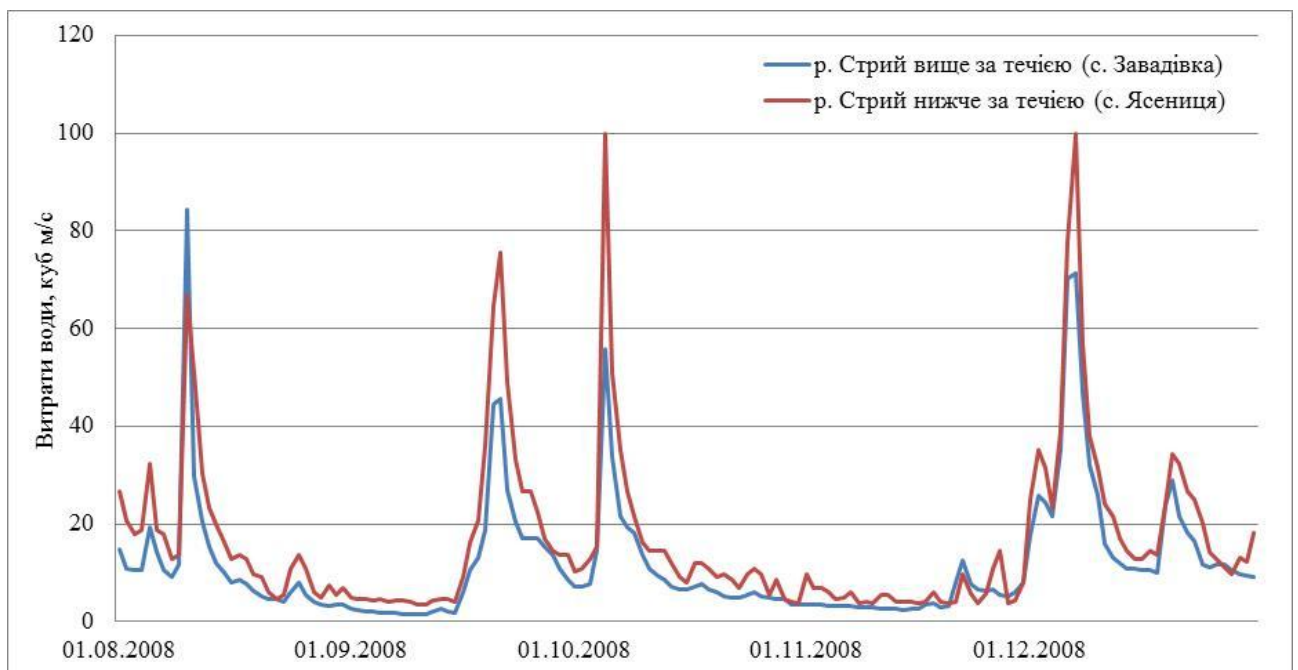
Коливання витрат небезпечне для екосистеми річки і для екосистеми водосховища,

а саме для гідробіологічних і термічних умов, а також для кисневого та біопродуктивного режимів [11]. Зменшення витрат води у гірській річці має соціально-екологічні ризики тому, що басейн річки Стрий є джерелом водопостачання для побутових, промислових і рекреаційних потреб населення. З огляду на глобальні кліматичні зміни, штучне зменшення витрат води є невиправданим.

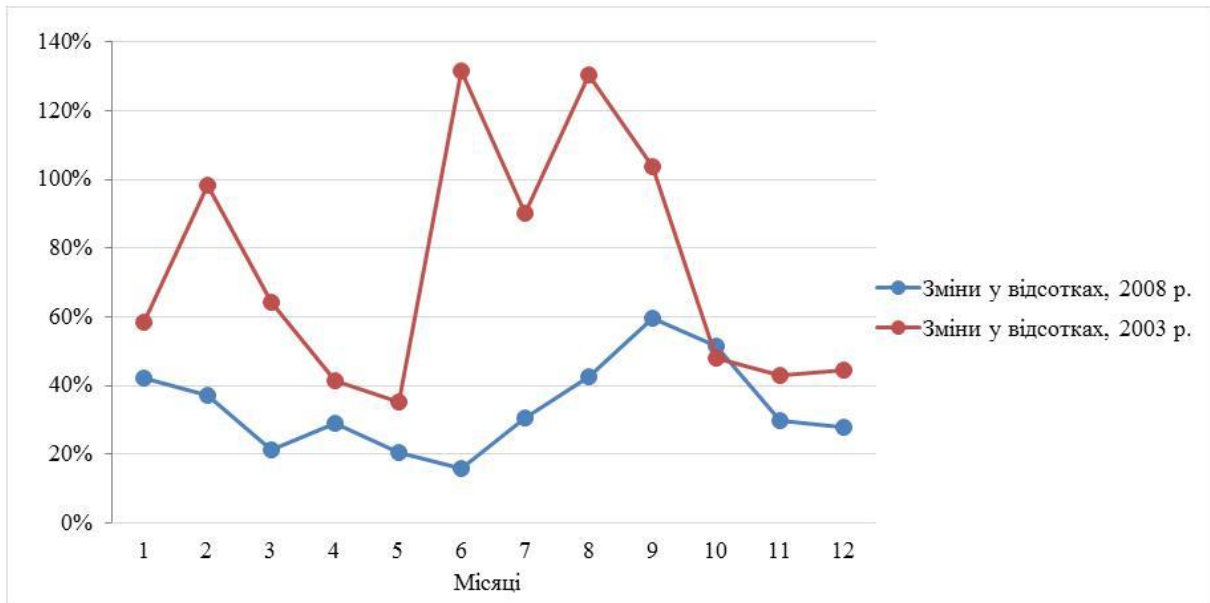
На рисунку 3 показано різницю у витратах води впродовж 2003 і 2008 років. У весняний період 2008 і 2003 рр. та осінньо-зимовий період 2003 і 2008 рр. надто мала різниця у витратах води, що пов'язано із затримкою води у водосховищі вище греблі МГЕС для максимальної генерації електроенергії.



**Рис. 1** – Динаміка щоденних витрат води для гідропостів, що розташовані вище і нижче за течією від Явірської МГЕС у маловодний рік



**Рис. 2** – Динаміка щоденних витрат води для гідропостів, що розташовані вище та нижче за течією від Явірської МГЕС у багатоводний рік



**Рис. 3** – Розрахована різниця у витратах води між гідросторами для маловодного (2003) і багатоводного (2008) років

Функціонування МГЕС негативно впливає на біоту річок та їх долин, викликаючи деградацію природних екосистем та їхню докорінну перебудову на значних відтинках русел. Цілорічні гідроекологічні дослідження впливу функціонування Явірської МГЕС на гідроекосистеми р. Стрий у 2014–2015 роках у межах шести кілометрів вище й нижче за течією від водосховища показали значне зменшення біорізноманіття, чисельності та біомаси на нижніх створах ріки (у два-три рази) порівняно з верхніми, а також зниження якості води нижче греблі на одну категорію (рис. 4). Якісний склад угруповань нижніх досліджених створів змінюється на 40 % у порівнянні з верхніми [11].

Упродовж досліджуваного періоду відзначено низку негативних явищ та процесів для екосистем р. Стрий, які спричинює функціонування Явірської МГЕС, а саме:

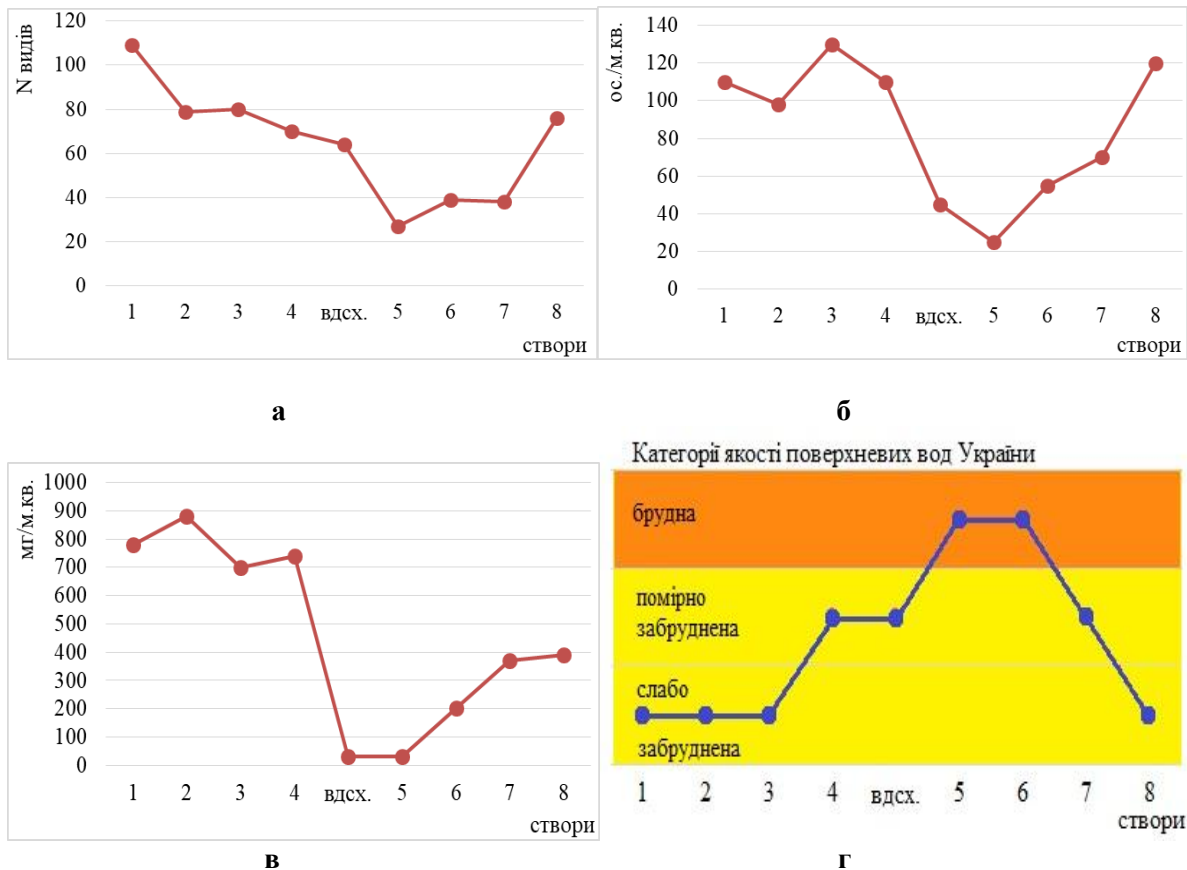
1. Утворення в зимовий період суцільного крижаного покриву та заторів криги у водосховищі та на відтинку перед ним, що унеможлиблює насичення води киснем через різке сповільнення течії та сприяє деградації зимових угруповань гідробіонтів на цьому відтинку ріки.

2. Залповий спуск вод водосховища наприкінці березня під час відкриття шлюзів-шандор перед нерестовим періодом. Наноси промиваються з ложа водосховища і

вкривають дно русла, щонайменше на відстані шести кілометрів нижче греблі, товщею 10–20 см та узбережні рослинні угруповання на урізі води товщею до 60 см і шириною до двох метрів. Під час цього за лічені дні деградують аборигенні угруповання безхребетних гідробіонтів і з них випадають веснянки, одноденки, бокоплави та інші таксони, приурочені до кам'янистого субстрату. Натомість відбувається інтенсивний розвиток олігохет, п'явок і молюсків.

3. Забір води у водосховище в червні після закінчення нерестового періоду. Внаслідок забору русло нижче греблі різко міліє. Нижче греблі в цей період середня глибина у руслі на відтинку 6 км становила 0,1 м, а температура води сягала до +29 °С, що є стресовими умовами для аборигенної гідрофауни. Такі зміни гідрологічних параметрів також зумовлюють масовий розвиток олігохет, п'явок і молюсків.

4. Цвітіння вод водосховища впродовж липня-вересня. Автори звітів ОВД щодо будівництва МГЕС на карпатських ріках заперечують можливість цвітіння товщі води у запланованих водосховищах, мотивуючи це потенційним швидким водообміном водойми. Проте основним субстратом цвітіння у цих випадках є придонна товща води у водосховищах, оскільки їх дно вкрите товстим шаром наносів і відмерлої органіки (висотою до 1,5 м для Явірської МГЕС).



а – кількість видів, відзначених упродовж року; б – середня чисельність за рік; в – середня біомаса за рік; г – середні показники якості води за індексом

Рис. 4 – Зміни в угрупованнях безхребетних гідробіонтів русла р. Стрия вище і нижче Явірської МГЕС

На дні Явірського водосховища відзначено масовий розвиток таких родів синьо-зелених водоростей, як: *Anabaena*, *Dactylococcopsis*, *Microcystis*, *Oscillatoria* та ін. Їхня чисельність впродовж липня-вересня сягала до 86 млн. клітин/дм<sup>3</sup>, а біомаса – до 54 мг/м<sup>3</sup>, що є чіткими ознаками цвітіння води.

5. Створення лімнічної водойми у річковому континуумі. Різке сповільнення течії або її відсутність у водосховищі, вкриття наносами кам'янистого субстрату дна сприяє низці негативних явищ. Чисельність дрефту безхребетних після проходження водосховища зменшується в середньому у десять разів. Таким чином, види безхребетних гідробіонтів не мають змогу мігрувати вниз за течією і заселяти русло нижче греблі, натомість осідають на дно водосховища, де потрапляють на нетиповий для них субстрат, і гинуть. Натомість у водосховищі масово розвиваються олігохети,

нетипові для гірських рік види коловерток і циклопів. Водосховище розриває річкову екосистему і сприяє деградації аборигенних угруповань гідробіонтів.

6. Інвазія чужорідних видів тварин і масових їх розвиток в акваторії в межах впливу функціонування МГЕС. Зміна типових умов існування для аборигенних угруповань гідробіонтів сприяє заселенню водних екосистем Стрия чужорідними видами. З безхребетних це, насамперед, види олігохет, п'явок, коловерток, двостулкових молюсків, веслоногих ракоподібних, двокрилих комах, які є типовими для рівнинних водойм. Масовий розвиток цих організмів спричинює конкурентне витіснення аборигенних видів гідрофауни. З-поміж риб у водосховищі домінантами за чисельністю й біомасою є інвазійні види чебачок амурський (*Pseudorasbora parva*) та ротань-головешка (*Perccottus glenii*), які знищують ікру та малька інших видів.

7. Зміна природних водних та узбережних рослинних угруповань. У водосховищі наявність значної кількості угруповань з переважанням *Myriophyllum spicatum* вказує на забруднення вод біогенними елементами. У прибережній зоні трапляються угруповання з переважанням видів-індикаторів (*Batrachium circinatum* та інших) сильно ( $\alpha$ -мезосапробні) забруднених територій. В угрупованнях, які потрапляють у зону дії водосховища, трапляються види-індикатори високих значень рН, великого вмісту азоту та засолення ґрунту (*Typha laxmanii* (адвентивний вид для Західної України) та *Ranunculus sceleratus*). Накопичення солей може бути викликано, як затопленням ґрунтів, так і надходженням їх з річковим стоком з подальшим затриманням у донних відкладах водосховища. Зокрема, на берегах русла неподалік водосховища трапляються види-індикатори підвищеної мінералізації води (*Myriophyllum spicatum*) і прибережних ґрунтів (*Eleocharis uniglumis*). У водосховищі індикаторами мінералізації вод і донного субстрату виступають *M. spicatum* і *Polygonum amphibium*. Зміна субстрату берегів водосховища і земляні роботи нижче греблі сприяють заростання узбережних ділянок борщівником Сосновського (*Heracleum sosnowskyi*).

8. Випадання з угруповань типових великорозмірних гірських видів веснянок, одноденок, бокоплавів, волохокрильців і масовий розвиток дрібних олігохет, двокрилих комах, а також двостулкових молосків і п'явок призводить до деградації кормової бази аборигенних видів риби, пристосованих до водотоків з кам'янистим субстратом.

9. Гребля МГЕС є істотною перешкодою для міграції та обміну генофонду між популяціями аборигенних видів риби, насамперед червонокнижних яльця звичайного (*Leuciscus leuciscus*), марени звичайної (*Barbus barbus*) та марени карпатської (*Barbus carpathicus*), а також інших видів риби, розвиток і міграції яких істотно залежать від субстрату дна, швидкості течії та кисневого режиму водотоків: головня європейського (*Squalius cephalus*), підуста звичайного (*Chondrostoma nasus*), рибиця звичайного (*Vimba vimba*), форелі струмкової (*Salmo trutta*).

10. Зміна гідрологічних умов р. Стрий, вселення і масовий розвиток нетипових видів гідробионтів зумовлює спрощення типових

оселищ риби, їх деградацію і заміну на антропогенізовані біотопи.

З огляду на затверджені плани розвитку енергетики, МГЕС будуть будувати, а отже порятунком для довкілля є чіткі вимоги ОВД та контроль за їх функціонуванням. Розглянемо спектр природно-географічних і гідрологічних обмежень щодо будівництва та експлуатації об'єктів малої гідроенергетики в Українських Карпатах на прикладі досвіду формування зауважень і пропозицій до повідомлення і звіту з оцінки впливу на довкілля МГЕС в околицях села Довге Дрогобицького району Львівської області [3, 5]. На хвилі активної агітації зі сторони органів обласної і місцевої влади та приватних структур щодо «доцільності» будівництва МГЕС слід висловити й науково-обґрунтовану позицію. Аналіз цих документів дав змогу підготувати негативний висновок із застереженнями до проекту. Виокремимо окремі зауваження, які, на нашу думку, важливі і нехтування якими може спровокувати прояв небезпечних природно-антропогенних процесів у зоні впливу станції:

1. У звіті зазначено, що з русла річки Стрий з метою розчищення острова на ділянці від ПК14+40 до ПК18+40 проєктоване перекриття правобережної протоки і пропуск витрат річки по лівобережній протоці з попереднім її розширенням на 20 м. Весь гравійно-гальковий матеріал від розчищення острова в об'ємі 43,64 тис. м<sup>3</sup> планують використати для підняття відміток внутрігосподарської дороги вздовж правого берега [3, 5]. Водночас, виконано часткове розбирання відмілини з поширенням русла у бік лівого берега до 100 м і глибиною до 1,0 м. Гравійно-гальковий ґрунт від розчищення відмілини в об'ємі 38,47 тис. м<sup>3</sup> використають для підняття відміток внутрігосподарської дороги вздовж лівого берега [3, 5]. Разом, з річки заберуть 82,11 тис. м<sup>3</sup> гравійно-галечникового матеріалу. Попри значні масштаби забору гравію забудовник не передбачив ризиків вертикальної і горизонтальної деформації у руслі річки вище ділянки забудови, спровокованої різким зниженням базису ерозії. З огляду на те, що ділянку русла-регулюючих робіт розташовано у зоні активних морфодинамічних процесів, тому такі великі об'єми забору гравію з русла річки спровокують вертикальні деформації русла річки Рибник (притока Стрия) та активізують гравітаційні процеси у басейні цих річок вище за течією від ділянки планованої діяльності.

2. Не відображено інформації про витрати і параметри донних наносів. Як зазначено вище, русло річки Стрий характеризується високою транспортуючою здатністю донних наносів. Це свідчить про ризики інтенсивних вертикальних і горизонтальних руслових деформацій, що можуть підсилюватися впливом поглиблення русла і проєктованого водосховища. Робити прогнози витрат донних наносів за річкою-аналогом (р. Теремля) не коректно, тому що витрата донних наносів є показником, який залежить від індивідуальних умов потоку: похилу русла, витрат води, інтенсивності горизонтальних і вертикальних деформацій, геологічної будови тощо. При масштабних русло-регулюючих роботах слід провести дослідження витрат та параметрів донних наносів і створити модель зміни вертикальних деформацій русла річки, спровоковане заборою великої кількості гравію.

3. Метеорологічну інформацію подано некоректно. Проаналізовано ряд даних лише до 2010 року, а з огляду на стрімкі зміни температурних характеристик в Україні за останнє десятиліття, ряд даних мав осягати період від 1980 до 2018 року.

4. У звіті зазначено, що заходи з русло-регулюючих робіт належать до природоохоронних заходів? Забудовник не розуміє відповідальності впливу проєкту на компоненти довкілля басейну річки. При заборі з русла річки гравійно-галечникового матеріалу (82,11 тис. м<sup>3</sup>) відбудуться колосальні зміни в якісних та кількісних параметрах компонентів довкілля у зоні впливу русло-регулюючих робіт при будівництві гідроелектростанції.

5. У зауваженнях наведено перелік ризиків для екосистем р. Стрий, згідно з результатами досліджень впливу Явірської МГЕС на річкову біоту, які матимуть місце за умови здійснення планованої діяльності. У звіті ОВД потенційні негативні та критичні впливи на річкову біоту та мешканців басейну Стрия у висновках означені як «допустимий», «мінімальний» чи «незнач-

ний» вплив, хоча мова йде про докорінну перебудову екосистем р. Стрий, деградацію популяцій значної кількості охоронюваних видів і типових гірських угруповань гідробіонтів та різке зниження якості води.

6. Зважаючи на численні неточності та недостовірності у звіті інформації, мало-ефективність пропонованої малої гідроелектростанції, екологічні ризики для водного середовища та руслово-заплавного комплексу річки, вважаємо недоцільним будівництво станції, а, отже, проведення русло-регулюючих робіт.

Зрозуміло, аналізуючи перелік природно-географічних і гідрологічних обмежень щодо будівництва та експлуатації МГЕС, ми розглядаємо й екологічні ризики як ймовірність настання небажаного (небезпечного для людини і природного середовища) процесу та його наслідків природного або антропогенного походження. Групи екологічних ризиків, які формують об'єкти гідроенергетики, висвітлено у статтях [11, 12]. Як зазначено у дослідженнях, малі гідроелектростанції матимуть низькі показники еколого-економічного ефекту та значний негативний вплив на довкілля. Незважаючи на поширені заклики щодо доцільності застосування «зеленої» енергетики, результати порівняння обсягів виробленої електроенергії з обсягами екологічних втрат не на користь будівництва станцій. Адже самі обсяги виробництва електроенергії МГЕС є незначними (потужність проєктованої станції у с. Довге лише 2,0 МВт), а їхнє розташування в межах особливо цінних природних територій Українських Карпат зумовлює значні екологічні втрати.

Варто зауважити, що в Україні немає апробованих методик щодо визначення кумулятивного впливу на довкілля кількох МГЕС на одному водотоці чи в басейні однієї ріки, тому достовірні масштаби негативних екологічних наслідків будівництва та функціонування нових МГЕС на р. Стрий та на інших ріках Карпат складно передбачити.

### Висновки

З огляду на високі показники гідроенергетичного потенціалу Українських Карпат та зобов'язань досягти рівня 11 % відновлюваної енергії у енергопостачанні країни заплановано будівництво 395 МГЕС. Карпатський регіон є унікальною гірською краї-

ною і потребує належної охорони складових природного середовища, зокрема водних об'єктів. Нами проаналізовано проблеми, що пов'язані з діючою Явірською МГЕС та об'єктів, що проходять оцінку впливу на довкілля і можливо почнуть функціонувати.

Результати проведеного аналізу показали, що в осінньо-зимовий період 2003 р. та літній період 2008 р. у гідростворі, що розташований вище за течією від Явірської МГЕС витрати води у 2,5 рази вищі, ніж у гідростворі нижче за течією від станції. Це при тому, що на відтинку між гідростворами у річку Стрий впадає 37 водотоків, зокрема повноводні річки Яблунька та Ясениця. Суттєве зменшення витрат пов'язане з наповненням водосховища для генерації електроенергії станцією.

Аналізуючи звіти з оцінки впливу на довкілля для проектованої МГЕС на річці Стрий, в околицях села Довге Дрогобицького району Львівської області, науково обґрунтовано зауваження, нехтування якими може спровокувати прояв небезпечних природно-антропогенних процесів у зоні впливу станції.

Проведення планованої діяльності будівництва МГЕС на р. Стрий, Опір, Шопурка, Тересва, Біла Тиса призведе до деградації річкових екосистем, які включені

до переліку об'єктів Смарагдової мережі України. Таким чином, екосистеми цих рік втратять свою природоохоронну цінність. Також нижче МГЕС відбувається істотне зниження біологічної якості води, що негативно вплине на водокористувачів.

Погоджуємося, за екологічно чистою електроенергією майбутнє, тому її слід впроваджувати та продовжувати стимулювати для малих приватних підприємств і домогосподарств. Однак заробляння грошей на платниках податків і нищенні унікальної карпатської природи не припустиме. Варто чіткіше прописати механізм проведення оцінки впливу на довкілля, у тім числі зазначити природно-географічні, гідрологічні і гідроекологічні обмеження щодо будівництва МГЕС. Водночас важливо визначити ділянки гірських («диких») річок із високими показниками цінності природних ландшафтів, які активно використовують для рекреації і туризму та заборонити на них спорудження об'єктів малої гідроенергетики.

### Конфлікт інтересів

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

### Література

1. Вовчак В., Тесленко О., Самченко О. Мала гідроенергетика України. Т. І. Аналітичний огляд. 2018. URL: <http://energyukraine.org/wp-content/uploads/2018/05/Otchet-MGES1.pdf>
2. Науково-методичні рекомендації щодо підготовки звіту ОВД при будівництві малої ГЕС (Методичний посібник) / за ред. С. О. Афанасьєва. Київ, 2019. 94 с.
3. Звіт з оцінки впливу на довкілля № 20181252331/8907 від 26.02.2019 р. Єдиний Реєстр ОВД. URL: <http://eia.menr.gov.ua/places/view/2331#wrap-table>
4. Звіт оцінки впливу на довкілля № 2018614992 від 31.07.2018 р. Єдиний Реєстр ОВД. URL: <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/992/reports/fbbe9306214702534dc15324645bbf61.pdf>
5. Звіт оцінки впливу на довкілля № 20191024604 від 02.12.2019 р. Єдиний Реєстр ОВД. URL: <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/4604/reports/05ea941992758231a475746e9ad6f7e4.pdf>
6. Пилипович О. В., Ковальчук І. П. Геоекологія річково-басейнової системи верхнього Дністра. Львів-Київ: ЛНУ ім. І. Франка, 2017. 284 с.
7. Павелко А., Сиротюк М. Екологічні ризики в гідроенергетиці. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр.* 2014. Вип. 45. С. 178–184. URL: <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/geography/article/view/1163>
8. Wytuczne do uwarunkowan rozwoju hydroenergetyki w obszarze dzialania RZGW w Krakowie / red. G. Mazurkiewicz-Boroń. Krakow, 2010. URL: [http://www.krakow.rzgw.gov.pl/wodypolskie\\_old/](http://www.krakow.rzgw.gov.pl/wodypolskie_old/)
9. National Wild and Scenic Rivers System. URL: <https://rivers.gov/alaska.php>
10. Ободовський О., Данько К., Почаєвець О., Ободовський Ю. Методика встановлення гідроенергетичного потенціалу річок (на прикладі річок Українських Карпат). *Вісн. Київ. націон. ун-ту ім. Т. Шевченка.* 2016. Вип. 1 (64). С. 5–12. <http://doi.org/10.17721/1728-2721.2016.64.1>
11. Микітчак Т. І., Штупун В. П. Вплив функціонування Явірської ГЕС на угруповання безхребетних гідробіонтів р. Стрий (Українські Карпати). *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.* 2017. Вип. 76. С. 77–86. URL: <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/biology/article/view/8012>



12. Пилипович О., Іванов Є. Природно-географічні і гідрологічні обмеження щодо будівництва об'єктів малої гідроенергетики в Українських Карпатах. *Міждисциплінарні інтеграційні процеси у системі географічної та екологічної науки: матер. міжнарод. наук.-практ. конф.* Тернопіль, 2019. С. 106–109.

### References

1. Vovchak V., Teslenko O., Samchenko O. (2018). Small hydropower Ukraine. Analytical Review. Vol. 1. Retrieved from <http://energyukraine.org/wp-content/uploads/2018/05/Otchet-MGES1.pdf> (in Ukrainian).
2. Afanasyev, S. O. (Ed.). (2019). Scientific and methodological recommendations for the preparation of the EIA report for the construction of a small hydroelectric power station (Methodical manual). Kyiv (in Ukrainian).
3. Environmental Impact Assessment Report No. 20181252331/8907. (2019). Unified Register of EIA. Retrieved from <http://eia.menr.gov.ua/places/view/2331#wrap-table> (in Ukrainian).
4. Environmental Impact Assessment Report No. 2018614992. (2018). Unified Register of EIA. Retrieved from <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/992/reports/fbbe9306214702534dc15324645bbf61.pdf> (in Ukrainian).
5. Environmental Impact Assessment Report No. 20191024604. (2019). Unified Register of EIA. Retrieved from <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/4604/reports/05ea941992758231a475746e9ad6f7e4.pdf> (in Ukrainian).
6. Pylypovych, O. V. & Kovalchuk, I. P. (2017). Geoecology of the Upper Dniester River Basin System. Lviv-Kyiv: LNU (in Ukrainian).
7. Pavelko, A., & Syrotyuk, M. (2014). Environmental risks in hydropower industry. *Visnyk of L'viv University. Series Geography*, (45), 178–184. Retrieved from <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/geography/article/view/1163> (in Ukrainian).
8. Mazurkiewicz-Boroń G. (Ed.). ( Wytyczne do uwarunkowan rozwoju hydroenergetyki w obszarze dzialania RZGW w Krakowie. Krakow. Available at: [http://www.krakow.rzgw.gov.pl/wodypolskie\\_old](http://www.krakow.rzgw.gov.pl/wodypolskie_old) (in Poland).
9. National Wild and Scenic Rivers System. Retrieved from <https://rivers.gov/alaska.php>.
10. Obodovsky, O., Danko, K., Pochayets, O., & Obodovsky, Y. (2016) Methods of establishing the hydropower potential of rivers (on the example of the rivers of the Ukrainian Carpathians). *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography*. 1 (64), 5–12. <http://doi.org/10.17721/1728-2721.2016.64.1> (in Ukrainian).
11. Mykytchak, T. I., & Stupun, V. P. (2017). Influence of functioning of Yavirskaya hydroelectric power plant on the grouping of invertebrate hydrobionts of the river Stryi (Ukrainian Carpathians). *Visnyk of L'viv University. Biological Series*, (76), 77–86. Retrieved from <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/biology/article/view/8012> (in Ukrainian).
12. Pylypovych, O., & Ivanov, E. (2019). Natural-geographical and hydrological restrictions on the construction of small hydropower facilities in the Ukrainian Carpathians.. *Proceedings of the international scientific-practical conference dedicated to the 25th anniversary of the opening of the specialty "Ecology" at Ternopil National Pedagogical University: Interdisciplinary Integration Processes In The System Of Geographical And Ecological Science*, Ternopil, 106–109. (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 04.05.2020

Прийнята 22.05.2020

**І. В. ЗУБКОВИЧ**

*Рівненський державний гуманітарний університет*  
вул. С. Бандери 12, м. Рівне, 33028, Україна

e-mail: [zubkovych11@ukr.net](mailto:zubkovych11@ukr.net) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0641-2204>

**ОСОБЛИВОСТІ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ БАСЕЙНОВОЇ СИСТЕМИ  
ОЗЕРА ОЗЕРЯНСЬКЕ (ВОЛИНСЬКЕ ПОЛІССЯ)**

**Мета.** Розкрити особливості геоecологічного стану озерно-басейнової системи (ОБС) оз. Озерянське для потреб збалансованого природокористування.

**Методи.** Польові інструментальні, ландшафтно-геохімічні, геоінформаційні, лабораторно-аналітична діагностика проб ґрунтів, води та донних відкладів озера.

**Результати.** З'ясовано сучасний стан господарського освоєння водозбору оз. Озерянське. Представлено результати дослідження гідрохімічного складу води озера. Проаналізовано результати експериментів з визначенням вмісту та особливостей радіальної та латеральної міграції рухомих форм біогенних елементів ( $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ), важких металів ( $Co$ ,  $Pb$ ,  $Cd$ ,  $Cu$ ,  $Zn$ ,  $Mn$ ) на ландшафтній ґрунтово-геохімічній мікрокатені в межах водозбору озера. Зафіксовано незначне перевищення ГДК за вмістом  $Mn$  і  $Cd$  в ґрунтах мікрокатени. Особливістю латеральної міграції біогенних елементів є збільшення їх концентрації від елювіальної до супераквальної фації геохімічної мікрокатени, а радіальною – зменшення їх вмісту з глибиною ґрунтового профілю. Для рухомих форм важких металів ( $Co$ ,  $Pb$ ,  $Cd$ ,  $Cu$ ,  $Mn$ ) характерною особливістю є радіальна міграція – підвищення їхнього вмісту з глибиною ґрунтового профілю в горизонті (20-40 см), а далі в напрямку до материнської породи їх концентрація переважно зменшується.

**Висновки.** Встановлено, що водозбір оз. Озерянське відноситься до антропогенно-природного (IV) типу та має незадовільний геоecологічний стан. Для покращення геоecологічного стану водозбору доцільно поступово збільшувати площі екостабілізуючих угідь (луки, ліси, кормові угіддя); контролювати норми внесення мінеральних добрив та використання пестицидів, а також заборонити розорювання земель 50-100-метрової прибережної захисної смуги навколо озера.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** озерно-басейнова система, просторо-типологічна структура угідь, ландшафтна мікрокатена, гідрохімічні показники, міграція хімічних елементів

**Zubkovych I. V.**

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

**THE PECULIARITIES OF GEOECOLOGICAL STATE OF THE LAKE-BASIN SYSTEM OF  
OZERIANSKE LAKE (VOLYN POLESIA)**

**Purpose.** To reveal the peculiarities of geo-ecological status of the lake-basin system (LBS) of Ozerianske lake for the needs of a balanced nature management.

**Methods.** The research is based on methods of field instrumental landscape-geochemical searches using modern geoinformation technologies and laboratory-analytical diagnostics of soil, water and lake sediments.

**Results.** The current state of economic development of the catchment of Ozerianske lake has been clarified. The results of the research of the hydrochemical composition of lake water have been presented. The results of the experiments with the determination of the content and features of radial, lateral migration of mobile forms of biogenic elements ( $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ) and heavy metals ( $Co$ ,  $Pb$ ,  $Cd$ ,  $Cu$ ,  $Zn$ ,  $Mn$ ) on a landscape soil geochemical microcatena within the catchment area of a lake have been analyzed. A slight excess of MPC in the content of  $Mn$  and  $Cd$  in the soils of the microcatena has been fixed. The feature of lateral migration of biogenic elements is the increase of their concentration from the eluvial to the superequal facies of the geochemical microcatena, and the radial feature is the decrease of their content with the depth of the soil profile. Moving forms of heavy metals ( $Co$ ,  $Pb$ ,  $Cd$ ,  $Cu$ ,  $Mn$ ) are characterized by radial migration - increasing their content with the depth of the soil profile in the horizon (20-40 cm), and further towards the parent rock, their concentration mainly decreases.

**Conclusions.** It was established that the catchment area of Ozerianske lake refers to the anthropogenic-natural (IV) type and has unsatisfying geo-ecological status. In order to improve the geo-ecological status of the catchment area, it is advisable to gradually increase the area of ecostabilizing lands (meadows, forests, forage areas); to control the application of mineral fertilizers and pesticide use, and to prohibit the plowing of land by a 50-100-meter coastal protective strip around the lake.

**KEY WORDS:** lake-basin system, spatial-typological structure of lands, landscape microcatana, hydro-chemical indices, migration of chemical elements.

**Зубкович И. В.**

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

### **ОСОБЕННОСТИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАСЕЙНОВОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕРА ОЗЕРЯНСКОЕ (ВОЛЫНСКОЕ ПОЛЕСЬЕ)**

**Цель.** Осуществить оценку геоэкологического состояния озерно-бассейновой системы (ОБС) оз. Озерянское и раскрыть особенности процессов миграции биогенных элементов, тяжелых металлов в почвах ландшафтно-геохимической микрокатены в пределах ОБС.

Исследование основывается на **методах** полевых инструментальных ландшафтно-геохимических поисках по использованию современных геоинформационных технологий и лабораторно-аналитической диагностики проб почв, воды и донных отложений озера.

**Результаты.** Выяснено современное состояние хозяйственного освоения водосбора оз. Озерянское. Представлены результаты исследования гидрохимического состава воды озера. Проанализированы результаты экспериментов с определением содержания и особенностей радиальной и латеральной миграции подвижных форм биогенных элементов ( $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ), тяжелых металлов ( $Co$ ,  $Pb$ ,  $Cd$ ,  $Cu$ ,  $Zn$ ,  $Mn$ ) на ландшафтной почвенно-геохимической микрокатене в пределах водосбора озера. Зафиксировано незначительное превышение ПДК по содержанию  $Mn$  и  $Cd$  в почвах микрокатены. Особенностью латеральной миграции биогенных элементов является увеличение их концентрации от элювиальной к суперкальвальной фации геохимической микрокатены, а радиальной – уменьшение их содержания с глубиной почвенного профиля. Для подвижных форм тяжелых металлов ( $Co$ ,  $Pb$ ,  $Cd$ ,  $Cu$ ,  $Mn$ ) характерно преобладание радиальной миграции – повышение содержания элементов с глубиной почвенного профиля в горизонте (20-40 см), а дальше по направлению к материнской породе их концентрация преимущественно уменьшается.

**Выводы.** Установлено, что водосбор оз. Озерянское относится к антропогенно-природному (IV) типу и имеет неудовлетворительное геоэкологическое состояние. Для улучшения геоэкологического состояния водосбора целесообразно постепенно увеличивать площади экостабилизирующих угодий (луга, леса, кормовые угодья) контролировать нормы внесения минеральных удобрений и использование пестицидов, а также запретить распашку земель 50-100-метровой прибрежной защитной полосы вокруг озера.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** озерно-бассейновая система, пространственно-типологическая структура угодий, ландшафтная микрокатена, гидрохимические показатели, миграция химических элементов

### **Вступ**

Сучасний геоекологічний стан більшості водозборів озер Українського Полісся формується під посиленням антропогенним тиском. Техногенне навантаження аграрного сектору та промисловості на довкілля призводить до інтенсивного привнесення як біогенних хімічних елементів (мінеральні добрива) так і важких металів (пестициди) до природних ландшафтних комплексів. Потрапляючи у навколишнє середовище близько 90% важких металів (ВМ) акумулюються у ґрунтово-рослинному покриві. В ґрунтах хімічні елементи мігрують з вертикальним та горизонтальним рухом ґрунтової вологи, включаються до біогеохімічного кругообігу (мігрують ланками трофічних

ланцюгів), що в свою чергу створює потенційний екологічний ризик для живих істот та людини зокрема [1], а біогенні елементи потрапивши у водне середовище – пришвидшують процеси евтрофікації водойм. З огляду на вище означене сьогодні важливою проблемою є дослідження процесів міграції хімічних елементів в межах басейнових систем.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Після ухвалення Водної рамкової директиви ЄС [2], яка визначає основні принципи управління водними ресурсами та шляхи досягнення доброї якості води і безпечного стану водойм, особливої актуальності набули питання дослідження гео-

кологічного стану басейнових систем. Гео-екологічні дослідження ОБС ведуться багатьма українськими та зарубіжними вченими (С. Андрійчук, М. Борисов, М. Боярин, Б. Власов, Й. Гриб, Л. Ільїн, М. Клименко, І. Ковальчук, М. Ксенофонтова, Д. Лико, В. Мартинюк, М. Пасічник, В. Хільчевський, О. Якушко та інші). Наше дослідження ґрунтується на роботах з вивчення гео-екологічних проблем озерних систем Українського Полісся [3, 4], ГІС-моделювання агроландшафтів [5], оцінки латеральних та радіальних геохімічних процесів у межах водозборів річок [6] та озер [7], а також на власних ландшафтно-геохімічних пошуках у межах водозборів озер Волинського Полісся [8, 9, 10].

**Мета** – здійснити оцінку гео-екологічного стану ОБС оз. Озерянське та розкрити особливості процесів міграції біогенних елементів, важких металів у ґрунтах ландшафтно-геохімічної мікрокатени в межах водозбору.

Для реалізації поставленої мети визначені такі завдання:

- розкрити особливості просторово-типологічну структуру угідь ОБС водойми та визначити ступінь її господарського освоєння;
- здійснити гідрохімічну характеристику якості води озера;
- з'ясувати особливості міграції хімічних елементів в ґрунтах водозбору озера.

### Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження є басейнова система оз. Озерянське, а предметом – гео-екологічні процеси міграції хімічних елементів у межах ОБС. Дослідження проводилися в літні сезони 2018-2019 рр. у межах природно-територіальних комплексів (ПТК) водозбору озера, де переважають дерново-середньо- і сильнопідзолисті глеюваті супіщані та суглинкові ґрунти, дернові карбонатні ґрунти на елювії щільних карбонатних порід, торфово-болотні ґрунти та дерново-підзолисті вторинно насичені супіщані ґрунти.

Використовуючи польові матеріали, топографічні карти масштабу 1:10 000 (М-35-26-Г-в-3; М-35-26-Г-в-4), цифрову модель рельєфу (дані *SRTM*) у програмному середовищі *ArcMap 10.3* продукту ESRI, виділено поверхневий водозбір оз. Озерянське. На основі дешифрування космоснімків високої роздільної здатності та вибіркового польового дешифрування (з метою уточнення інформації в окремих випадках) [11] в програм-

ному середовищі *ArcMap 10.3* у межах водозбору, згідно з Класифікацією видів земельних угідь (КВЗУ) [12], виокремлено 14 типів земельних угідь (рис.1.б). У ході дослідження використовувались такі геоінформаційні операції як векторизація растрових зображень, перевірка топології та обчислення площ векторних об'єктів тощо.

За методикою [13], на схилі (6°) північно-західної експозиції водозбору, у межах орних угідь закладено ґрунтово-геохімічну мікрокатену (рис. 1. а) із чотирьох ґрунтових розрізів (далі ГР) у різних геохімічних фаціях (табл.1). Географічні координати ГР фіксували за допомогою GPS-навігатора *Garmin Oregon 650*. В ГР на різних горизонтах через кожні 20 см (від 5 до 60 см) відібрано за допомогою ріжучих циліндрів 3-повторностах (згідно ДСТУ 4287:2004) 36 зразків ґрунту та один зразок донних відкладів літоралі озера. З озера також відібрано воду (об'єм 4 дм<sup>3</sup>), відповідно до Інструкції з відбирання,

Таблиця 1

Схема закладання ландшафтно-геохімічної мікрокатени

Пункти відбирання зразків ґрунту	Тип ґрунту	Географічні координати (WGS 84)	Ландшафтна геохімічна фація
Ґрунтовий розріз № 1	дернові карбонатні на елювії щільних карбонатних порід	51°01'33.82" пн. ш., 24°48'41.08" сх. д	елювіальна
Ґрунтовий розріз № 2		51°01'34.25" пн. ш., 24°48'40.23" сх. д	транселювіальна
Ґрунтовий розріз № 3		51°01'34.80" пн. ш., 24°48'39.21" сх. д	елювіально-аккумулятивна (з процесами вимивання)
Ґрунтовий розріз № 4	торфово-болотні	51°01'35.06" пн. ш., 24°48'38.67" сх. д	супераквальна
Донні відклади (№ 5)	сапропель	51°01'35.72" пн. ш., 24°48'37.37" сх. д	субаквальна

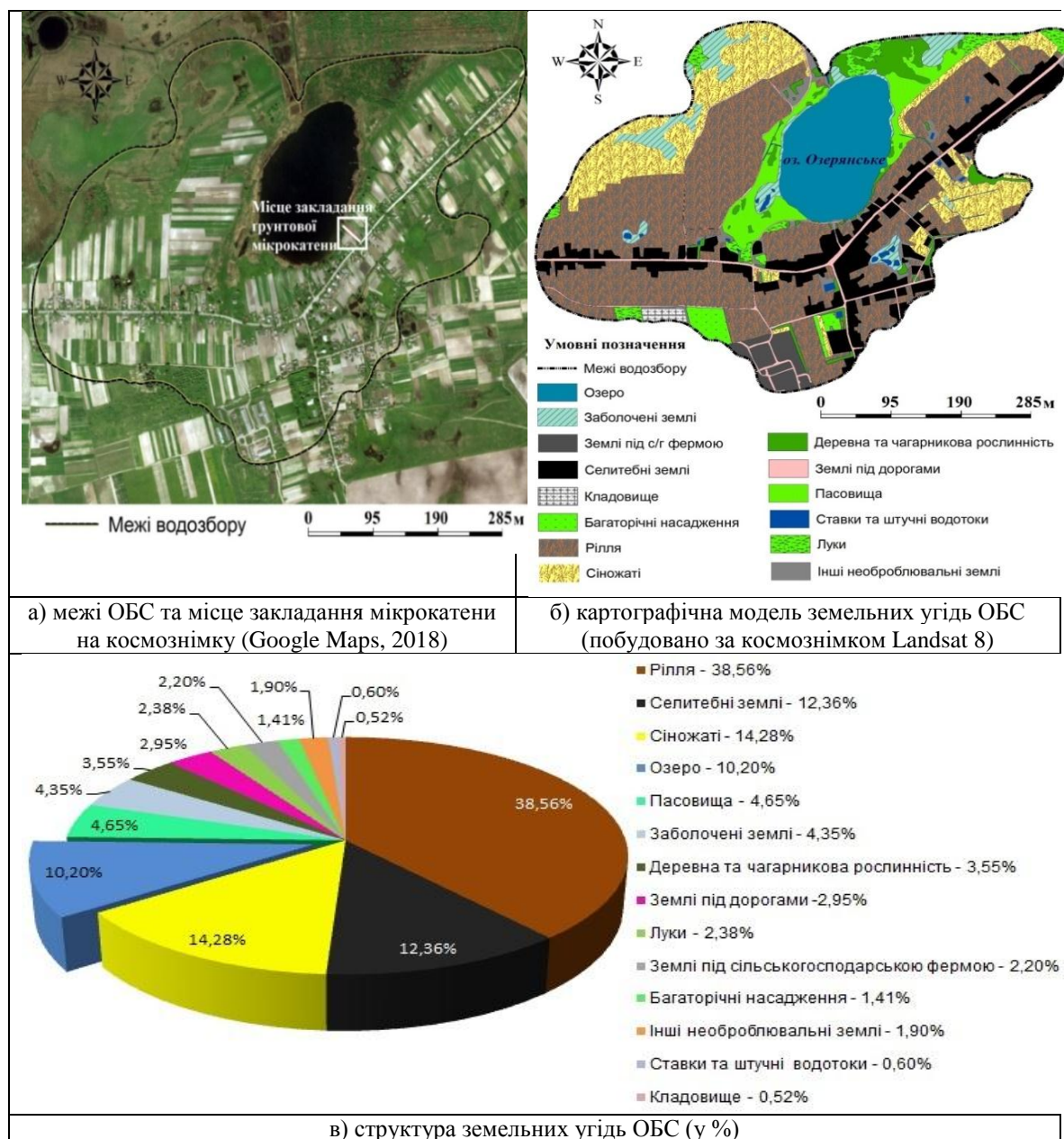


Рис. 1 – Модель просторово-типологічної структури угідь басейну оз. Озерянське

підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу гідрометеорологічними станціями і постами, затвердженої Наказом ДСНС України № 30 від 19.01.2016 р. [14].

Гідрохімічні аналізи проб води виконані у сертифікованій лабораторії ДУ «Рівненський обласний лабораторний центр МОЗ України». Аналіз зразків ґрунту здійснювався у лабораторії Рівненської філії ДУ «Інститут охорони родючості ґрунтів». Вміст гумусу визначався за методом І.В. Тюріна (ДСТУ 4289:2004), вміст лужногід-

ролізованого азоту в ґрунті за методом Корнфільда, вміст фосфору та калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА (ДСТУ 4405:2005), показник рН сольової витяжки ґрунтового розчину за ДСТУ ISO 10390-2007. Лабораторна діагностика рухомих форм важких металів (далі ВМ) здійснювалася ацетатно-амонійним буферним розчином рН 4,8 (ДСТУ 4770.1-9:2007) [15]. Статистична обробка отриманого фактичного матеріалу здійснювалася стандартними програмами Microsoft Excel.

**Результати дослідження**

Озеро Озерянське (51°01'39" пн. ш., 24°48'31" сх. д.) розташоване у південно-західній частині фізико-географічної області Волинського Полісся й приурочене до Турійсько-Рожищенського ландшафтного району. Озеро стічне, з північної частини озера витікає каналізований струмок. Площа озера складає 0,17 км<sup>2</sup> (довжина – 0,62 км, максимальна ширина – 0,39 км), довжина берегової лінії озера – 1,63 км. Глибина озера коливається від 1,0 до 7,5 м. Площа водозбору – 1,73 км<sup>2</sup>. Водойма є складовою Озерянського загальнозоологічного заказника площею 2736,0 га, який знаходиться у межах землеволодіння Озерянської сільської ради (1411,0 га) Турійського адміністративного району Волинської області. Головними землекористувачами є ДП «Турійське лісове господарство» (1325,0 га) та Радовичівське лісництво. Заказник утворений за рішенням Волинської обласної ради народних депутатів від 21.10.1991, № 226 [16].

Загальна структура використання земель водозбору виглядає так: *лісистість* (сумарна площа лісів, лісосмуг, деревної та чагарникової рослинності) – 3,55%; *природний стан угідь* (болота, землі зайняті водними об'єктами, ліси природного та штучного походження, захисні водоохоронні насадження, відкриті піски, заповідні території, пасовища, сіножаті, перелоги) – 41,4%; *сільськогосподарська освоєність* (рілля, багаторічні насадження, сінокоси, пасови-

ща, перелоги, присадибні землі) – 58,9%; *розораність* (рілля та присадибні землі) – 38,56%; *селитебні території* (площа земель, яка зайнята населеними пунктами, об'єктами промисловості, транспорту, зв'язку тощо) – 18,03%. Більш детально частка земельних угідь водозбору озера наведена на рис.1.в.

*Коефіцієнт господарського освоєння*  $K_{ГО}$  водозбору визначали за методикою [8], як відношення площ антропогенно-трансформованих угідь ( $S_{АТУ}$ ) до площ еко-стабілізуючих угідь ( $S_{ЕСУ}$ ):

$$K_{ГО} = \frac{S_{АТУ}}{S_{ЕСУ}} = \frac{134,7073 \text{ га}}{39,0848 \text{ га}} = 3,44$$

де  $S_{АТУ}$  – селитебні землі, дороги, землі під с/г фермою, орні землі, пасовища, сіножаті, перелоги, сади, ставки;  $S_{ЕСУ}$  – ліси, луки, заболочені землі, водні об'єкти, відкриті піски та інші не оброблювальні землі.

*Ступінь господарського освоєння водозбору ( $K_{ГО}$ ):* <0,1 – дуже низький, 0,1-0,25 – низький; 0,26-0,50 – середній; 0,51-0,75 – підвищений; 0,76-1,0 – високий; 1,1-1,5 – дуже високий, > 1,6 – надзвичайно високий.

Ступінь порушення геоecологічної рівноваги за співвідношенням АТУ:ЕСУ розраховували за допомогою модифікованої шкали (табл.2).

**Таблиця 2**

**Модифікована шкала для оцінки геоecологічного стану водозборів озер [8]**

Категорії	Тип водозбору (за Ф. Мільковим)	Питома вага угідь, % до їх сумарної площі		Геоecологічний стан
		АТУ	ЕСУ	
0	природний	≤ 5,0	≥ 95,0	еталонний
I		5,1-20,0	94,9-80,0	оптимальний
II	природно-антропогенний	20,1-40,0	79,9-60,0	добрий
III		40,1-55,0	59,9-45,0	задовільний
IV	антропогенно-природний	55,1-80,0	44,9-20,0	незадовільний
V	антропогенний	> 80,1	< 19,9	критичний

За критерієм співвідношення АТУ:ЕСУ водозбір оз. Озерянське характеризується незадовільним геоecологічним станом (відноситься до IV типу господарського освоєння, оскільки АТУ становить 77,53%, ЕСУ – 22,47%). Ступінь господарського освоєння водозбору є *надзвичайно високий* (3,44).

Важливою складовою в оцінці геоecологічного стану ОБС є гідрохімічна характеристика показників якості водойми. Аналіз води здійснювався за трьома блоками

показників: сольового складу, трофо-сапробіологічного та специфічними показниками токсичної дії (табл.3).

За вище наведеними показниками вода озера відповідає нормативам встановленим для води питного призначення для споживання людиною. Щодо нормативів встановлених для водойм рибогосподарського призначення нами зафіксовано перевищення ГДК за блоком специфічних показників токсичної дії: за показниками рухомих форм

Таблиця 3

## Гідрохімічні показники оз. Озерянське (станом на 24.08.2018)

№ з/п	Показник	ГДК*	ГДК**	Результати аналізу
А. Показники сольового складу				
1	Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	<300	≤1000	220,3
2	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	300	250	36,6
3	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	100	250	26,7
Б. Трофо-сапробіологічні показники				
1	Прозорість, м	>1,5	>1,0	3,5
2	pH	6,5-8,5	6,5- 8,5	7,0
3	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	0,5	0,5	<0,05
4	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	40	50	<6,65
5	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	0,08	0,5	0,013
6	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мгP/дм <sup>3</sup>	2,14	3,5	< 0,01
С. Специфічні показники токсичної дії				
1	Мідь (рухомі форми), мг/дм <sup>3</sup>	0,001-0,01	1,0	0,007
2	Цинк (рухомі форми), мг/дм <sup>3</sup>	0,01	1,0	0,015
3	Кадмій (рухомі форми), мг/дм <sup>3</sup>	0,005	0,001	0,0014
4	Плюмбум (рухомі форми), мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,004
5	Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,2	0,16

\*ГДК для водойм рибогосподарського призначення [17], \*\*ГДК для води питної призначеної для споживання людиною [18].

міді (перевищення у 7 разів), рухомих форм цинку (у 1,5 рази), заліза загального (у 1,6 рази). Більш детально гідрохімічні характеристики озера наведені у табл. 3.

Наступним найважливішим етапом з оцінки геоecологічного стану ОБС є дослідження процесів міграції біогенних речовин, оскільки підвищений вміст останніх в донних відкладах та у воді спричиняє до швидких темпів евтрофікації водойми.

Агрохімічний аналіз ґрунтів ландшафтної мікрокатени водозбору озера показав, що вміст гумусу в дерново-карбонатних ґрунтах (ГР № 1, 2, 3) коливається від *дуже низького* (0,9%) до *дуже високого* (6,5%), а на торфо-болотних ґрунтах (ГР № 4) є *підвищенням* (горизонт 40-60 см – 3,9%) та *дуже високим* у горизонтах (0-20 см –14,3%, 20-40 см –5,6%). Нами зафіксовано високий вміст гумусу в горизонтах (0-40 см), що свідчить про формування техногенного та органосорбційного геохімічного бар'єру [1] у поверхневих шарах ґрунтів мікрокатени, який сприяє закріпленню ВМ. В донних відкладах озера також зафіксовано *дуже високий* вміст гумусу (14,1%). В усіх горизонтах мікрокатени прослідковується збільшення вмісту гумусу в напрямку від елювіальної (ГР № 1) до супераквальної (ГР № 4) геохімічної фації (рис. 2).

Реакція ґрунтового розчину в основному змінюється від *слаболужної* (ГР № 1) в горизонтах 0-20 см, 20-40 см – pH = 7,2-7,3) до *дуже сильнолужної* (ГР № 2) горизонт 40-60 см, pH = 8,6, а в донних відкладах – *середньолужна* pH = 7,9. Ґрунти мікрокатени мають високу буферність щодо підкислення. Більш детально зміну реакції ґрунтового розчину показано на рис.2.

Розглянемо особливості міграції рухомих форм біогенних хімічних елементів в ґрунтово-геохімічній мікрокатені (рис. 3). Встановлено, що в ґрунтах мікрокатени зменшення середнього вмісту рухомих форм біогенних елементів (мг/100 г) розташовуються у такій послідовності:  $P_2O_{5(45,6)} > N_{(14,5)} > K_2O_{(6,1)}$ .

Вміст легкогідролізованого азоту (N) в мікрокатені коливається в широких межах від *дуже низького* 2,5 мг/100 г до *високого* 63,8 мг/100 г, а в донних відкладах складає 12,9 мг/100 г (*низький*). Найбільше значення азоту зафіксовано у верхніх генетичних горизонтах (0-20 см, 20-40 см) усіх ГР, максимум виявлено в ГР № 4 (елювіально-аккумулятивна фація) – 63,8 мг/100 г (рис. 3). Спостерігається закономірність до зменшення концентрації рухомих форм N в нижчих горизонтах ґрунтового профілю. Особливістю латеральної міграції вмісту N.

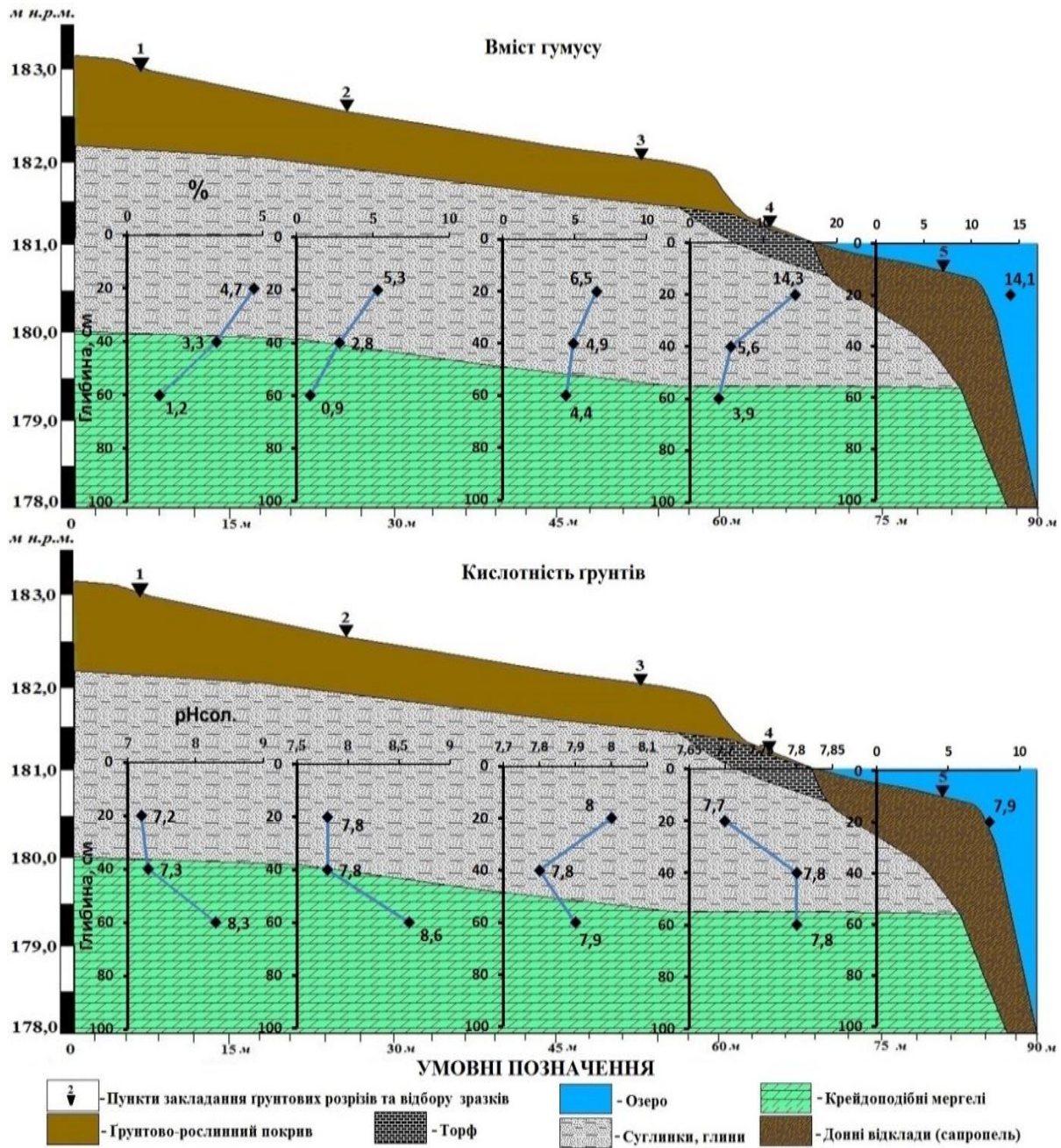


Рис. 2 – Модель ґрунтово-геохімічної мікрокатени водозбору оз. Озерянське, яка відображає вміст гумусу та реакцію ґрунтового розчину ( $pH_{sol}$ ) на різних горизонтах

є збільшення його концентрації на усіх горизонтах (0-60 см) від елювіальної до супераквальної геохімічної фації мікрокатени.

Кореляційний зв'язок  $N$  з гумусом середній ( $r = 0,73$ ), з фосфором ( $r = -0,18$ ) та калієм ( $r = -0,03$ ) – зв'язку практично немає; а з вмістом  $Cu$  ( $r = -0,56$ ),  $Mn$  ( $r = -0,58$ ),  $Cd$  ( $r = -0,58$ ) – кореляція обернено середня.

Вміст фосфору ( $P_2O_5$ ) в ґрунтах змінюється в інтервалі від середнього 8,8 мг/100 г до дуже високого 80,6 мг/100 г, а в донних відкладах складає 10,2 мг/100 г (підвищений). Максимальна концентрація фосфору виявлена в ГР №1 (0-20 см) – 80,3 мг/100 г та

ГР № 3 (0-20 см) – 80,6 мг/100 г. В ГР №1-3 (дерново-карбонатний ґрунт) концентрація  $P_2O_5$  зменшується з глибиною ґрунтового профілю в напрямку до материнської породи, а в ГР № 4 (торфо-болотний ґрунт) навпаки спостерігається незначне підвищення його вмісту з глибиною від 23,8 до 32, 2 мг/100 г. Особливістю латеральної міграції вмісту  $P_2O_5$  є збільшення його концентрації на усіх горизонтах (0-60 см) від елювіальної до елювіально-аккумулятивної геохімічної фації мікрокатени. Кореляційний зв'язок фосфору з калієм середній ( $r = 0,58$ ).



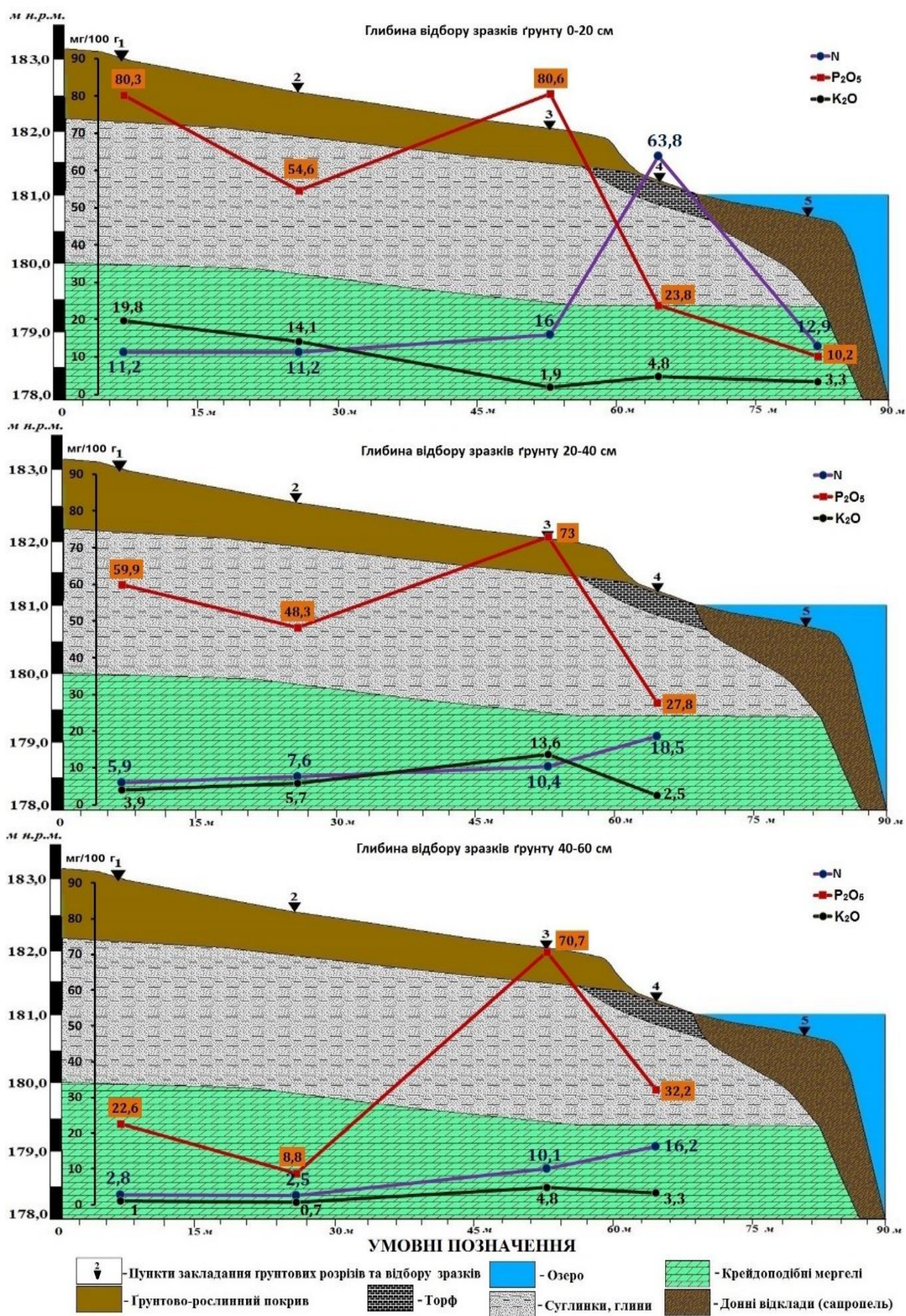


Рис. 3 – Модель ґрунтово-геохімічної мікрокатени водозбору оз. Озеряньське, яка відображає латеральну міграцію рухомих форм біогенних елементів ( $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ) на різних горизонтах

Концентрація калію ( $K_2O$ ) в ґрунтових зразках коливаються в діапазоні 0,7–19,8 мг/100 г, а в сапропелі озера складає 3,3 мг/100 г. Високий вміст  $K_2O$  зафіксовано в ГР №1 (0-20 см) – 19,8 мг/100 г. Вміст  $K_2O$  в усіх ГР геохімічної мікрокатени зменшується в напрямку до материнської породи. Особливістю латеральної міграції вмісту калію є збільшення його концентрації на горизонтах (20-60 см) від елювіальної до елювіально-аккумулятивної геохімічної фації мікрокатени. Встановлено середній кореляційний зв'язок калію з  $Zn$  ( $r = 0,62$ ).

Особливе значення в оцінці геоекологічних процесів ОБС має міграції важких металів (рис. 4-5). Результати дослідження показали, що зменшення середнього вмісту рухомих форм важких металів в ґрунтах (мг/кг) мікрокатени розташовуються у такій послідовності:

$Mn_{30,46} > Pb_{3,36} > Zn_{1,49} > Co_{1,22} > Cu_{0,61} > Cd_{0,44}$ .

Розглянемо більш детально особливості радіальної міграції рухомих форм  $Co$ ,  $Pb$ ,  $Cd$  у ГР геохімічної мікрокатени (рис. 4).

Розподіл вмісту рухомих форм  $Co$  у ГР знаходиться в межах від 0,18 до 2,0 мг/кг (при ГДК = 5,0 мг/кг), а в донних відкладах складає 0,39 мг/кг. Найвищий вміст  $Co$  зафіксовано у нижніх горизонтах ГР № 2 (20-40 см) – 2,0 мг/кг та №1 (40-60 см) – 1,91 мг/кг. Виявлено, що в усіх ГР з глибиною ґрунтового профілю концентрація вмісту  $Co$  збільшується (горизонт 20-40 см), а далі в напрямку материнської породи – зменшується. Виняток ГР № 1 в якому концентрація  $Co$  зростає від горизонту 0-20 см в напрямку аж до материнської породи. Вміст  $Co$  у всіх горизонтах мікрокатени корелює з вмістом гумусу ( $r = -0,70$ ),  $Cu$  ( $r = 0,94$ ),  $Pb$  ( $r = 0,93$ ),  $Cd$  ( $r = 0,94$ ) та в горизонті 0-20 см з  $Zn$  ( $r = 0,92$ ).

Вміст рухомих форм  $Pb$  у ГР мікрокатени коливається в межах від 1,38 до 4,97 мг/кг (при ГДК = 6,0 мг/кг), а в донних відкладах озера становить 0,95 мг/кг. Найвищий вміст  $Co$  зафіксовано в ГР № 1 (0-20 – 3,88 мг/кг; 20-40 см – 4,97 мг/кг; 40-60 см – 4,2 мг/кг) та № 2 (0-20 см – 4,31 мг/кг; 20-40 см – 4,19 мг/кг; 40–60 см – 4,47 мг/кг). Вміст  $Pb$  у всіх горизонтах мікрокатени корелює з вмістом гумусу ( $r = -0,75$ ),  $Cu$  ( $r = 0,97$ ),  $Co$  ( $r = 0,93$ ),  $Cd$  ( $r = 0,98$ ) та в горизонті 0-20 см з  $Zn$  ( $r = 0,85$ ).

Розподіл рухомих форм  $Cd$  у ґрунтових розрізах варіює у межах 0,13–0,73 мг/кг (при ГДК = 0,7 мг/кг), вміст в донних відкладах – 0,09 мг/кг. Підвищений вмісту  $Cd$  зафіксовано у нижніх горизонтах ГР № 1 (в горизонті 20-40 см – незначне перевищення ГДК 0,73 мг/кг; 40-60 см – 0,59 мг/кг), ГР № 2 (20-40 см – 0,61 мг/кг; 40-60 см – 0,65 мг/кг). Перевищення ГДК вмісту рухомих форм  $Cd$  у даному водозборі ми пов'язуємо з тим, що землевласник застосовує пестициди та мінеральні (фосфатні) добрива. Радіальний розподіл рухомих форм  $Cd$  в ГР мікрокатени має властивість до збільшення вмісту в горизонті 20-40 см, а далі у напрямку до материнської породи вміст  $Cd$  зменшується. Вміст  $Cd$  у всіх горизонтах мікрокатени корелює з вмістом гумусу ( $r = -0,75$ ),  $Cu$  ( $r = 0,95$ ),  $Co$  ( $r = 0,94$ ),  $Pb$  ( $r = 0,98$ ) та в горизонті 0-20 см з  $Zn$  ( $r = 0,84$ ).

Розглянемо особливості радіальної міграції рухомих форм  $Cu$ ,  $Zn$ ,  $Mn$  у ГР ландшафтно-геохімічної мікрокатени (рис. 5).

Розподіл рухомих форм  $Cu$  у ґрунтових розрізах знаходиться у межах від 0,16 до 0,95 мг/кг (при ГДК = 3,0 мг/кг), а в донних відкладах озера складає 0,09 мг/кг. Найвищі показники вмісту  $Cu$  виявлено в ГР № 1 (20-40 см – 0,84 мг/кг, 40-60 см – 0,95 мг/кг), ГР № 2 (0-20 см – 0,87 мг/кг; 20-40 см – 0,83 мг/кг). В усіх ГР прослідковується підвищений вмісту  $Cu$  в горизонті 20-40 см у порівнянні з верхнім горизонтом (0-20 см), винятком є розріз №1 в якому збільшення вмісту  $Cu$  продовжується з глибиною ґрунтового профілю у напрямку до материнської породи. Вміст  $Cu$  у всіх горизонтах мікрокатени корелює з вмістом гумусу ( $r = -0,74$ ),  $Co$  ( $r = 0,94$ ),  $Pb$  ( $r = 0,97$ ),  $Cd$  ( $r = 0,95$ ) та в горизонті 0-20 см з  $Zn$  ( $r = 0,89$ ).

Розподіл рухомих форм  $Zn$  у ґрунтових пробах варіює в межах від 0,32 до 6,65 мг/кг (при ГДК = 23,0 мг/кг), а в донних відкладах озера концентрація становить 0,46 мг/кг. Найвищий вміст  $Zn$  зафіксовано в ГР № 2 (0-20 см) – 6,65 мг/кг. Вміст  $Zn$  в усіх ГР мікрокатени концентрується у верхньому горизонті (0-20 см), а далі в напрямку до материнської породи його вміст зменшується. Вміст  $Zn$  в горизонті (0-20 см) корелює з вмістом  $Cu$  ( $r = 0,89$ ),  $Co$  ( $r = 0,92$ ),  $Pb$  ( $r = 0,85$ ),  $Cd$  ( $r = 0,84$ ) та в горизонті (20-40см) з  $Mn$  ( $r = 0,96$ ).

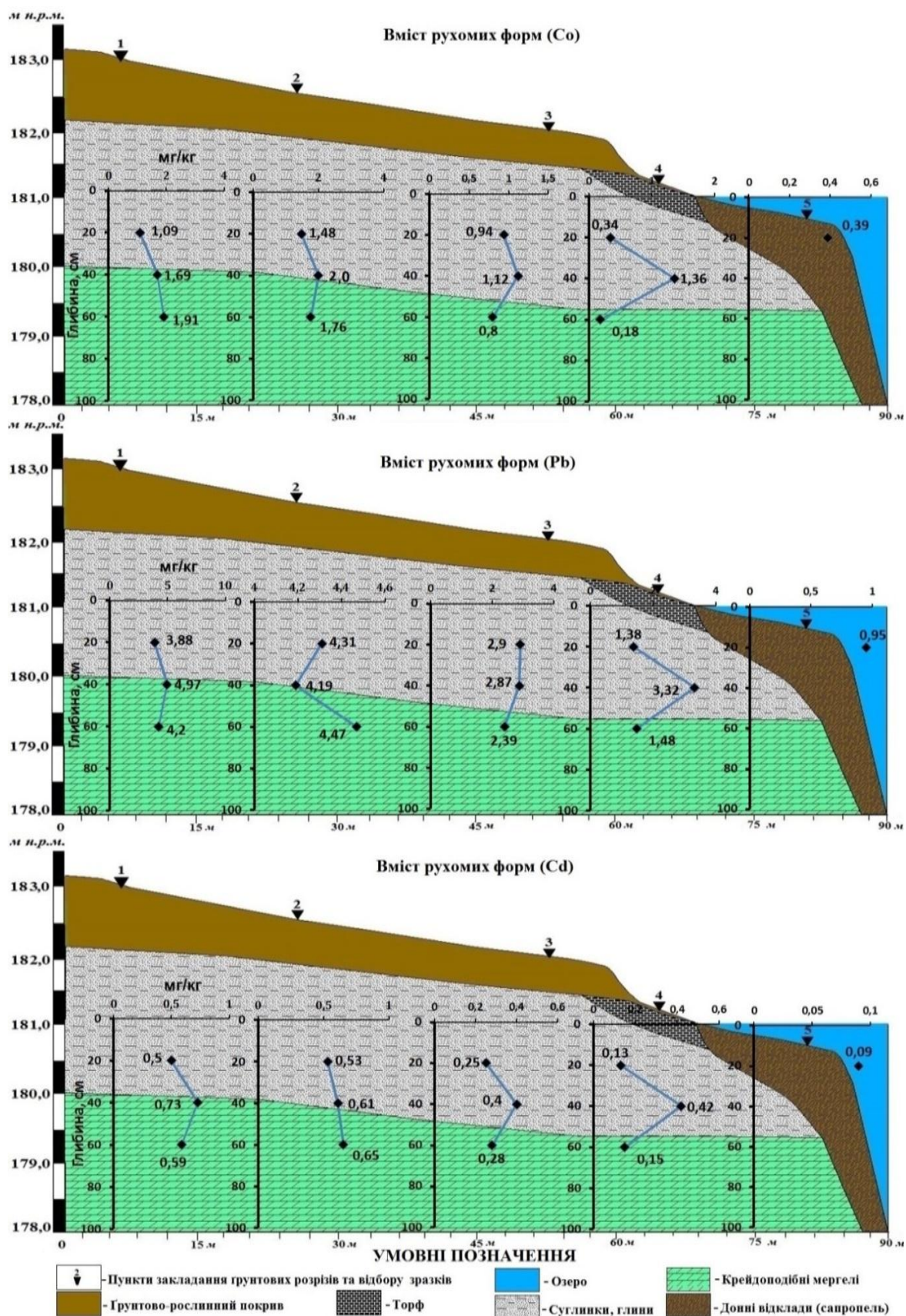


Рис. 4 – Модель ґрунтово-геохімічної мікрокатени водозбору оз. Озерянське, яка відображає радіальну міграцію рухомих форм важких металів (Co, Pb, Cd)

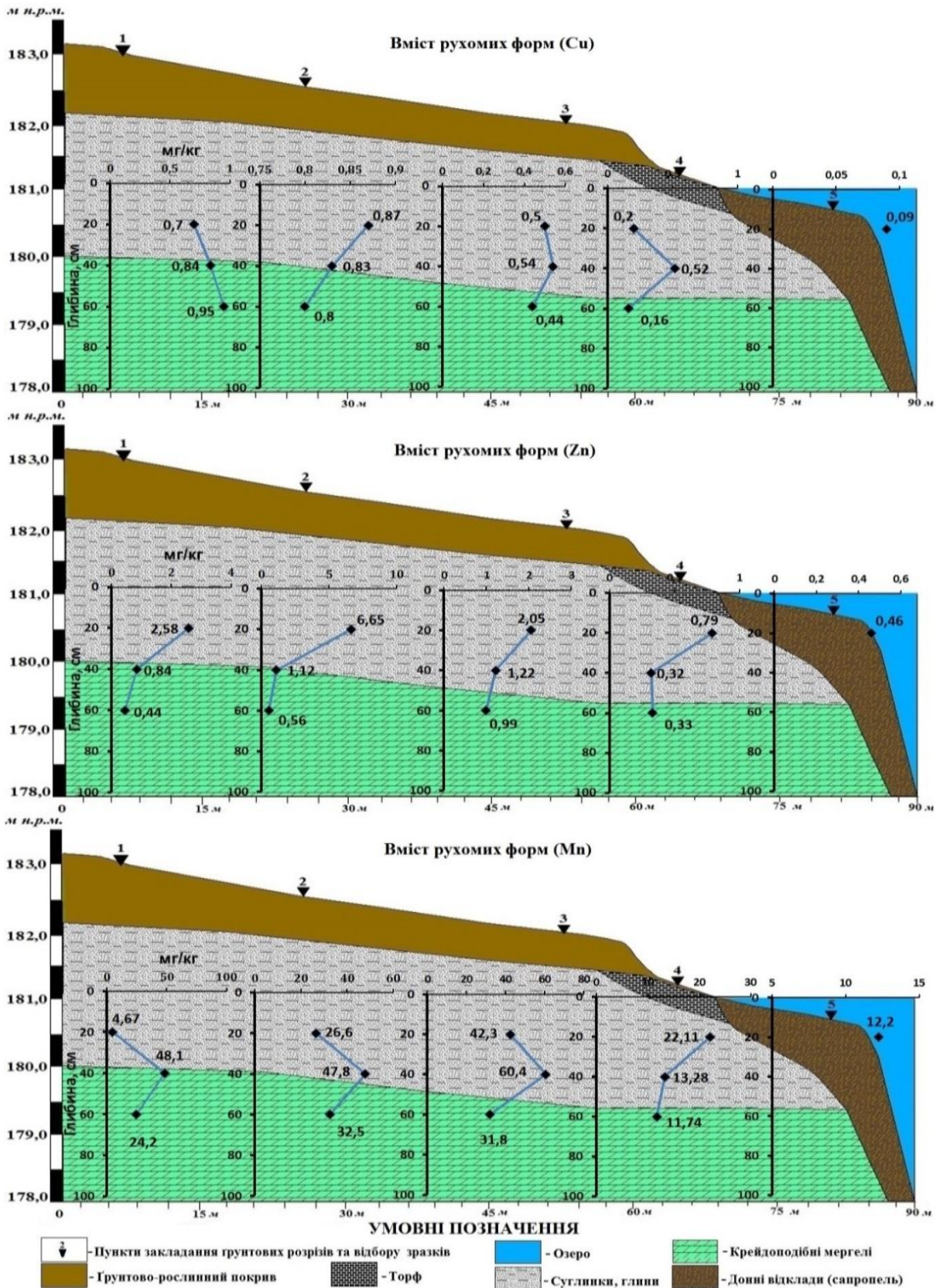


Рис. 5 – Модель геохімічної мікрокатени водозбору оз. Озеряньське, яка відображає радіальну міграцію рухомих форм важких металів (Cu, Zn, Mn)

Розподіл рухомих форм *Mn* у ґрунтових зразках варіює у досить широких межах від 4,67 до 60,4 мг/кг (при ГДК = 50,0 мг/кг), а вміст у донних відкладах становить 12,2 мг/кг. Перевищення ГДК вмісту *Mn* виявлено в ГР № 3 в горизонті (20-40 см) – 60,4 мг/кг. В усіх ГР зафіксовано підвищення вмісту *Mn* з глибиною ґрунтового профілю, максимум зафіксовано в горизон-

тах 20-40 см. Винятком є розріз № 4 в якому навпаки концентрація *Mn* зменшується в напрямку до материнської породи. На всіх ґрунтових горизонтах (0-20 см; 20-40 см, 40-60 см) спостерігається латеральна міграція *Mn* від елювіальної до елювіально-аккумулятивної фації мікрокатени. Вміст *Mn* в горизонті (20-40 см) мікрокатени корелює з вмістом *Zn* ( $r = 0,96$ ).

### Висновки

Встановлено, що водозбір оз. Озерянське відноситься до антропогенно-природного (IV) типу та має незадовільний геоекологічний стан (оскільки АТУ становить 77,53%, ЕСУ – 22,47%). Ступінь господарського освоєння водозбору є надзвичайно високий і відповідає коефіцієнту 3,44.

Результати хімічного аналізу ґрунтів в ландшафтно-геохімічній мікрокатені в межах водозбору озера показали, що зменшення середнього вмісту рухомих форм біогенних елементів в ґрунтах (мг/100 г) розташовуються у такій послідовності:  $P_2O_{5(45,6)} > N_{(14,5)} > K_2O_{(6,1)}$ . Спостерігається закономірність до зменшення концентрації рухомих форм *N*,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  в нижчих горизонтах ґрунтового профілю, виняток ГР № 4, де вміст фосфору ( $P_2O_5$ ) навпаки збільшується. Особливістю латеральної міграції біогенних елементів є збільшення їх концентрації від елювіальної до супераквальної фації геохімічної мікрокатени. В донних відкладах зафіксовано підвищений вміст рухомих форм фосфору та азоту. В майбутньому будуть пришвидшуватися процеси заростання макрофітами літоральної частини водойми.

Результати хімічного аналізу ґрунтів показали, що зменшення середнього вмісту рухомих форм важких металів в ґрунтах (мг/кг) розташовуються у такій послідовності:  $Mn_{30,46} > Pb_{3,36} > Zn_{1,49} > Co_{1,22} > Cu_{0,61} > Cd_{0,44}$ . Зафіксовано в горизонті 20-40 см перевищення ГДК для рухомих форм *Cd* (ГР

№ 1 – 0,73 мг/кг) та *Mn* (ГР № 3 – 60,4 мг/кг). Встановлено на усіх горизонтах ґрунтового профілю мікрокатени дуже тісний кореляційні зв'язок рухомих форм ВМ:  $Cu \leftrightarrow Co$ ,  $Cu \leftrightarrow Pb$ ,  $Cu \leftrightarrow Cd$ ,  $Co \leftrightarrow Cd$ ,  $Co \leftrightarrow Pb$ ,  $Cd \leftrightarrow Pb$ . Встановлено наступні закономірності радіального розподілу: 1) стосовно рухомих форм ВМ (*Co*, *Pb*, *Cd*, *Cu*, *Mn*) спостерігається підвищення їхнього вмісту з глибиною ґрунтового профілю в горизонті (20-40 см), а далі в напрямку до материнської породи їх концентрація переважно зменшується (на такий розподіл ВМ в ГР ймовірно впливає технічний обробіток ґрунту та у цілому промивний тип водного режиму дерново-карбонатних ґрунтів); 2) вміст рухомих форм *Zn* зменшується з глибиною ґрунтового профілю у напрямку до материнської породи. Особливістю латеральної міграції рухомих форм ВМ в мікрокатені на горизонтах (0-20 см, 20-40 см, 40-60 см) є переважно підвищення вмісту ВМ у напрямку від елювіальної до транселювіальної геохімічної фації мікрокатени.

Для покращення геоекологічного стану території водозбору доцільно поступово збільшувати площі екостабілізуючих угідь (луки, ліси, кормові угіддя), вести «жорсткий» контроль щодо норм внесення мінеральних добрив та використання пестицидів, а також заборонити розорювання земель 50-100-метрової прибережної захисної зони навколо озера.

### 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. Тітенко Г.В., Кулик М.І. Гумусовий горизонт міських ґрунтів як геохімічний бар'єр в урболандшафті. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 1-2, 2012. С. 130-136. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/933>

2. EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Official Journal of the European Communities, 22.12.2000. L 327/1-72. URL: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF) (дата звернення: 01.04.2020)
3. Ковальчук І., Лыко Д., Мартынюк В. Геоэкологические проблемы озерных систем Украинского Полесья. «WaterLand-2016»: 1 st International Scientific Conference, 06-12 June. Kaunas: Akademija, Lithuania, 2016. P. 44-47. URL: <https://docplayer.ru/45701622-International-scientific-conference-waterland-international-scientific-conference-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya.html>
4. Мартинюк В. О. Оцінка геоecологічного стану природно-антропогенної озерно-басейнової системи. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія. 2018. №1. С. 137-146. URL: <http://geography.tnpu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/08/22.pdf>
5. Максименко, Н., Михайлова, К. Гіс-моделювання агроландшафтів для потреб ландшафтного планування. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2013, № 3-4, 94-104. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/1001>
6. Лико Д. В., Мартинюк В.О., Лико С. М., Осницька Н. О., Лисюк К. В. Геоecологічна оцінка міграції речовин у межах водозборів методом ґрунтових мікрокатен (на прикладі басейну річки Случ). Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Екологія. 2015. Вип. 13. С. 26-38. URL: <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/5532>
7. Мартинюк В. О. Моделювання процесів міграції речовин у басейнових геосистемах озер Волинського Полісся. Фізична географія та геоморфологія. 2012. Вип. 2 (66). С. 230-240.
8. Зубкович І., Мартинюк В., Андрійчук С. Оцінка геоecологічного стану басейнової системи озера Радожичі із застосуванням геоінформаційних технологій. Наук. вісник Східноєвропейського національного ун-ту імені Лесі Українки. Серія: Географічні науки. 2019. № 9 (393). С. 27-36.
9. Лико Д. В., Зубкович І. В., Мартинюк В. О., Лико С. М. Оцінка геоecологічних процесів у басейновій системі озера Острівське (Волинське Полісся). Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Сільськогосподарські науки». 2018. Вип. 2(82). С. 3-14.
10. Мартинюк В., Зубкович І., Андрійчук С. Оцінка геоecологічного стану озера Велике (Волинське Полісся). Наук. вісник Східноєвропейського національного ун-ту імені Лесі Українки. Серія: Географічні науки. 2018. № 10 (383). С. 38-45. URL: <http://esnuir.eenu.edu.ua/handle/123456789/15756>
11. Клещ А. А., Максименко Н. В., Понамаренко П. Р. Територіальна структура природокористування міста Харків. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. № 1-2 (27), 2017. С. 23-34. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/9168>
12. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру (додатки 2-57 до Порядку. Додаток 4. Перелік угідь згідно з Класифікацією видів земельних угідь (КВЗУ) Редакція від 31.12.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051%D0%B1-2012-%D0%BF> (дата звернення: 25.03.2020).
13. Лико Д. В., Мартинюк В.О., Лико С.М., Портухай О.І., Зубкович І.В. Метод ґрунтового-геохімічних катен у дослідженнях водозборів Волинського Полісся. Монографія. Рівнен. держ. гуманітар. ун-т. – Рівне: О. Зень, 2019. 140 с.
14. Інструкція з відбирання, підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу гідрометеорологічними станціями і постами. Затверджена Наказом ДСНС України від 19.01.2016 р. № 30. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030388-16> (дата звернення: 25.03.2020).
15. ДСТУ 4770.1-9:2007 Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю (цинку, кадмію, заліза, кобальту, міді, нікелю, хрому, свинцю) в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектроскопії. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 117 с. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=58849](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=58849)
16. Положення про загальнозоологічний заказник місцевого значення «Озерянський» Дата оновлення 20.02.2020. URL: <https://voladm.gov.ua/article/polozhennya-pro-zagalnozologichniy-zakaznik-miscevogo-znachennya-ozeryanskiy/> (дата звернення: 25.03.2020).
17. Гранично допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм: [№ 12-04-11 чинний від 09-08-1990]. К: Міністерство рибного господарства СРСР, 1990. 45 с.
18. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: ДСанПін 2.2.4.-171-10. Київ, 2010. (Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010, № 400). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення: 01.03.2020)

### References

1. Titenko, G. V. & Kulik, M. I. (2012). The humus horizon of urban soil as a geochemical barrier in the urban landscape. *Man and environment. Issues of neocology.* (1-2). 130-136. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/933> (in Ukrainian).

2. EU Water Framework Directive 2000/60/EC. (2000). Official Journal of the European Communities 22.12.2000. 327/1-72. Retrieved from [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF) (in English).
3. Kovalchuk, I., Lyko, D. & Martyniuk, V. (2016). Geocological problems of lake systems of Ukrainian Polesie. *WaterLand - 2016: 1st International Scientific Conference*, June 6-12. Kaunas: Academy, Lithuania. 44–47. Retrieved from <https://docplayer.ru/45701622-International-scientific-conference-waterland-international-scientific-conference-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya.html> (in Russian).
4. Martyniuk, V. O. (2018). Evaluation of geo-ecologically existing natural-technogenic lake-basin system. *Scientific Records of the Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk. Series: Geography. Ternopil*, (1), 137-146. Retrieved from <http://geography.tnpu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/08/22.pdf> (in Ukrainian).
5. Maksymenko, N. & Mykhailova, K. (2013). GIS-simulation of agricultural landscapes for the landscape planning. *Man and environment. Issues of neoecology*. (3-4), 94-104. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/1001> (in Ukrainian).
6. Lyko, D. V., Martyniuk, V. O., Lyko, S. M., Osnitskaya, N. O. & Lysyuk, K. V. (2015). Geocological assessment of migration of substances within catchments by soil microcatenos (on the example of the Sluch river basin). *Visnyk of the V.N Karazin Kharkiv National University Series Ecology*, 13, 26–38. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/5532> (in Ukrainian).
7. Martyniuk, V. O. (2012). Modeling of migration processes occurs in basin geosystems of Volyn Polissya lake. *Physical Geography and Geomorphology*, 2 (66). 230–240 (in Ukrainian).
8. Zubkovych, I., Martyniuk, V. & Andriichuk, S. (2019). An assessment of the geocological status of Radozhychi lake basin system using geoinformation technologies. *Visnyk of the East European Lesya Ukrainka National University. Series: Geographical Sciences*, (9 (393)), 27-36 (in Ukrainian)
9. Lyko, D. V., Zubkovich, I. V., Martyniuk, V. O. & Lyko, S. M. (2018). Evaluation of geocological processes in the basin system of Ostrovske Lake (Volyn Polissya). *Visnyk of the National University of Water and Nature Management. Agricultural Sciences Series*, 2 (82), 3-14 (in Ukrainian).
10. Martyniuk, V., Zubkovich, I. & Andriichuk, S. (2018). Estimation of the Geocological status of the Great Lakes (Volyn Polesie). *Science. Visnyk of the East European Lesya Ukrainka National University. Series: Geographical Sciences*, (10 (383)). 38–45. Retrieved from <http://esnuir.eenu.edu.ua/handle/123456789/15756> (in Ukrainian).
11. Klieshch, A. A., Maksymenko, N. V. & Ponomarenko, P. R. (2017). Territorial structure of nature management of Kharkiv city. *Man and environment. Issues of neoecology*. 27(1-2), 23-34. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/9168> (in Ukrainian).
12. On Approval of the Procedure for Maintaining the State Land Cadastre (Annexes 2-57 to the Procedure (2012). Annex 4. List of lands according to the Classification of Land Lands Types (CLPC) Revision dated 31.12.2019. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051%D0%B1-2012-%D0%BF> (in Ukrainian).
13. Lyko, D.V., Martyniuk, V. O., Lyko, S. M., Portukhai, O. I. & Zubkovych, I. V. (2019). *The method of soil-geochemical catenas in studies of catchments of Volyn Polesia*. Monograph. Rivne : Publisher O. Zen (in Ukrainian).
14. Instructions for sampling, preparation of water and soil samples for chemical and hydrobiological analysis by hydrometeorological stations and posts. (2016). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030388-16> (in Ukrainian).
15. NSU. (2007). Soil quality. Determination of manganese mobile compounds content in soil in buffered ammonium-acetate extract with pH 4,8 by atomic-absorption spectrophotometry. DSTU 4770.1:2007. [Effective 2009-01-01]. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine. Retrieved from [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=58849](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=58849) (in Ukrainian).
16. Regulations on the zoological reserve of the local value “Ozeriansky” (2019). Retrieved from <https://voladm.gov.ua/article/polozhennya-pro-zagalnozologichniy-zakaznik-miscevogo-znachennya-ozeryanskiy/> (in Ukrainian).
17. The marginal value of the indicator of water for the Ribodospodar waters (1990). *Zagalny lane GDK i OBRV shkidlivih rechinov for water and ribodospododskih waters: [No. 12-04-11 official code 09-08-1990]. K: Ministry of the Ribbon of the State of the USSR. 45. (in Ukrainian).*
18. State sanitary rules and rules "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption"(2010): DSanPin 2.2.4.-171-10. Kyiv. (Order of the Ministry of Health of Ukraine of May 12, 2010, No. 400). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 24.04.2020

Прийнята 22.05.2020

**О. В. БІРЮКОВ**, канд. геогр. наук, доц.

*Харківський гідрометеорологічний технікум ОДЕКУ*  
вул. Кооперативна, 10, Харків, 61003, Україна

e-mail: [alexbirukov@ukr.net](mailto:alexbirukov@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3486-5569>

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД У БАСЕЙНІ РІЧКИ УДИ

Відповідно Водної Рамкової Директиви Європарламенту і Ради ЄС, особливу актуальність мають роботи, які у практичних діях направлені на охорону, відновлення і раціональне використання водних ресурсів в Україні.

**Мета.** Визначення та встановлення закономірностей у часових та просторових змінах якості води у басейні річки Уди.

**Методи.** Статистичні, системний аналіз.

**Результати.** На всіх постах спостережень найбільше співвідношення концентрації до ГДК у таких сполук як: нітрити нафтопродукти, нітрити, мідь, залізо, заг., марганець, хром 6+, БСК-5, сульфати, цинк 2+. Найгірша якість води у басейні р. Уди у с. Хорошеве і с. Есхар, де ІЗВ відповідає V класу «брудна» вода. Відповідно до ІЗВ мод. якість води на більшості постів дорівнює III класу «помірне забруднення». Якість води, у гирловій ділянці р. Лопань та р. Немишлі за ІЗВ мод. відповідає IV класу «дуже забруднена». Високе значення ІЗВ мод. спостерігається на р. Уди у с. Хорошеве і с. Есхар – V клас «брудна» вода. За коефіцієнтом забрудненості  $\chi$ , з використанням пріоритетів, якість води на більшості постів річкової мережі Уди відповідає II класу «мале». На р. Уди, близь с. М. Данилівка, III клас «припустиме» забруднення. Гирлова ділянка річок Лопань та Уди, характеризується як «істотне» забруднення. Найгірша якість води спостерігається на посту р. Уди – с. Хорошеве «інтенсивне» забруднення. Без пріоритетів розрахунок коефіцієнта  $\chi$  показав значно гірші показники якості води. На більшості постів «припустиме» забруднення. Гирлова ділянка р. Немишлі характеризується як «істотне» забруднення. Якісний стан води р. Лопань можливо визначити як «інтенсивне» забруднення. Очікувано на постах на р. Уди у с. Хорошеве і с. Есхар, якість води V класу «катастрофічна».

**Висновки.** Встановлена якість води, за трьома показниками ІЗВ, ІЗВ мод. та коефіцієнта забрудненості  $\chi$  за багаторічний період, свідчить про негативний вплив міста Харкова на гідроекологічний стан річкової системи р. Уди. Зміни показників якості води відбуваються без будь яких часових закономірностей. Згідно із коефіцієнтом забрудненості  $\chi$ , якість води погіршується по довжині річок, крім ділянки на р. Уди – с. Хорошеве, де  $\chi$  кваліфікують як «катастрофічне». Далі по довжині річки с. Есхар, де якість води покращується, що обумовлено самоочищенням річки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** якість води, річка Уди, коефіцієнт забрудненості, комплексний індекс, ступень забрудненості води

**Biryukov A. V.**

*Kharkov Hydrometeorological College OSENU, Cooperative St., 10, Kharkiv, 61003, Ukraine*

### ASSESSMENT OF SURFACE WATER QUALITY IN THE UDY RIVER BASIN

According to the Water Framework Directive of the European Parliament and the Council of the EU, works aimed at the protection, restoration and rational use of water resources in Ukraine are of particular relevance.

**Purpose.** To determine and establish patterns, in temporal and spatial changes, of water quality in the Udy river basin.

**Methods.** Statistical, system analysis

**Results.** At all observation posts, the highest concentration ratio to MPC in such compounds as: nitrites, oil products, copper, iron, total., manganese, chromium 6, BOD5, sulfates, zinc 2+. The quality of the rivers on the border with the Russian Federation according to WPI corresponds to the “clean” class II. In the middle reaches of the rivers Udy, Lopan, Kharkov and the mouth of the Nemyshlya river, water quality deteriorates to class III “moderate pollution”. Water quality, in the estuary area of the river Lopan, class IV “contaminated”. Poor water quality in the river basin. Udy near the Khoroshevo village and the village of Eskhar, where the WPI



corresponds to the V class "polluted" water. According to the WPI mod water quality at most posts is equal to class III "moderate pollution". Water quality, in the estuary area of the Lopan river and the Nemyshlya river of the WPI mod corresponds to class IV "very polluted". A high value of the WPI mode is observed at Udy at Khoroshevo village and with Eskhar - V class "polluted" water. According to the pollution coefficient  $\chi$  using priorities, the water quality at most posts of the Udy river network corresponds to the "small" class II. On the Udy River near the village of M. Danilovka class III "moderate" pollution. The wellhead section of the Lopan and Udy rivers is characterized as "very polluted". Poor water quality is observed at the post of Udy River - the Khoroshevo village with "intensive" pollution. Without priorities, the calculation of the  $\chi$  coefficient showed significantly worse water quality indicators. At most posts, pollution is "moderate". Well section of the Nemyshlya river is characterized as "substantial" pollution. Qualitative condition of water of the river Lopan may be defined as "intensive" pollution. Expected at the posts on the Udy River near the village of Khoroshevo and the village of Eskhar, the water quality is V class "catastrophic".

**Conclusion.** Certain water quality, using the three methods of WPI, WPI mod. and the pollution coefficient  $\chi$  over a long period, indicates a significant environmental load of the city of Kharkov on the river system of the Udy river. Changes in water quality indicators occur without any temporary patterns. According to the pollution coefficient  $\chi$ , water quality deteriorates along the length of the rivers, except for the case on the river Udy - Khoroshevo village, where pollution is qualified as "catastrophic". Further along the length of the river is the Eskhar village, where water quality is improving, due to the self-cleaning of the river.

**KEY WORDS:** water quality, Udy river, pollution coefficient, complex index; degree of water pollution

**Бирюков А. В.**

*Харьковский гидрометеорологический техникум ОГЭКУ, ул. Кооперативная, 10, Харьков, 61003, Украина*

#### **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В БАССЕЙНЕ РЕКИ УДЫ**

Согласно Водной Рамочной Директиве Европарламента и Совета ЕС, особую актуальность имеют работы, которые в практических действиях направлены на охрану, восстановление и рациональное использование водных ресурсов Украины.

**Цель.** Определение и установление закономерностей, во временных и пространственных изменениях качества воды в бассейне реки Уды.

**Методы.** Статистические, системный анализ.

**Результаты.** На всех постах наблюдений наибольшее соотношение концентрации до ПДК в таких соединениях как: нитриты, нефтепродукты, медь, железо, общ., марганец, хром 6+, БПК<sub>5</sub>, сульфаты, цинк 2+. Качество рек на границе с Российской Федерацией по ИЗВ соответствует II классу «чистая». В среднем течении рек Уды, Лопань, Харьков и устье р. Немышля качество воды ухудшается до III класса «умеренное загрязнение». Качество воды, в устьевой области р. Лопань, IV класс «загрязненная». Плохое качество воды в бассейне р. Уды у с. Хорошево и с. Эсхар, где ИЗВ соответствует V классу «грязная» вода. Согласно ИЗВ мод., качество воды на большинстве постов равно III классу «умеренное загрязнение». Качество воды, в устьевой области р. Лопань и р. Немышля по ИЗВ мод. соответствует IV классу «очень загрязненная». Высокое значение ИЗВ мод. наблюдается на р. Уды у с. Хорошево и с. Эсхар - V класс «грязная» вода. По коэффициенту загрязнения  $\chi$ , с использованием приоритетов, качество воды на большинстве постов речной сети Уды соответствует II классу «малое». На р. Уды близ с. М. Даниловка III класс «допустимое» загрязнение. Устьевой участок рек Лопань и Уды, характеризуется как «существенное» загрязнение. Плохое качество воды наблюдается на посту р. Уды - с. Хорошево «интенсивное» загрязнение. Без приоритетов расчет коэффициента  $\chi$  показал значительно худшие показатели качества воды. На большинстве постов «допустимое» загрязнение. Устьевой участок р. Немышля характеризуется как «существенное» загрязнение. Качественное состояние воды р. Лопань возможно определить как «интенсивное» загрязнение. Ожидаемо на постах р. Уды у с. Хорошево и с. Эсхар качество воды V класса «катастрофическое».

**Выводы.** Определённое качество воды, по трем методам ИЗВ, ИЗВ мод. и коэффициента загрязнения  $\chi$  за многолетний период, свидетельствует о негативном влиянии города Харькова на гидроэкологическое состояние речной системы р. Уды. Изменения показателей качества воды происходят без каких-либо временных закономерностей. Согласно коэффициенту загрязнения  $\chi$  качество воды ухудшается по длине рек, кроме случая на р. Уды - с. Хорошево, где загрязнение квалифицируют как «катастрофическое». Далее по длине реки с. Эсхар, где качество воды улучшается, что обусловлено самоочищением реки.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** качество воды, река Уды, коэффициент загрязнения, комплексный индекс, степень загрязнения воды

#### **Вступ**

Екологічна політика Євросоюзу орієнтована на вдосконалення принципів управління водними ресурсами з метою поліпшення якісного стану всіх водних об'єктів,

збереження їх для майбутніх поколінь. Для вирішення цього складного питання у сфері водної політики прийнята Водна Рамкова Директива (ВРД) Європарламента і Ради ЄС

[1]. Відповідно до якої особливу актуальність мають роботи по впровадженню положень ВРД у практичних діях по охороні, відновленню і раціональному використанню водних ресурсів в Україні.

Річка Уди бере свій початок в одній із балок біля с. Бессонівка, Жовтневого району Білгородської області Російської Федерації (РФ), на висоті 190 м над рівнем моря. На територію України річка потрапляє північно-східніше с. Окоп (Золочевський район) Харківської області і впадає в р. Сіверський Донець на 825 км від його витoku. Довжина річки 164 км. Басейн р. Уди має гідрографічну мережу, характерну для рівнинних територій. Річка Уди має п'ятий порядок відповідно до схеми (Хортон). В неї впадає шість основних водотоків, більшість яких починають свій шлях також з території РФ. Найбільші притоки є р. Лопань довжина 93 км, з притокою р. Харків довжина 71 км, р. Рогань довжина 31 км, р. Рогозянка довжина 25 км, р. Студенок довжина 16 км та інші [2].

Рівень водокористування у басейні річки високий. Екологічний стан р. Уди, визиває занепокоєння. Відповідно до «Екологічних паспортів» [3], найбільший об'єм зворотних вод, у Харківській області було скинуто до вод цієї річки. Перш за все це комплекси біологічної очистки «Диканівський» та «Безлюдівський», а також Роганським і Есхарівським управліннями житлово-комунального господарства (ЖКГ), та Харківською ТЕЦ-5. За даними гідрохімічного моніторингу р. Уди вважається однією з най забруднених водних об'єктів України [4]. Результати спостережень за якісним станом [9] свідчать про те, що основними факторами, що впливають на стан річки Сіверський Донець, є надходження

забруднюючих речовин зі зворотними водами промислових підприємств і комунального господарства, та з поверхневим стоком урбанізованих територій.

Дослідження якості поверхневих вод у басейні річки Уди за період 1986-1991 роки свідчить про наступне [5]: інтегральний екологічний індекс якості води знаходиться в межах 3-4-ї категорій II-III класу, що відповідає назві класу забруднені. Проведена екологічна оцінка за період 2003-2004 роки показала: інтегральний екологічний індекс якості води знаходиться в межах 3-4-ї категорій II-III класу, що відповідає назві класу «забруднені».

Значення екологічного індексу ( $I_E$ ) [6] за середніми значеннями показників на досліджуваній території, спостерігалось за період з 2010 по 2014 рр. у межах II та III класів якості; води оцінюються як «добрі» та «задовільні» за станом, «чисті» та «забруднені» за ступенем чистоти (забрудненості).

На основі результатів біотестування води річок Лопань та Саржинка [7] встановлено, що вони не відповідали встановленому нормативу за токсико-логічним показником. Це свідчить про негативний вплив на водні біоценози антропогенного забруднення, внаслідок чого порушуються процеси самоочищення води та погіршується її якість. Екотоксикологічна оцінка якості води, на річках Уди, Лопань, Харків, за показником ураженості водної екосистеми свідчить про значний рівень забрудненості водних об'єктів хімічними речовинами токсичної дії [8].

Метою є визначення та встановлення закономірностей, у часових та просторових змінах якості води у басейні річки Уди.

### Методика дослідження

Для встановлення якості води були використані інтегральні оцінки за гідрохімічними показниками, серед яких індекси забрудненості води ( $I_{ЗВ}$ ), модифікований  $I_{ЗВ}$  та коефіцієнт забрудненості  $\chi$  [10].

Індекс забрудненості води оцінює якість води за шістьма показниками. Використовують дві методики розрахунку: звичайну та модифіковану. У  $I_{ЗВ}$  використовується:  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ , нафтопродукти, феноли,  $O_2$ ,  $BCK_5$ . До модифікованого  $I_{ЗВ}$  входять два обов'язкових компонента:  $BCK_5$  та  $O_2$ , а чо-

тири останніх відбираються по максимальному відношенню їх концентрації до  $ГДК$  [11].

Розраховується  $I_{ЗВ}$  за формулою:

$$I_{ЗВ} = \frac{1}{6} \sum \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (1)$$

де  $C_i$  – середнє значення концентрації  $i$ -го показника;

$ГДК_i$  – гранично допустима концентрація  $i$ -го показника.

Оцінка якості води виконується за наступними класами [9] (табл.1).

Таблиця 1

## Класи якості води

I – дуже чиста	$IЗВ \leq 0,3$
II – чиста	$0,3 < IЗВ \leq 1$
III – помірно забруднена	$1 < IЗВ \leq 2,5$
IV – забруднена	$2,5 < IЗВ \leq 4$
V – брудна	$4 < IЗВ \leq 6$
VI – дуже брудна	$6 < IЗВ \leq 10$
VII – надзвичайно брудна	$IЗВ > 10$

Коефіцієнт забрудненості  $\chi$  розраховується за формулою (2), наведеною у [10]

$$\chi = \sum [(N_i/C_i) \varphi(i)] / \sum \varphi(i) \quad (2)$$

де  $N_i$  – значення показника забрудненості;

$i$  – номер показника забрудненості в ранговій послідовності зі  $m$  показників;

$C_i$  – норматив (ГДК) показника;

$\varphi(i) = i / 2^{i-1}$  – вагова функція;

$\sum \varphi(i)$  – приведена кількість показників.

Як основні приймаються такі показники забрудненості з відповідною ранговою послідовністю ( $i$ ): БСК<sub>5</sub> ( $i = 1$ ); NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ( $i = 2$ ); нафтопродукти ( $i = 3$ ); O<sub>2</sub> ( $i = 4$ ). Ранги іншим показникам встановлюють експертне або за співвідношенням  $N_i/C_i$ . В залежності від значення коефіцієнта  $\chi$  складено шкалу по оцінці ступеня забрудненості водного середовища (табл. 2).

Таблиця 2

Інтегральна оцінка ступеня забрудненості водного середовища за коефіцієнтом  $\chi$ 

Коефіцієнт забрудненості вод $\chi$	Якісна оцінка ступеня забрудненості
До 1,00	Нешкідлива (чиста)
1 – 1,99	Мала
2 – 2,99	Припустима
3 – 3,99	Істотна
4 – 5,00	Інтенсивна
Більш 5,00	Катастрофічна

## Результати дослідження

У роботі використані дані гідрохімічних спостережень Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів (СД БУВР) у пунктах спостережень [12]. Пости розташовані на річці Уди це: **1** – 30 км від витоки, біля с. Окоп, міст, кордон з Росією; **2** – 85 км від витоки смт. Пересічне, міст; **3** – 123 км від витоки, с. Хорошеве, міст; **4** – 161 км від витоки, с. Есхар, ГРЕС-2, міст. На річці Лопань це пости: **5** – 24 км від витоки, с. Козача Лопань, міст, кордон з РФ; **6** – 56 км від витоки с. Мала Данилівка; **7** – 92 км від витоки, м. Харків, гирло. На річках Харків та Немишлі це пости: **8** – 17 км від витоки, с. Стрілече, міст, кордон з Росією; **9** – 70 км від витоки, м. Харків, гирло, міст; **10** – р. Немишля м. Харків, гирло.

Для визначення критерію якості води взяті гранично допустимі концентрації (ГДК) для рибогосподарських водойм [13,14]. Першим етапом роботи було узагальнення даних по території дослідження. Далі виконаний розрахунок  $IЗВ$  для всіх постів, за період з 2000 по 2014 рр. спостережень. На основі отриманих розрахунків побудована діаграма змін  $IЗВ$  для всіх постів спостережень (рис. 1).

На постах спостережень 1, 5, 8, кордон з РФ (рис. 1), клас води відповідно до розрахованих  $IЗВ$  однаковий та дорівнює у середньому 1.05, 1.07 та 0.87 – II (табл. 1). Якість води у цих річках можливо оцінити як «чисту». Трансформації  $IЗВ$  відбуваються у вузькому інтервалі з 0.55 на посту 8 до 1.64 на посту 1, закономірностей у змінах не виявлено.

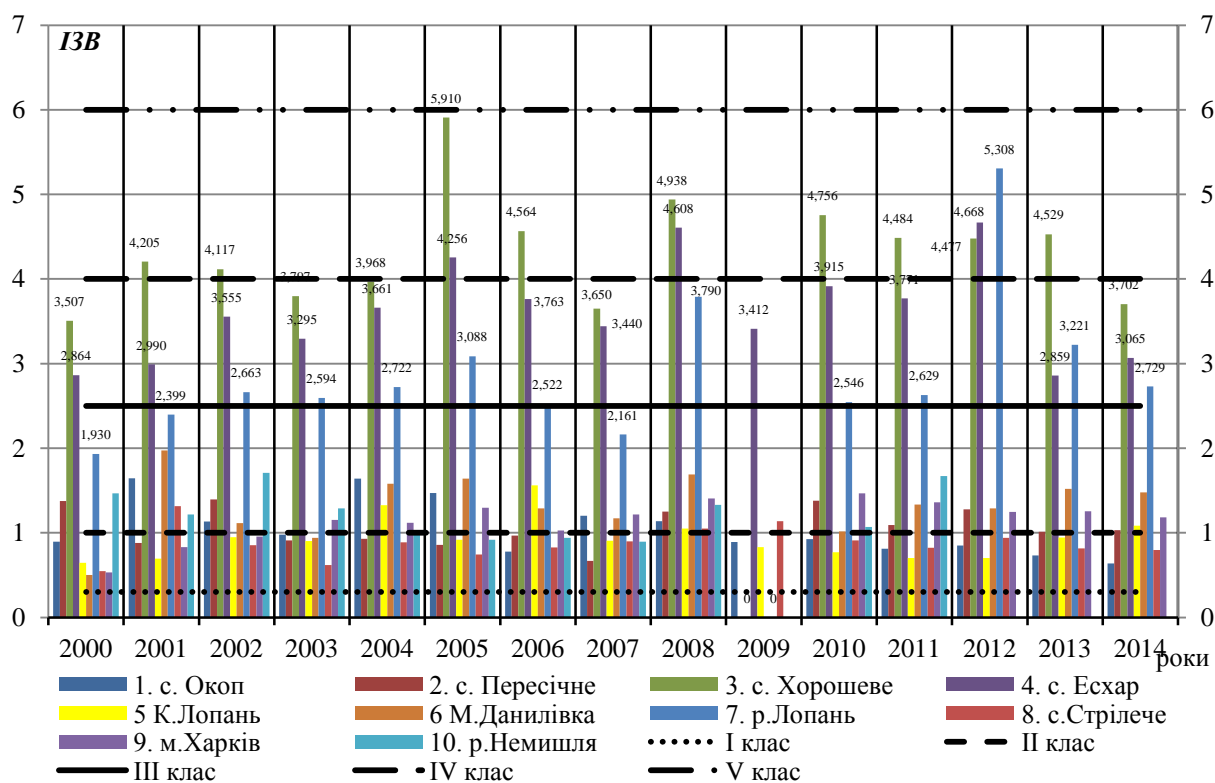


Рис. 1 – Зміни індексу забрудненості води у басейні р. Уди

Далі по доважені річки у середній течії річок Уди, Лопань, Харків та гирлі р. Немишля це пости 2, 6, 9 та 10 якості води погіршується до III класу – «помірне забруднення». Індекс забрудненості води у середньому дорівнює 1.07, 1.32, 1.15 та 1.23. Зміни *ІЗВ* відбуваються у більш широкому діапазоні з 0.50 на посту 6 до 1.71 на посту 10, але трендів до збільшення або зменшення встановити неможливо.

Якість води у гирловій ділянці р. Лопань (7. пост) погіршується та дорівнює у середньому 2.88 – IV «забруднена», трендів у змінах *ІЗВ* не встановлено. Максимальне значення дорівнює 5.31 у 2012 р. (рис. 1) це V клас – «брудна» вода, таке високе значення викликано збільшенням концентрації азоту амонійного до 5.788 мг/дм<sup>3</sup>, нітратів до 0.338 мг/дм<sup>3</sup> та нафтопродуктів 0.338 мг/дм<sup>3</sup>. Мінімальне значення індексу забрудненості води рівняється 1.93 у 2000 р.

Найгірша якість води у басейні р. Уди на постах 3 і 4 (с. Хорошеве і с. Есхар), де *ІЗВ* у середньому дорівнює 4.33 та 3.61 – V клас «брудна» вода. Найбільше значення дорівнює 5.91 та 4.26 спостерігалось у 2005 р. (рис. 1) такий сплеск викликаний збільшенням концентрації  $NO_2^-$  до 1.4492 мг/дм<sup>3</sup>, нафтопродукти до 0.4458 мг/дм<sup>3</sup> та  $BCK_5$  до 10.30 мг/дм<sup>3</sup> на посту 3 у с. Хорошеве та

$NO_2^-$  до 1.234 мг/дм<sup>3</sup>, нафтопродукти до 0.225 мг/дм<sup>3</sup> та  $BPK_5$  до 6.4975 мг/дм<sup>3</sup> на посту 4 с. Есхар. Найменше значення індексу забрудненості води спостерігалось на постах 3 і 4 у 2000 р. Високий клас якості води викликаний, на нашу думку, роботою очисних споруд м. Харкова, скиди відбуваються біля с. Хорошеве. Далі по довжині річки с. Есхар, де якість води покращується (рис. 1), що обумовлено самоочищенням річки.

Методика визначення індексу забрудненості води модифікованого базується на аналізі вмісту всіх визначених сполук у пробі води. У лабораторії СД БУВР визначається концентрація таких сполук: амоній сіл., азот амонійний, мідь, нітриту, нафтопродукти, хром 6+, марганець, залізо заг., сульфати, БСК-5, кобальт, нікель, цинк 2+, розчинений  $O_2$ , магній, кальцій, хром 3+, нітрати алюміній, СПАР, феноли, сухий залишок, хром заг., ДДЕ 10 (-5), ДДТ 10 (-5), а-ГХЦГ 10 (-5), у-ГХЦГ 10 (-5), РН, жорсткість, ртуть, цезій 137, ДДД 10 (-5), оксиди. перман., лужність, фосфати та ін. [10].

На другому етапі досліджень були виявлені речовини із багаторазовим перевищенням рибогосподарських нормативів *ГДК* по всім постам спостережень за період

з 2000 по 2014 рр. Встановлено, що на всіх постах спостережень найбільше співвідношення концентрації до ГДК у таких сполук як: нафтопродукти, нітрити, мідь, залізо, заг., марганець, хром 6+, БСК-5, сульфати, цинк 2+ та ін.. Схема розрахунку *ІЗВ мод.*

включає тільки 6 сполук, з яких дві обов'язкові, тому нами обрані сполуки з максимальним співвідношенням  $C_i/GDK_i$ , це нафтопродукти, нітрити, мідь та залізо, заг.. Для узагальнення розрахунків побудована діаграма змін *ІЗВ мод.* (рис. 2).

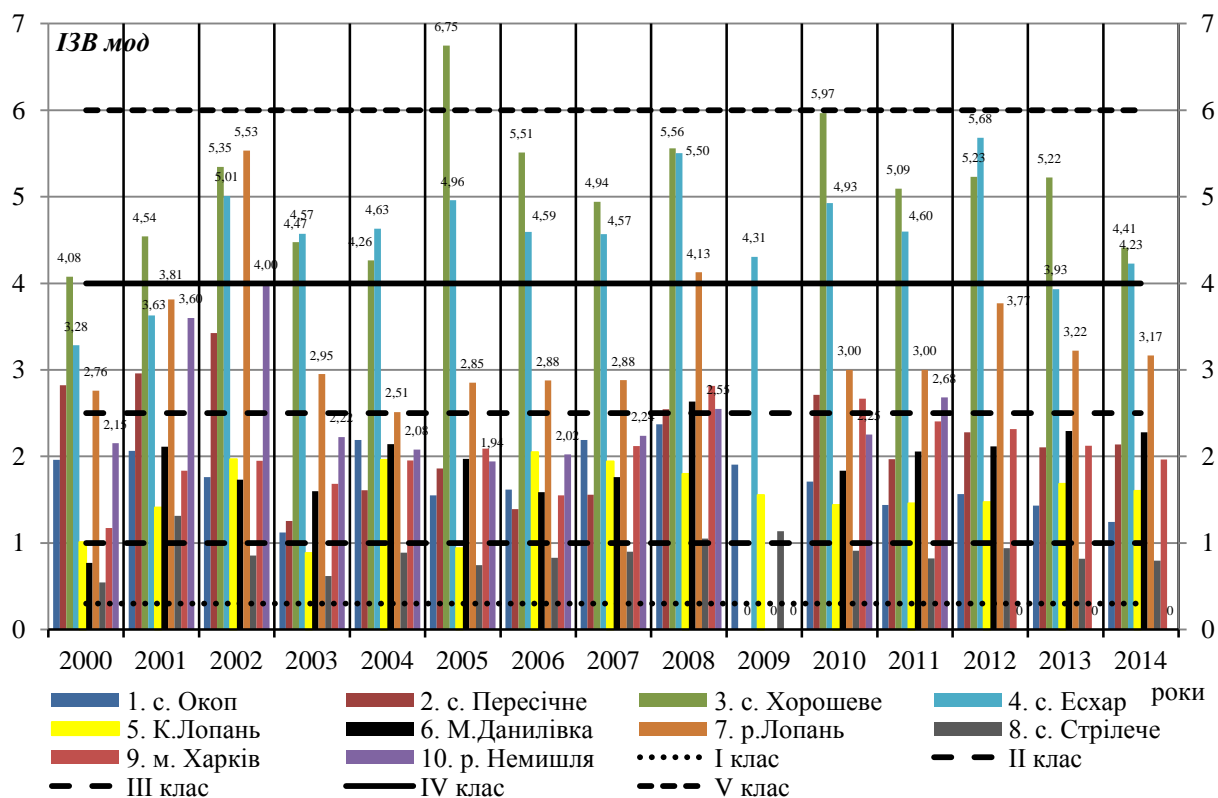


Рис. 2 – Зміни індексу забрудненості води модифікованого у басейні р. Уди

На постах спостережень 1, 2, 5, 6, 8, 9 (рис. 2), якість води, відповідно до розрахунків індексу забрудненості води модифікованого, однакова та дорівнює у середньому 1.74, 2.19, 1.54, 1.92, 1.43, 2.05 це III клас – «помірне забруднення». Зміни у концентраціях сполук або у *ІЗВ мод.* відбуваються не системно.

На постах 7, 10 *ІЗВ мод.* у середньому дорівнює 3.32 та 2.52, що відповідає IV класу «дуже забруднена». Таке високе забруднення на посту 10 є результатом збільшення концентрації міді у 2001 та 2002 роках 0.027 та 0.0113 мг/дм<sup>3</sup>, що перевищує ГДК у 12.67 та 11.33 рази. Трендів до збільшення або зменшення не встановлено.

Стабільно високий *ІЗВ мод.* по постах 3 та 4 з середньорічними значеннями 5.10 та 4.56, що відповідає – V класу забрудненості води, «брудна» вода. Найбільше значення спостерігалось у 2015 роках та дорівнювало 6.75 та 4.96. На посту 3 с. Хорошеве, відпо-

відає вже VI класу «дуже брудної» води. У часі *ІЗВ мод.* змінюються не системно.

Наступним кроком дослідження є обчислення коефіцієнту забрудненості води  $\chi$  для всіх постів. При розрахунку нами були використані дані про середньобагаторічні концентрації 21-єї сполуки. Коефіцієнт забрудненості води  $\chi$  розраховувався із використанням обов'язкових пріоритетів та без них (табл. 3).

До II класу «мале» забруднення  $\chi$  (табл. 2), з використанням пріоритетів, відносяться пости 1, 2, 5, 8, 9, 10 (рис. 3).

На посту 6 «припустиме» забруднення. Гирлова ділянка річок Лопань та Уди, пости 4 та 7, характеризується як «істотне» забруднення. Найгірша якість води спостерігається на посту 3 р. Уди – с. Хорошеве «інтенсивне» забруднення.

Без пріоритетів розрахунок коефіцієнта  $\chi$  показав значно гірші показники якості води. На постах 1, 2, 5, 8, 9 «припустиме»

Таблиця 3

Оцінка якості води за критерієм забрудненості  $\chi$

ГДК <sub>i</sub> /С <sub>i</sub>	Показник	З пріоритетами			ГДК <sub>i</sub> /С <sub>i</sub>	Показник	Без пріоритетів		
		Ранг	$\varphi(i)$	$\rho(i)ГДК_i/С_i$			Ранг	$\varphi(i)$	$\rho(i)ГДК_i/С_i$
3,44	БСК-5	1	1,00000	3,44060	12,5	Нітрити	1	1,00000	12,45433
4,92	Азот аммон	2	1,00000	4,92453	5,71	Мідь	2	1,00000	5,71453
4,79	Нафто-продукти	3	0,75000	3,59445	4,92	Азот аммон	3	0,75000	3,69340
0,88	Розчин О <sub>2</sub>	4	0,50000	0,44120	4,90	Амоній сіль,	4	0,50000	2,44843
12,5	Нітрити	5	0,31250	3,89198	4,79	Нафто-продукти	5	0,31250	1,49769
5,71	Мідь	6	0,18750	1,07148	3,44	БПК-5	6	0,18750	0,64511
4,90	Амоній сіль	7	0,10938	0,53559	3,24	Хром 6+	7	0,10938	0,35421
3,24	Хром 6+	8	0,06250	0,20240	2,40	Залізо, заг,	8	0,06250	0,14986
2,40	Залізо, заг.	9	0,03516	0,08430	2,07	Сульфати	9	0,03516	0,07286
2,07	Сульфати	10	0,01953	0,04048	1,87	Марганець	10	0,01953	0,03662
1,87	Марганець	11	0,01074	0,02014	1,69	Кобальт	11	0,01074	0,01820
1,69	Кобальт	12	0,00586	0,00992	1,67	Цинк 2+	12	0,00586	0,00981
1,67	Цинк 2+	13	0,00317	0,00531	1,28	Нікель	13	0,00317	0,00406
1,28	Нікель	14	0,00171	0,00218	0,88	Розчин О <sub>2</sub>	14	0,00171	0,00151
0,70	Магній	15	0,00092	0,00064	0,70	Магній	15	0,00092	0,00064
0,51	Кальцій	16	0,00049	0,00025	0,51	Кальцій	16	0,00049	0,00025
0,47	Нітрати	17	0,00026	0,00012	0,47	Нітрати	17	0,00026	0,00012
0,27	Хром 3+	18	0,00014	0,00004	0,27	Хром 3+	18	0,00014	0,00004
0,25	Хлоріди	19	0,00007	0,00002	0,25	Хлоріди	19	0,00007	0,00002
0,16	Алюміній	20	0,00004	0,00001	0,16	Алюміній	20	0,00004	0,00001
0,13	СПАВ	21	0,00002	0,00000	0,13	СПАВ	21	0,00002	0,00000
		$\Sigma$	3,99998	18,26565			$\Sigma$	3,99998	27,10169
			$\chi_{пр}$	4,56644				$\chi$	6,77546

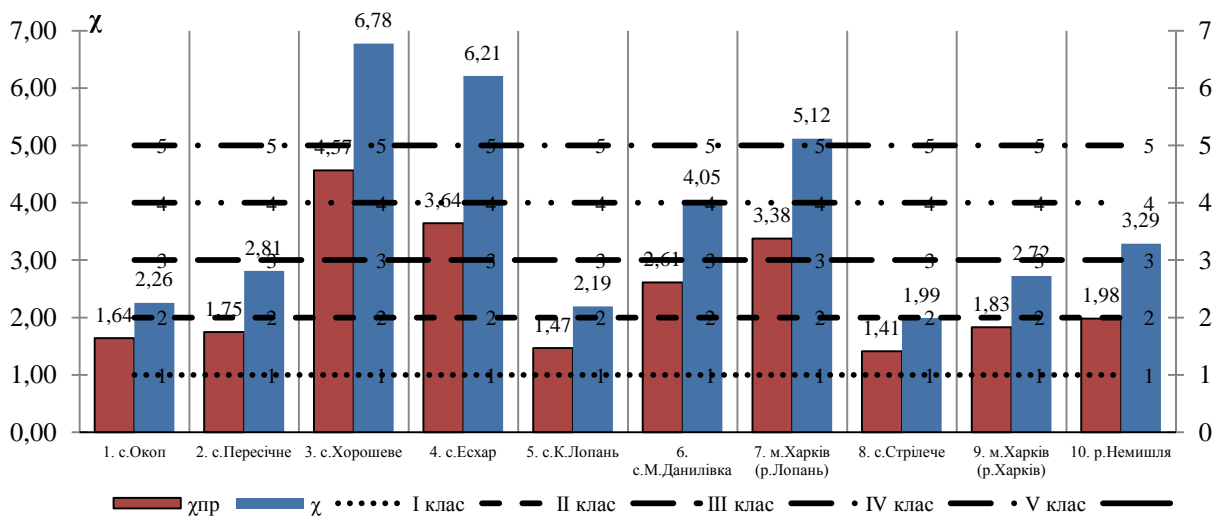


Рис. 3 – Зміни коефіцієнта забрудненості  $\chi$  у басейні р. Уди

забруднення. Гирлова ділянка р. Немишлі пост 10 характеризується як «істотне» забруднення. Якісний стан води р. Лопань на

посту 6 можливо визначити як «інтенсивне» забруднення. Очікувано на постах 3, 4, та 7 якість води «катастрофічна».

### Висновки

Встановлена якість води за трьома показниками *ІЗВ*, *ІЗВ мод.* та коефіцієнта забрудненості  $\chi$  за багаторічний період свідчить про негативний вплив міста Харкова на гідроекологічний стан річкової системи р. Уди. Аналіз ступеня забрудненості води за показником *ІЗВ* та *ІЗВ мод.* у часі показав, що найбільше значення спостерігалось у 2005 та 2012 роках, клас якості води на р. Уди, визначено як V «брудна» та VI «дуже

брудна». Зміни показників якості води відбуваються без будь яких часових закономірностей. Згідно із коефіцієнтом забрудненості  $\chi$  якість води погіршується по довжені річок. Крім ділянки на р. Уди – с. Хорошеве, де забрудненість кваліфікують як «катастрофічне». Далі по довжині річки с. Есхар, де якість води покращується, що обумовлено самоочищенням річки.

### 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. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики». (2000). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962) (дата звернення : 05.05.2020).
2. Бірюков О. В. Дослідження гідрографічної мережі річки Уди. *Наук. Вісник Чернівецького нац. ун-т Географія*. 2014. Вип. 724-725. С.53-57.
3. Сайт Міністерства енергетики та захисту довкілля України URL:[https://menr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/2018/Харківська%20область.pdf](https://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2018/Харківська%20область.pdf) (дата звернення : 05.05.2020).
4. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / Осадчий В. І, Набиванець Б. Й, Линник П. М. та ін. Київ : Ніка-Центр, 2013. 240 с.
5. Васенко О. Г., Лунгу М. Л., Ільєвська Ю. А., Клімов О. В. та ін. Комплексні експедиційні дослідження екологічного стану водних об'єктів басейну р. Уди (суббасейну р. Сіверський Донець) / За ред. О. Г. Василенка. Х. : ВД «Райдер», 2006. 156 с.
6. Коробкова Г. В. Сучасний екологічний стан басейну річки Сіверський Донець в межах Харківської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2016. № 14. С. 66-70. URL: <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/6344>
7. Крайнюков О. М. Оцінка еколого-токсикологічного стану річки Лопань у межах м. Харків. *Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна, Серія «Екологія»*. 2015. Вип. 12. С. 57-62. URL: <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/3921>
8. Крайнюков О. М. Сучасний екологічний стан водних об'єктів басейну річки Сіверський Донець. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2015. № 3-4. С. 71-77. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/5558>
9. Васенко О. Г., Ієвлева О. Ю., Коробкова Г. В., Жук В. М. Формування сучасного гідрохімічного стану басейну річки Сіверський Донець під впливом природних та антропогенних чинників. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. 2017. Вип. 39. С. 41-53. - URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ponp\\_2017\\_39\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ponp_2017_39_6). (дата звернення : 05.05.2020)
10. Мусаелян С.М. Водные ресурсы Армянской ССР (использование, охрана, экономика). Єреван: Изд-во Ереванск. гос.универс. 1989. 126с.
11. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. К.: Ніка. Центр, 2001. 264 с.
12. Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів. Про Управління. веб-сайт. URL: <http://www.sdbuvr.slav.dn.ua> (дата звернення: 05.05.2020).
13. Гранично допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм : (чинний від 09.08.1990). К: Міністерство рибного господарства СРСР. 1990. 45 с.

14. Клименко М. О., Вознюк Н. М., Вербецька К. Ю. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів та природокористування*. Київ, 2012. Вип. 1(30). URL: [http://nd.nubip.edu.ua/2012\\_1/12kmo.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf) (дата звернення: 12.04.2019).

### References

1. Directive 2000 /60 / EU of the European Parliament and of the Council about establishing a scope of activities in the field of water policy (2000). Retrieved from [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962) (In Ukrainian).
2. Biryukov, O. V. (2014). Study of the hydrographic network of the Uda River. *Scientific bulletin of Chernivtsi National University University. Geography*, (724-725), 53-57 (in Ukrainian).
3. The Ministry of Energy and Environment of Ukraine. (05.05.2020) Retrieved from URL:[https://menr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/2018/Харківська%20область.pdf](https://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2018/Харківська%20область.pdf) (in Ukrainian).
4. Osadchy, V. I., Nabyvanets, B. I., Linnyk, P..M. (2013). Processes of forming the chemical composition of surface water. Kyiv: Nika-Tsentr (in Ukrainian).
5. Vasenko, O. G., Lungu M. L., Iievskaya Y. A., Klimov, O. V. (2006). Comprehensive expeditionary researches of ecological condition of water objects of the Uda river basin (sub-basin of the Seversky Donets river). Kharkiv: Ryder (in Ukrainian).
6. Korobkova, G. V. (2016) The current ecological state of the Siversky Donets River basin within the Kharkiv region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv national university series «Ecology»*, (14), 66-70. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/6344> (in Ukrainian).
7. Krainiukov, O. M. (2015). Assessment of the ecological and toxicological condition of the Lopan River within the city of Kharkiv. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv national university series «Ecology»*, (12), 57-62. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/3921> (in Ukrainian).
8. Krainiukov, O. M. (2015). The current ecological state of water bodies of the Seversky Donets river basin. *Man and Environment. Issues of Neocology*, (3-4), 71-77. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/5558> (in Ukrainian).
9. Vasenko, O. G., Ievleva, O. Yu., Korobkova, G. V. & Zhuk, V. M. (2017). The formation of the modern hydrochemical state of the Seversky Donets river basin under the influence of natural and anthropogenic factors. *Problems of environmental protection and environmental safety*, (39), 41-53. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ponp\\_2017\\_39\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ponp_2017_39_6) (in Ukrainian).
10. Musaelyan, S. M. (1989). Water Resources of the Armenian SSR (use, protection, economy). Yerevan: Yerevan Publishing House. state university (in Russian).
11. Snizhko, S. I. (2001). Estimation and prediction of the quality of natural water. Kyiv: Nika-Tsentr (in Ukrainian).
12. Siversky-Donets Basin Water Resources Department. (2019). About Managing. Website. Retrieved from <http://www.sdbuvr.slav.dn.ua> (in Ukrainian).
13. Maximum allowable values of water quality indicators for fishing reservoirs. (1990). General list of MAC and OBRV of harmful substances for water in fish-water reservoirs. Kyiv Ministry of Fisheries of the USSR.
14. Klymenko, M. O., Voznyuk, N. M., & Verbetskaya, K. Yu. (2012). Comparative analysis of surface water quality standards. Scientific reports of the National University of Life and Environmental Sciences, (1(30)). Retrieved from [http://nd.nubip.edu.ua/2012\\_1/12kmo.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf) (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 05.05.2020

Прийнята 22.05.2020



Ю. В. ЯЦЕНТЮК<sup>1</sup>, д-р геогр. наук, доц., В. С. КАНСЬКИЙ<sup>1</sup>, канд. геогр. наук,  
Л. В. АТАМАН<sup>1</sup>, канд. геогр. наук

<sup>1</sup>Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського  
вул. Острозького, 32, Вінниця, 21000, Україна

e-mail: [yatsentyuk@gmail.com](mailto:yatsentyuk@gmail.com)  
[vkansky@gmail.com](mailto:vkansky@gmail.com)  
[ataman2412@gmail.com](mailto:ataman2412@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2906-4828>  
<https://orcid.org/0000-0003-0761-5043>  
<https://orcid.org/0000-0003-4600-7526>

## ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ТЕРИТОРІЇ ЕКОМЕРЕЖІ ЖМЕРИНСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Мета.** Виявити особливості відновлювальних територій екомережі Жмеринського району Вінницької області.

**Методи:** польові, картографічні, системний аналіз.

**Результати.** Загальна площа відновлювальних територій екомережі Жмеринського району – 5449,61 га, що становить 4,8 % від його площі. У Жмеринському районі виділено такі відновлювальні території: Дубовська, Зоринцівська, Лисогірківська, Петранівська, Слобода-Межирівська, Кармалюковська, Василівківська, Пултівцівська, Людавська, Демидівська, Потоківська, Рижавська, Жмеринська, Петрівківська, Кичманська, Ярошенківська, Тарасівківська, Травневська, Носківецька, Лука-Мовчанська, Мурашківська, Чапаївська, Олександрівська. Вони охоплюють руслові, заплавні, схилі та вододільні місцевості. Домінуючими є урочища балок на схилах річкових долин з лісовою та лучною рослинністю. Виявлено, що основними антропогенними чинниками деградації природи відновлювальних територій є випасання худоби, заготівля сіна, збір грибів, ягід, квітів, незаконне вирубування дерев, забруднення побутовими відходами, скидання господарсько-побутових стоків у річки та струмки. Головними природоохоронними заходами мають бути припинення ерозійних процесів, відновлення різноманіття та охорона рослинності й тваринного світу, ліквідація стихійних звалищ побутових відходів.

**Висновки.** У структурі локальної екомережі Жмеринського району виділено 23 відновлювальних території: Для компенсації у майбутньому незначної кількості біоцентрів, найбільше відновлювальних територій виділено у північно-західній, південній та південно-східній частинах району. Проаналізовано їх характерні риси, запропоновано заходи ренатуралізації. За допомогою цих заходів можна буде відновити деградовані ділянки природи, збільшити кількість та площі ключових, сполучних і буферних територій. У результаті поліпшаться стан навколишнього середовища, умови існування флори, фауни та життєдіяльності населення.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** екомережа, відновлювальна територія, зона потенційної ренатуралізації, ландшафт, рослинність, біоцентр, екокоридор, буферна територія

Yatsentyuk Yu. V.<sup>1</sup>, Kansky V. S.<sup>1</sup>, Ataman L. V.<sup>1</sup>

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

## THE RECOVERY TERRITORIES OF THE ECOLOGICAL NETWORK IN ZHMERINSKY DISTRICT OF VINNYTSIA REGION

**Purpose.** To identify the peculiarities of the recovery territories of the ecological network of Zhmerinsky district of Vinnytsia region.

**Methods:** field, cartographic system analysis.

**Results.** The total area of the recovery territories of the ecological network of Zhmerinsky district is 5449,61 hectares, that is 4.8 % of the area of the district. They include Dubovska, Zorincivska, Lisogirkivska, Petranivska, Sloboda-Mezhirivska, Karmalyukovska, Vasilivkivska, Pultivcivska, Lyudavska, Demidivska, Potokivska, Rizhavska, Zhmerinska, Petrivkivska, Kichmanska, Yaroshenkivska, Tarasivkivska, Travnevka,

Noskivecka, Luka-Movchanska, Murashkivska, Chapayivska, Oleksandrivska territories. They cover channel, floodplain, slope and watershed types of landscape terrains. Balka tracts on the slopes of river valleys with forest and meadow vegetation are dominant. It was revealed that the main anthropogenic factors of nature degradation of the recovery territories are cattle grazing, haymaking, gathering of mushrooms, berries, flowers, illegal felling of trees, pollution by household waste, discharge of household sewage into rivers and streams. The main environmental measures should be the cessation of erosion processes, restoration of diversity and protection of flora and fauna, elimination of natural landfills of household waste.

**Conclusion.** 23 recovery territories are identified in the structure of the ecological network of Zhmerinsky district of Vinnytsia region. To compensate for the small number of biocenters in the future, most recovery territories have been allocated in the north-western, southern and south-eastern parts of the district. Their characteristic features are analyzed and renaturalization measures are proposed. Due to these measures it will be possible to restore degraded areas of nature, increase the number and the area of key, connecting and buffer areas. As a result, the state of the environment, living conditions of flora, fauna and vital activities of the population will improve.

**KEYWORDS:** ecological network, recovery territory, zone of potential renaturalization, landscape, vegetation, biocentre, ecological corridor, buffer territory

Яцентюк Ю. В.<sup>1</sup>, Канский В. С.<sup>1</sup>, Атаман Л. В.<sup>1</sup>

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

### **ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕРРИТОРИИ ЭКОСЕТИ ЖМЕРИНСКОГО РАЙОНА ВИННИЦКОЙ ОБЛАСТИ**

**Цель.** Выявить особенности восстановительных территорий экосети Жмеринского района Винницкой области.

**Методы.** Полевые. картографический, системный анализ.

**Результаты.** Общая площадь восстановительных территорий экосети Жмеринского района – 5449,61 га, что составляет 4,8 % от его площади. В Жмеринском районе выделено такие восстановительные территории: Дубовская, Зоринцевская, Лисогирковская, Петранивская, Слобода-Межировская, Кармалюковская, Василюковская, Пултивцевская, Людавская, Демидовская, Потоковская, Рижавская, Жмеринская, Петришковская, Кичманская, Ярошенковская, Тарасивковская, Травневская, Носкивецкая, Лука-Молчанская, Мурашківська, Чапаєвська, Александровская. Они охватывают русловые, пойменные, склоновые и водораздельные местности. Доминирующими являются урочища балок на склонах речных долин с лесной и луговой растительностью. Выявлено, что основными антропогенными факторами деградации природы восстановительных территорий является выпас скота, заготовка сена, сбор грибов, ягод, цветов, незаконная вырубка деревьев, загрязнение бытовыми отходами, сброс хозяйственно-бытовых стоков в реки и ручьи. Главными природоохранными мероприятиями должны быть прекращение эрозионных процессов, восстановление разнообразия и охрана растительности и животного мира, ликвидация стихийных свалок бытовых отходов.

**Выводы.** В структуре локальной экосети Жмеринского района выделено 23 восстановительных территории: Для компенсации в будущем незначительного количества биоцентров, больше восстановительных территорий выделено в северо-западной, южной и юго-восточной частях района. Проанализированы их характерные черты, предложены меры ренатурализации. С помощью этих мер можно будет восстановить деградированные участки природы, увеличить количество и площади ключевых, соединительных и буферных территорий. В результате улучшатся состояние окружающей среды, условия существования флоры, фауны и жизнедеятельности населения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** экосеть, восстановительная территория, зона потенциальной ренатурализации, ландшафт, растительность, биоцентр, экокоридор, буферная территория

### **Вступ**

**Постановка проблеми.** Наразі досить актуальними є проблеми навколишнього природного середовища. Його сучасний та майбутній стани у значному ступені визначаються просторовою організацією системи «природа – населення – економіка». Одним із шляхів її раціональної організації є проектування екомереж. Їх формування дозволяє поєднати квазінатуральні ландшафтні комплекси, що часто знахо-

дяться на значних відстанях. У результаті підвищується ступінь зв'язності ландшафтів, що проявляється через відновлення міграційних потоків. Останні забезпечують харчування, розмноження та відновлення живих організмів, поліпшення стану довкілля та умов життєдіяльності населення.

Антропогенна трансформація природи обумовила те, що умовно-натуральні ландшафтні комплекси займають мізерні (кілька

відсотків) площі Жмеринського району Вінницької області. Навіть заповідні об'єкти сформовані поєднанням натуральних і антропогенних, а, часто, лише антропогенних ландшафтів. У ландшафтній структурі досліджуваної території є багато деградованих ділянок. У їх межах часто зустрічаються залишки середовищ існування місцевих, зокрема й рідкісних, видів флори і фауни. На основі таких ділянок доцільно формувати відновлювальні території – важливий структурний елемент екомереж. Проведення ренатуралізаційних заходів у межах таких територій дозволить відновити їх природу та досягнути екологічного балансу. Тому дослідження відновлювальних територій є досить актуальними.

Наразі дослідження відновлювальних територій локальних екомереж адміністративних районів перебуває на початковому етапі, оскільки проекти таких екомереж для більшості районів України ще не розроблені. У місцевих екологічних мережах Закарпатської [1], Черкаської [2] та Волинської [3] областей відновлювальні території не виділені. У структурі екомережі районів Донецької області конкретні відновлюваль-

ні території також не виділено, їх опис представлено у загальному вигляді [4]. Чітко виділено та проаналізовано особливості відновлювальних територій у місцевих екомережах Запорізької, Луганської [5] та Дніпропетровської [6] областей. Кондратюк Т. М. проаналізувала правові засади формування та функціонування відновлювальних територій в Україні [7].

У Вінницькій області проекти екомереж розроблені тільки для Мурованокурилівського [8], Могилів-Подільського [9-10], Немирівського [11] та Жмеринського [12] районів. Проте публікації, присвячені відновлювальним територіям, є лише по Мурованокурилівському [13] і Могилів-Подільському [14] районах.

**Мета** – виявити особливості відновлювальних територій екомережі Жмеринського району Вінницької області. Для цього необхідно було вирішити такі завдання: зібрати та проаналізувати польові, фондові та літературні матеріали; виділити відновлювальні території Жмеринського району; проаналізувати їх сучасні особливості; запропонувати природоохоронні заходи.

### **Об'єкти та методи дослідження**

Об'єктом дослідження є відновлювальні території екомережі Жмеринського району Вінницької області.

Під час проведення досліджень використовувались такі методи: логічні (абстра-

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

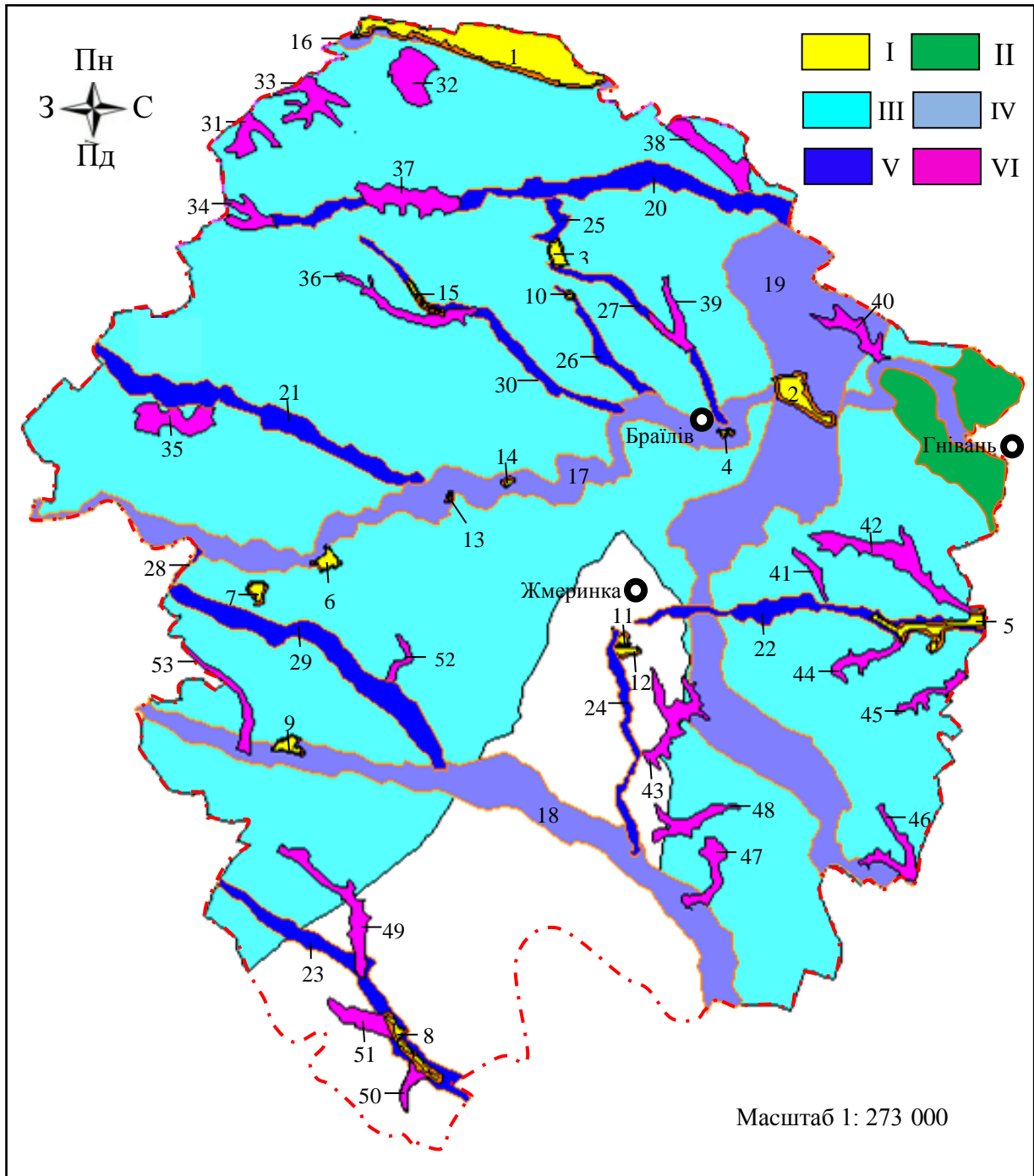
### **Результати та обговорення**

У межах Жмеринського району виділено 23 відновлювальних території (зони потенційної ренатуралізації): Дубовська, Зоринцівська, Лисогірківська, Петранівська, Слобода-Межирівська, Кармалюковська, Василівківська, Пултівцівська, Людавська, Демидівська, Потоківська, Рижавська, Жмеринська, Петрівківська, Кичманська, Ярошенківська, Тарасівківська, Травневська, Носківецька, Лука-Мовчанська, Мурашківська, Чапаївська, Олександрівська [15, с. 300].

*Дубовська* відновлювальна територія виділена на північний захід від с. Дубова (рис. 1). Площа зони – 167,4 га, її периметр – 8308 м. Вона охоплює балки та річкові долини із лучними угрупованнями. На

днищі балок течуть струмки, що утворюють невелику праву притоку другого порядку річки Згар. Тут виявлено цінні ділянки луків різного рівня зволоження. Заходи ренатуралізації на цій території мають бути спрямовані на припинення ерозійних процесів, відновлення різноманіття лучної рослинності та догляд за нею. Вони дозволять у майбутньому створити тут ділянку заповідних заплавних ландшафтних комплексів, що сформуєть локальний біоцентр.

*Зоринцівська* зона потенційної ренатуралізації виділена на північному заході Жмеринського району, між селами Зоринці та Лисогірка, має площу 301,8 га та периметр 7509 м. Вона охоплює лісовий масив



**I** – локальні біоцентри: 1 - Згарський, 2 - Володимирівський, 3 - Новоселицький, 4 - Браїлівський, 5 - Потокісько-Рижавський, 6 - Северинівський, 7 - Чернятинський, 8 - Мовчанський, 9 - Олександрівський, 10 - Людавський, 11 - Жмеринський, 12 - Маложмеринський, 13 - Межирівський, 14 - Рівський, 15 – Курилівцівський.  
**II** – національні екокоридори: **II** – Південнобузький, **III** – Галицько-Слобожанський;  
**IV** - регіональні екокоридори: 16 - Згарський, 17 - Рівський, 18 - Мурафський, 19 - Хмільницько-Чечельницький;  
**V** - локальні екокоридори: 20 - Ровецький, 21 - Думківський, 22 - Баранський, 23 - Мурашківський, 24 - Жмеринсько-Травневський, 25 - Новоселицько-Слободівський, 26 - Людавсько-Сьомаківський, 27 - Новоселицько-Браїлівський, 28 - Токарівківський, 29 - Чернятинсько-Демківський, 30 - Курилівцівсько-Сьомаківський;  
**VI** – відновлювальні території: 31 - Дубовська, 32 - Зоринцівська, 33 - Лисогірківська, 34 - Петранівська, 35 - Слобода-Межирівська, 36 - Кармалюковська, 37 - Василівківська, 38 - Пултівцівська, 39 - Людавська, 40 - Демидівська, 41 - Потоківська, 42 - Рижавська, 43 - Жмеринська, 44 - Петрівківська, 45 - Кичманська, 46 - Ярошенківська, 47 - Тарасівківська, 48 - Травневська, 49 - Носківська, 50 - Лука-Мовчанська, 51 - Мурашківська, 52 - Чапаївська, 53 – Олександрівська.

Рис. 1 – Локальна екомережа Жмеринського району

та витоків правої притоки річки Згар. Це, переважно, вододільні та схилі місцевості. За умов проведення відновлювальних заходів у майбутньому за рахунок цієї території може бути розширена площа існуючого Згарського локального біоцентру.

*Лисогірківська* відновлювальна територія виділена на захід від с. Лисогірка, має площу 251,4 га та периметр 14393 м. Вона охоплює балки та річкові долини, частина яких зайнята лісом. Тут виявлено численні джерела підземних вод, знаходиться витік однієї з правих допливів другого порядку р. Згар. Заходи ренатуралізації передбачають боротьбу із ерозійними процесами, відновлення та догляд за лісовою рослинністю.

*Петранівська* зона потенційної ренатуралізації виділена на північ від с. Петрані. Її площа – 148 га, периметр – 8607 м. Вона охоплює лощини та балки з джерелами і струмками у витках річки Ровець. Основний фон рослинності утворюють цінні лучні асоціації. Крім лучних ландшафтів, на цій території сформувались водно-болотні ландшафтні комплекси.

Заходи відновлення у межах Петранівської зони потенційної ренатуралізації пов'язані з необхідністю припинення процесів водної ерозії, відновленням різноманіття лучної рослинності та доглядом за нею. Оскільки ця зона охоплює витік р. Ровець, у результаті проведення ренатуралізації, у майбутньому тут доцільно буде створити ключову територію локального рівня із заповідними ландшафтними комплексами заплав і схилів місцевостей. Високої якості вода численних джерел одночасно може бути використана для питного водопостачання та господарських потреб [16, с. 119].

*Слобода-Межирівська* зона потенційної ренатуралізації виділена на заході Жмеринського району, між селами Стодульці та Слобода-Межирівська. Її площа - 291,47 га, периметр – 9988 м. Вона охоплює великий лісовий масив на схилах долини річки Думка з балками, промоїнами та борознами. Вся територія зайнята лісовою рослинністю, що є важливим для підтримання екологічної стабільності схилів ландшафтних комплексів. Основні заходи ренатуралізації передбачають відновлення та охорону лісових екосистем. Завдяки цим відновлювальним заходам Слобода-Межирівська зона потен-

ційної ренатуралізації у майбутньому може бути перетворена на ключову територію локального рівня та, частково, на буферну територію Думківського локального екокоридору.

*Кармалюковська* відновлювальна територія виділена між селами Кармалюкове, Новоселиця, Біликівці та Лопатинці (рис. 1). Її площа – 230,97 га, периметр – 15149 м. Територія охоплює балки та лощини у витках одного з лівих допливів річки Рів. Тут наявні джерела із водою високої якості, що можна використовувати для питних і господарських потреб. Ці джерела живлять струмок, що тече на днищі основної балки. Домінуючими є лучні угруповання, а лощини частково зайняті лісовою рослинністю. Виявлено також земноводні ландшафтні комплекси із водно-болотними угіддями. У межах цієї зони наявні цінні ділянки луків різного рівня зволоження.

Природоохоронні заходи у межах Кармалюковської відновлювальної території мають бути спрямовані на припинення ерозійних процесів, відновлення лучної, лісової та водно-болотної рослинності та догляд за нею. Такі заходи сприятимуть формуванню інтерактивного елементу, а, з часом, локального екокоридору. Останній сполучатиме Курилівцівський біоцентр з біоцентром, що сформується на основі Петранівської зони потенційної ренатуралізації.

*Василівківська* зона потенційної ренатуралізації охоплює долину річки Ровець довжиною близько 4,2 км із пологими схилами. Її площа – 332,38 га, периметр – 12111 м. Більша частина зони знаходиться у межах Ровецького локального екокоридору. Тут переважає лучна рослинність, проте значні площі займають лісові ландшафтні комплекси. Зустрічаються також водно-болотні фітоценози.

Ренатуралізаційні заходи передбачають боротьбу з ерозійними процесами, відновлення, догляд та охорону лісової та лучної рослинності. Завдяки таким заходам відновлення Василівківська зона потенційної ренатуралізації у майбутньому може бути перетворена на ключову територію локального рівня. Крім того, за рахунок цієї зони будуть розширені площі буферних територій Ровецького локального екокоридору.

*Пултівцівська* відновлювальна територія виділена на півночі Жмеринського району. Вона знаходиться на північ та північний захід від с. Пултівці. Її площа – 283,36 га, периметр – 10403 м. Цей елемент екомережі охоплює схилі місцевості лівого безіменного допливу річки Ровець. Це ділянка долини із балками та промоїнами. На днищі балки тече невеликий струмок. Тут виявлено лісові, водно-болотні та лучні рослинні асоціації. Але останні є домінуючими за площами.

Рослинність Пултівцівської відновлювальної території зазнала істотних змін під впливом ерозії та випасання худоби. Тому ренатуралізаційні заходи мають передбачати боротьбу з ерозійними процесами, відновлення та охорону лісової, лучної та водно-болотної рослинності. Завдяки відновленню природи цих територій у майбутньому можна буде сформувати інтерактивний елемент з метою розширення харчових ходів тварин. Також це дозволить розширити Ровецький екокоридор та збільшити його буферну зону. З часом на основі Пултівцівської відновлювальної території можна буде сформувати локальний екокоридор, який поєднуватиме Згарський, Володимирівський та Новоселицький біоцентри.

*Людавська* зона потенційної ренатуралізації виділена на схід та південний схід від села Людавка (рис. 1). Її площа – 161,48 га, периметр – 10329 м. Вона охоплює річкову долину лівої притоки річки Рів із балкою, що примикає до цієї долини. На днищі балки тече струмок. На ньому та на лівій притоці річки Рів сформувались три ставки. У структурі фітоценозів домінують лучні угруповання. Крім них, на цій території наявні асоціації водної та водно-болотної рослинності.

Природоохоронні заходи у межах Людавської зони потенційної ренатуралізації мають бути спрямовані на відновлення лучної та водно-болотної рослинності у балках та на заплавному типі місцевостей, на дотримання охоронного режиму в межах прибережних захисних смуг та захист водних потоків річки і струмка від побутового забруднення. У результаті проведення заходів охорони природи, за рахунок цієї території буде можливість збільшити довжину харчових ходів тварин [17].

*Демидівська* відновлювальна територія охоплює переважно схилі місцевості долини річки Рів. Тут багато балок, борозен

та промоїн. Крім схилів, незначні ділянки території займають вододільні місцевості. Переважають лучні рослинні асоціації. Проте, значні площі займають лісові масиви урочища «Демидівська Дача». Це насадження граба звичайного. Крім граба, тут ростуть дуб звичайний, клен гостролистий, липа серцелиста. Площа цієї зони 186,3 га, її периметр – 10547 м.

Ренатуралізаційні заходи передбачають боротьбу з процесами ерозії, відновлення, догляд та охорону лісової та лучної рослинності. Завдяки цим заходам можна буде сформувати локальний біоцентр із лісовими та лучними ландшафтними комплексами, а також – збільшити буферну зону Рівського екокоридору.

*Потоківська* зона потенційної ренатуралізації охоплює схилі місцевості у долині річки Баран – правого допливу Південного Бугу (рис. 1). Площа зони – 65,2 га, її периметр – 5587 м. Тут сформувалась неглибока балка. У її верхів'ї є джерела підземних вод, що утворюють струмок. Особливу цінність цієї території мають лісові ландшафтні комплекси у верхній частині балки. Значні площі також займають лучні рослинні асоціації.

Основні заходи ренатуралізації у цій зоні мають бути спрямовані на зменшення інтенсивності ерозійних процесів, відновлення та охорону лучної та лісової рослинності. Завдяки цим заходам у майбутньому може бути розширена буферна зона Баранського локального екокоридору, сформована ключова територія локального рівня або інтерактивний елемент для розширення міграційних ходів диких тварин [18].

*Рижавська* відновлювальна територія виділена на сході Жмеринського району, на схід від міста Жмеринка. Її площа – 445,8 га, периметр – 18940 м. Вона займає розгалужену балку, що відкривається з лівого берега у долину річки Баран. На днищі балки тече струмок, що є лівим допливом цієї річки. У межах Рижавської відновлювальної території виявлено угруповання лучної, лісової, аквальної та водно-болотної рослинності. У верхній частині балки сформувалось кілька ділянок лісових ландшафтів. Одна з них представлена частиною урочища «Ліс Леляко-Могилівська Дача». На схилах балки поширені чагарникові угруповання.

Основними заходами ренатуралізації на цій території мають бути боротьба з еро-

зійними процесами, відновлення та охорона лучної, лісової та водно-болотної рослинності. Завдяки цим заходам можна буде збільшити площу Потоківсько-Рижавського біоцентру та розширити його буферну зону.

*Жмеринська* зона потенційної ренатуралізації виділена у центральній частині району, між селами Станіславчик, Жуківці і м. Жмеринка. Її площа – 311,9 га, периметр – 17245 м. Вона охоплює велику, розгалужену балку, що примикає до долини безіменної лівої притоки річки Мурафа. У межах балки виявлено лісові та лучні схилі ландшафтні комплекси з різною крутизною поверхонь. У верхній частині балки поширена водно-болотна рослинність. У середній частині балки сформувався яр із крутими схилами. На днищі балки тече безіменний струмок, що приймає у пригирловій частині дві ліві притоки.

Природоохоронні заходи передбачають відновлення, догляд та охорону лісової, лучної та водно-болотної рослинності й тваринного світу цих біогеоценозів. Завдяки цьому можна буде сформувати великий біоцентр між Хмільницько-Чечельницьким регіональним і Жмеринсько-Травневським локальним екокоридорами [19].

*Петрівківська* зона потенційної ренатуралізації виділена на сході Жмеринського району, на північний схід від села Петрівка (рис. 1). Її площа – 146,68 га, периметр – 9267 м. Вона охоплює балку, що справа примикає до річкової долини річки Баран. Верхів'я цієї балки зайняті лісовою рослинністю. Решта території представлені лучними угрупованнями. На днищі балки джерела живлять струмок, що є правою притокою річки Баран. У верхній частині цей струмок пересихаючий.

У межах Петрівківської зони потенційної ренатуралізації природоохоронні заходи мають бути спрямовані на відновлення лучної та лісової рослинності у балці, дотримання охоронного режиму в межах прибережних захисних смуг та захист водного потоку струмка від забруднення побутовими відходами та стоками.

*Кичманська* відновлювальна територія виділена між селами Яр, Щучинці, Рижавка Жмеринського та селом Маянів Тиврівського районів. Її площа – 260,2 га, периметр – 13724 м. Вона займає вододільні та схилі

місцевості, охоплює лівобережну частину долини безіменного струмка, що є правим допливом річки Баран. До складу цієї території входить лісове урочище «Кичман». У рослинному покриві поширена лісова, лучна та водно-болотна рослинність. Лучні угруповання деградували під впливом випасання худоби, а лісові – під впливом збору грибів, ягід, квітів та незаконного вирубування дерев.

Заходи ренатуралізації передбачають боротьбу з ерозійними процесами, відновлення, догляд і охорону лісової, лучної та водно-болотної рослинності й тваринного світу цих територій. Завдяки цим заходам можна буде сформувати локальний біоцентр на сході Жмеринського району.

*Ярошенківська* зона потенційної ренатуралізації виділена між селами Ярошенка та Щучинці. Її площа – 188,3 га, периметр – 12565 м, вона витягнута у південно-східному напрямку. Зона займає верхню частину долини річки Краснянка – правої притоки Південного Бугу. До її складу ввійшла також балка, що з лівого берега примикає до річкової долини. На днищі балки тече струмок, на якому створено кілька ставків.

*Ярошенківська* зона потенційної ренатуралізації охоплює русло, заплаву та схилу місцевості, що зайняті лісовою, лучною, аквальною та водно-болотною рослинністю. Заходи ренатуралізації у ній мають бути спрямовані на зменшення інтенсивності водної ерозії, відновлення та охорону лучних і лісових фітоценозів. Завдяки цим заходам можна буде збільшити ширину Хмільницько-Чечельницького регіонального екокоридору та його буферної зони [20].

*Тарасівківська* зона потенційної ренатуралізації виділена на південному сході Жмеринського району, на північ від с. Тарасівка (рис. 1). Її площа – 181,8 га, периметр – 9249 м. Вона охоплює частину заплави та, переважно, схилі місцевості річкової долини Мурафи з балкою. У середній та нижній частині балки на днищі сформувався яр з крутими берегами. На днищі балки тече струмок, що у верхній частині пересихає. На цій території поширена деградована лісова та лучна рослинність.

Заходи ренатуралізації мають передбачати боротьбу з ерозійними процесами, відновлення та охорону лісової та лучної рослинності. Завдяки цим заходам можна

буде збільшити площу Мурафського регіонального екокоридору та його буферної зони, сформувати інтерактивний елемент для розширення міграційних ходів диких тварин.

*Травневська* відновлювальна територія виділена на північний схід від села Травневе. Її площа – 191 га, периметр – 10873 м. Вона займає балку, що з лівого берега примикає до долини річки Мурафа. На схилі балки північно-західної експозиції знаходиться великий лісовий масив. На днищі балки тече струмок, що з правого берега приймає тимчасовий водотік. У середній частині балки сформувався глибокий яр. Значна частина відновлювальної території зайнята лучними угрупованнями, біорізноманіття яких зазнало істотних змін під впливом випасання та заготівлі сіна.

Заходи ренатуралізації мають бути спрямовані на боротьбу з процесами водної ерозії, відновлення та охорону лісової та лучної рослинності. Завдяки цим заходам на основі Травневської відновлювальної території у майбутньому можна буде сформувати локальний біоцентр, що забезпечуватиме збереження лісових і лучних ландшафтів, а також – належну якість води у безіменному струмку та його правій притоці.

*Носківецька* відновлювальна територія виділена на південному заході Жмеринського району, між селами Кацмазів, Шевченкове, Носківці, Телелинці (рис. 1). Її площа – 325,2 га, периметр – 16478 м. Вона займає розгалужену балку, що відкривається з лівого берега у долину річки Мурашка. Верхня частина балки зайнята лісовою рослинністю. У середній частині балки з джерела витікає струмок, що приймає з лівого берега тимчасовий водний потік, після чого формується ліва притока річки Мурашка. У середній та нижній частинах балки сформувався глибокий яр. Крім лісових фітоценозів, у межах цієї території поширені лучні та аквальні угруповання рослин.

Основні заходи ренатуралізації у межах Носківецької відновлювальної території передбачають боротьбу з ерозійними процесами, відновлення та охорону лісової та лучної рослинності. Завдяки цим заходам можна буде сформувати локальний біоцентр, створити інтерактивний елемент та збільшити площу буферної зони Мурашківського локального екокоридору [12].

*Лука-Мовчанська* зона потенційної ренатуралізації сформувалась на півдні Жмеринського району, між селами Гута-Мовчанська, Лука-Мовчанська та Мовчани. Її

площа – 91,1 га, периметр – 5507 м. Вона охоплює урочище балки на схиловому типі місцевостей. На днищі балки тече тимчасовий водний потік – права притока річки Мурашка. Крім схилових ландшафтних комплексів, до складу цієї зони ввійшли ділянки заплавної місцевості з урочищами різного висотного рівня та зволоженості. На знижених ділянках сформувались болотні асоціації рослин, на більш підвищених територіях – лучні рослинні угруповання.

Основні заходи ренатуралізації на цій території мають бути спрямовані на зменшення інтенсивності водної ерозії ґрунтів, відновлення та охорону лучної та болотної рослинності. Завдяки цим заходам у майбутньому можуть бути розширені території та буферні зони Мовчанського локального біоцентру та Мурашківського локального екокоридору.

*Мурашківська* зона потенційної ренатуралізації виділена також на півдні Жмеринського району, між селами Лука-Мовчанська, Кацмазів та Мовчани (рис. 1). Її площа – 193,37 га, периметр – 7414 м. Вона охоплює заплаву та схиліві місцевості у долині річки Мурашка. Заплавна місцевість зайнята лучною та водно-болотною рослинністю. Схиліві ландшафтні комплекси є домінуючими у ландшафтній структурі цієї зони. Вони представлені урочищем балки з тимчасовим водним потоком (впадає у річку Мурашка) на днищі. Схили балки зайняті переважно лучними фітоценозами. Крім них, до складу цієї відновлювальної території входить частина урочища «Прилука» із дубовими лісами.

Заходи ренатуралізації передбачають боротьбу з ерозійними процесами, відновлення та охорону лучної, лісової та водно-болотної рослинності. Завдяки цим заходам можна буде збільшити площу Мовчанського біоцентру та його буферної зони, сформувати інтерактивний елемент, що відгалужуватиметься від Мурашківського локального екокоридору.

*Чапаївська* відновлювальна територія виділена на південному заході Жмеринського району, на схід від села Голубівка та на південний схід від с. Чапаївка. Її площа – 91 га, периметр – 7223 м. Вона охоплює схиліві місцевості у долині лівої притоки річки Мурафа. Переважна частина цієї території зайнята лісовою рослинністю урочища «Велика Дубина». Тут знаходиться ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Вікові дуби».



Ренатуралізаційні заходи на цій території мають передбачати відновлення та охорону лісової рослинності. Завдяки цим заходам у майбутньому можна буде сформувати новий біоцентр або інтерактивний елемент для розширення міграційних ходів дикої фауни.

Олександрівська зона потенційної ренатуралізації виділена також на південному заході Жмеринського району, між селами Слобода-Чернятинська, Олександрівка, Шевченкове та Кудіївці (рис. 1). Її площа – 161,5 га, периметр – 11982 га. Вона охоплює

схиліві місцевості з балкою. На днищі цієї балки тече струмок – ліва притока річки Мурафа. У нижній частині балки сформувався глибокий яр. У структурі фітоценозів майже однакові площі займають ліси та луки. Основні заходи ренатуралізації у цій зоні передбачають боротьбу з ерозійними процесами, відновлення та охорону лучної та лісової рослинності. Завдяки цим заходам у майбутньому тут може бути сформований інтерактивний елемент для розширення міграційних ходів диких тварин.

### Висновки

Отже, у межах Жмеринського району Вінницької області виділено 23 відновлювальних території загальною площею 5449,61 га, що становить 4,8 % від площі району. Для компенсації у майбутньому незначної кількості біоцентрів, найбільше відновлювальних територій виділено у північно-західній, південній та південно-східній частинах району. Вони охоплюють руслові, заплавні, схиліві та вододільні місцевості. Домінуючими є урочища балок на схилах річкових долин з лісовою та лучною рослинністю. Значну частину зон потенційної ренатуралізації займають аквально-водноболотні комплекси, зокрема й у витоках річок і струмків.

Виявлено, що основними антропогенними чинниками деградації природи відновлювальних територій є випасання худоби,

заготівля сіна, збір грибів, ягід, квітів, незаконне вирубування дерев, забруднення побутовими відходами, скидання господарсько-побутових стоків у річки та струмки.

Головними природоохоронними заходами мають бути припинення ерозійних процесів, відновлення різноманіття та охорона рослинності й тваринного світу, контроль за дотриманням охоронного режиму в межах прибережних захисних смуг, ліквідація стихійних звалищ побутових відходів, захист водних потоків від забруднення. За допомогою цих заходів можна буде відновити деградовані ділянки природи, збільшити кількість та площі ключових, сполучних і буферних територій. У результаті поліпшаться стан навколишнього середовища, умови існування флори, фауни та життєдіяльності населення.

### 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. Програма розвитку заповідного фонду та екомережі. Департамент екології та природних ресурсів Закарпатської обласної державної адміністрації. 2006. URL: [https://ecozakarp.at.gov.ua/?page\\_id=17](https://ecozakarp.at.gov.ua/?page_id=17) (дата звернення: 19.05.2020).
2. Конякін С. М. Регіональна екомережа Черкаської області: географічні аспекти формування і розвитку. *Фізична географія та геоморфологія*. 2014. Вип. 3(75). С. 89-100.
3. Карпюк З. К. Внутрішня функціональна структура екологічної мережі Волинського Полісся (у межах Волинської області): автореф. дис. на здобуття наук. ступеню канд. геогр. наук: спеціальність 11.00.11 «Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів». Львівський національний університет імені Івана Франка. Львів, 2014. 20 с.
4. Блэкберн А. А. Структура районных схем экологической сети северной части Донецкой области. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013. № 1-2. С. 51-56. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/958>

5. Загороднюк І., Ключев В., Форощук В. Атлас екомережі Луганщини. Луганськ: Видавництво «Віртуальна реальність», 2014. 156 с.
6. Швайко В. М., Манюк В. В. Структурування екомережі на субрегіональному рівні (Покровський та Межівський райони Дніпропетровської області). *Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Геологія, географія*. 2017. 25 (1). С. 119 – 130. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111713>
7. Кондратюк Т. Структурно-функціональна характеристика відновлювальних територій екологічної мережі України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. Вип. 243. С.125-133.
8. Яцентюк Ю. В. Екомережа Мурованокуріловецького району як парадинамічна антропогенна ландшафтна система. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету ім. М. Коцюбинського. Серія: Географія*. 2016. Вип. 28. № 3-4. С. 35-44. URL: [http://geoscience.vinnica.ua/wp-content/uploads/2019/03/vypusk\\_28\\_n3-4-2016\\_07\\_yatsentyuk.pdf](http://geoscience.vinnica.ua/wp-content/uploads/2019/03/vypusk_28_n3-4-2016_07_yatsentyuk.pdf)
9. Яцентюк Ю. В. Парадинамическая антропогенная ландшафтная система экосети Могилёв-Подольского района Винницкой области Украины. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2018. Вып.2. С. 35-49. URL: <https://journals.bsu.by/index.php/geography/article/view/821>
10. Яцентюк Ю. В. Екомережа Могилів-Подільського району. *Шоста Могилів-Подільська науково-краєзнавча конференція : матеріали конференції, (Могилів-Подільський, 27-28 жовтня 2017 р.)*. Вінниця: ПП Балюк І.Б., 2017. С. 420 – 423.
11. Іщенко В., Коріненко М., Кватернюк С. Розроблення схеми екологічної мережі Немирівського району Вінницької області. *Екологічна безпека та природокористування*. 2012. Т. 9. № 2. С. 88-94.
12. Яцентюк Ю. В. Екомережа Жмеринського району як парадинамічна антропогенна ландшафтна система. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія*. 2018. Вип. 30, № 1-2. С. 101-109. URL: [http://geoscience.vinnica.ua/wp-content/uploads/2019/01/vypusk\\_30\\_n1-2-2018\\_15\\_yatsentyuk-1.pdf](http://geoscience.vinnica.ua/wp-content/uploads/2019/01/vypusk_30_n1-2-2018_15_yatsentyuk-1.pdf)
13. Яцентюк Ю. В. Відновлювальні території парадинамічної антропогенної ландшафтної системи екомережі Мурованокуріловецького району Вінниччини. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2018. №1-2. С. 29-39. URL: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2018-29-03>
14. Яцентюк Ю. В. Восстановительные территории парадинамической антропогенной ландшафтної системи экосети Могилев-Подольского района Винницкой области Украины. *Магілёўскі мерыдьян*. 2018. Т.18. Вып. 3-4 (43-44). С. 22–26.
15. Яцентюк Ю. В. Регіональні парадинамічні антропогенні ландшафтні системи: дис. ... доктора геогр. наук: 11.00.11. Київ, 2019. 514 с.
16. Яцентюк Ю. В. Екомережа Вінницької області: монографія. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2011. 128 с.
17. Яцентюк Ю. В. Відновлювальні території екомережі Вінницької області. *Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування : матеріали І Всеукр. наук. конф. студентів, магістрантів, аспірантів та молодих вчених, (Харків, 29 листопада – 1 грудня 2012 р.)*. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. С. 126-128.
18. Яцентюк Ю. В. Сполучні території парадинамічної антропогенної ландшафтної системи екомережі Жмеринського району. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2018: тези доп. XXI Міжнар. наук.-практ. конф., (Харків, 2018 р.)*. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. С. 206–209.
19. Яцентюк Ю. В. Екомережа як антропогенна парадинамічна ландшафтна система (на прикладі Вінницької області). *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету ім. М. Коцюбинського. Серія: Географія*. 2014. Вип. 26. С. 17–24.
20. Яцентюк Ю. Регіональна екомережа Вінницької області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2012. № 1-2. С. 77-85. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/925>

### References

1. Program for the development of the reserve fund and ecological network. (2006). Department of Ecology and Natural Resources of the Zakarpattia Regional State Administration. Retrieved from [https://ecozakarp.at.gov.ua/?page\\_id=17](https://ecozakarp.at.gov.ua/?page_id=17) (in Ukrainian).
2. Koniakin, S. M. (2014). Regional econetwork of Cherkasy region: geographical aspects of formation and development. *Physical geography and geomorphology*, (3(75)), 89-100. (in Ukrainian).
3. Karpiuk, Z. K. (2014). Internal functional structure of the ecological network of Volyn Polissya (within the Volyn region)/ (Master's thesis). Lviv (in Ukrainian).

4. Blakbern, A. A. (2013). The structure of district schemes of the ecological network of the northern part of the Donetsk region. *Man and the environment. Issues of neoecology*, (1-2), 51-56. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/958> (in Russian).
5. Zahorodniuk, I., Kliuiev, V. & Foroshchuk, V. (2014). Atlas of the ecological network of Luhansk region. Luhansk (in Ukrainian).
6. Shvaiko, V. M. & Maniuk, V. V. (2017). Sub-regional econetwork structuring (Pokrovsky and Mezhyv districts of Dnipropetrovsk region). *Bulletin of the University of Dnipropetrovsk. Geology, geography*. 25 (1), 119 – 130. Retrieved from <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111713> (in Ukrainian).
7. Kondratiuk, T. (2016) Structurally-functional characteristic of recovery territories of the ecological network of Ukraine. *Naukoviy visnik Natsionalnogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukrayini*, (243), 125-133 (in Ukrainian).
8. Yatsentyuk, Yu. V. (2016). The ecological network of Murovanokurylovetsky district of Vinnytsia region as a paradyamic anthropogenic landscape system. *Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after M. Kotsyubinsky. Series: Geography*, 28 (3-4). 35-44. Retrieved from [http://geoscience.vinnica.ua/wp-content/uploads/2019/03/vypusk\\_28\\_n3-4-2016\\_07\\_yatsentyuk.pdf](http://geoscience.vinnica.ua/wp-content/uploads/2019/03/vypusk_28_n3-4-2016_07_yatsentyuk.pdf) (in Ukrainian).
9. Yatsentyuk, Yu. V. (2018). Paradyamic anthropogenic landscape system of the econetwork of Mogyliv-Podilsky district of Vinnytsia region of Ukraine. *Journal of Belarussian State University. Geography and Geology*, (2), 35-49. Retrieved from <https://journals.bsu.by/index.php/geography/article/view/821> (in Russian).
10. Yatsentyuk, Yu. V. (2017). Econetwork of Mohyliv-Podilskyi district. *Sixth Mohyliv-Podilskyi scientific and local lore conference*, Vinnytsia, 420 - 423 (in Ukrainian).
11. Ishchenko, V., Korinenko, M. & Kvaternjuk, S. (2012). Development of the scheme of the ecological network of Nemyriv district in Vinnytsia region. *Ekologichna bezpeka ta prirodokoristuvannya*, 9 (2), 88-94 (in Ukrainian).
12. Yatsentyuk, Yu. V. (2018). The econetwork of Zhmerynka district as a paradyamic anthropogenic landscape system. *Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after M. Kotsyubinsky. Series: Geography*, 30 (1-2), 101-109. Retrieved from [http://geoscience.vinnica.ua/wp-content/uploads/2019/01/vypusk\\_30\\_n1-2-2018\\_15\\_yatsentyuk-1.pdf](http://geoscience.vinnica.ua/wp-content/uploads/2019/01/vypusk_30_n1-2-2018_15_yatsentyuk-1.pdf) (in Ukrainian).
13. Yatsentyuk, Yu. V. (2018). The recovery territories of the paradyamic anthropogenic landscape system of the econetwork of Murovanokurylovetsky district of Vinnytsia region. *Man and the environment. Issues of neoecology*, (1-2), 29-39. Retrieved from <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2018-29-03> (in Ukrainian).
14. Yatsentyuk, Yu. V. (2018). The recovery territories of the paradyamic anthropogenic landscape system of the econetwork of Mogyliv-Podilsky district of Vinnytsia region of Ukraine. *Mogilev meridian*, 18 (3-4), 22–26 (in Russian).
15. Yatsentyuk, Yu. V. (2018). *Regional Paradyamic Anthropogenic Landscape Systems*: Dissertation for the degree of Doctor of Geographical Sciences, specialty 11.00.11. Kyiv (in Ukrainian).
16. Yatsentyuk, Yu. V. (2011). *The econetwork of Vinnytsia region*. Vinnytsia (in Ukrainian).
17. Yatsentyuk, Yu. V. (2012). The recovery territory of the ecological network of Vinnytsia region. *Proceedings of the First All-Ukrainian Sciences Conference for students, undergraduates, graduate students and young scientists: Ecology, neoecology, environmental protection and balanced nature management*, Kharkiv, 2012, November 29 - December 1 (pp. 126-128). Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv National University (in Ukrainian).
18. Yatsentyuk, Yu. V. (2018). Connective territories of the paradyamic anthropogenic landscape system of econetwork of Zhmerynky district. *Proceedings of the Conference: Ecology, environmental protection and sustainable use of nature: education - science - production – 2018*, Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv National University, 206–209 (in Ukrainian).
19. Yatsentyuk, Yu. V. (2014). Ecological network as an anthropogenic paragenetic landscape system (on the example of Vinnytsya region). *Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after M. Kotsyubinsky. Series: Geography*, 26. 17–24 (in Ukrainian).
20. Yatsentyuk, Yu. V. (2012). The regional econetwork of Vinnitsya region. *Man and the environment. Issues of neoecology*, (1-2), 77-85. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/925> (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 23.04.2020

Прийнята 22.05.2020

УДК (UDC) 504.5:911:005.3:351.824.11:35.073.6:347.218.1(477)

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-33-06>

Л. А. ГОРОШКОВА<sup>1</sup>, д-р екон. наук, доц., Є. В. ХЛОБИСТОВ<sup>2</sup>, д-р екон. наук, проф.,  
О. В. МАСЛОВА<sup>1</sup>, канд. фіз.-мат. наук, доц.

<sup>1</sup>Запорізький національний університет

вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600, Україна

<sup>2</sup>Національний університет «Києво-Могилянська академія»

вул. Григорія Сковороди, 2, м.Київ, 04655, Україна

e-mail: [goroshkova69@gmail.com](mailto:goroshkova69@gmail.com)

[ievgen.khlobystov@ukr.net](mailto:ievgen.khlobystov@ukr.net)

[znuecologmas@gmail.com](mailto:znuecologmas@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7142-4308>

<http://orcid.org/0000-0002-9983-9062>

<https://orcid.org/0000-0002-8931-1395>

## ДЕТЕРМІНАНТИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ: НАЦІОНАЛЬНИЙ ВИМІР ГАЛУЗЕВОЇ КРИВОЇ КУЗНЕЦЯ

**Мета.** Моделювання умов досягнення «поворотної точки» в моделі екологічної кривої Кузнеця (ЕКК) для умов економіки України.

**Методи.** Використані загальнонаукові (аналіз та синтез, індукція та дедукція, аналітичне групування) та спеціальні (абстрагування, моделювання і т. ін.) методи вивчення економічних явищ і процесів.

**Результати.** Задля визначення умов сталого розвитку національного господарства запропоновано використати галузевий підхід. В його основу покладено ідею, що досягти стійкого поворотного моменту у моделі ЕКК для України можливо шляхом управління її параметрами на рівні провідних галузей економіки. Такими галузями для України є такі: переробна; добувна і розроблення кар'єрів; сільське, лісове та рибне господарство; постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря; транспорт, складське господарство, пошта та кур'єрська служба. Доведено, що причини недосягнення стійкого поворотного моменту полягають в тому, що гальмуючий вплив здійснює добувна галузь; транспорт, складське господарство, пошта та кур'єрська служба й сільське, лісове та рибне господарство. Показано, що пріоритетними для розвитку економіки України є переробна галузь та енергетика, оскільки саме в них є переважні економічні умови отримання вищого рівня доданої вартості в порівнянні з добувною галуззю, а сільськогосподарський потенціал України можливо використати в разі підвищення рівня оплати праці персоналу галузі. Встановлено, що негативні тенденції у транспортній галузі пов'язані із низькою екологічністю транспортних засобів, що використовуються в Україні і, як наслідок, збільшення останніми роками обсягів викидів шкідливих речовин.

**Висновки.** Доведено, що ЕКК для України може бути побудована на основі взаємозв'язку між обсягами викидів діоксида сірки, діоксида азоту, оксида, діоксида вуглецю й доходом на душу населення України. Встановлено, що крива Кузнеця в умовах України має «точковий» характер. Запропоновано ЕКК, побудовану на основі взаємозв'язку між обсягами викидів шкідливих речовин та величиною середнього номінального доходу на одного працюючого у провідних галузях національного господарства. Доведено, що забезпечити сталий розвиток економіки України можливо шляхом екологізації виробництва в межах наявної структури національної економіки на основі використання галузевих капітальних інвестицій та активізації державної підтримки природоохоронних заходів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** екологічна крива Кузнеця, сталий розвиток, економічне зростання, ВВП, доход на одного працюючого, галузь національного господарства, викиди забруднюючих речовин

© Горошкова Л. А., Хлобистов Є. В., Маслова О. В., 2020



[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/)

**Horoshkova L. A.<sup>1</sup>, Khlobystov I. V.<sup>2</sup>, Maslova O. V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Zaporizhzhia National University, Zhukovsky St., 66, Zaporizhzhia, 69600, Ukraine

<sup>2</sup>National University of «Kyiv-Mohyla Academy», Hryhoriy Skovoroda St., 2, Kyiv, 04655, Ukraine

### **DETERMINANTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT: NATIONAL DIMENSION OF ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE**

**Purpose.** The study objective was to model the conditions to reach the "turning point" in the environmental Kuznets curve model (EKC) for the Ukrainian economy.

**Methods.** In the research general scientific (analysis and synthesis, induction and deduction, analytical grouping) and special (abstraction, modelling, etc.) methods of studying economic phenomena and processes have been used.

**Results.** To determine the conditions for maintaining sustainable development of the national economy, it has been proposed to use sectoral approach. It is based on the idea that to reach the sustainable turning point in the EKC model for Ukraine, key parameters of its leading economic sectors have to be managed. Such industries for Ukraine are: processing; mining and quarry development; agriculture, forestry and fisheries; supply of electricity, gas, steam and conditioned air; transport, warehousing, post and courier service. It has been proved that sustainable turning point was not reached because mining, transport, warehousing, post and courier services, agriculture, forestry and fisheries put back. It has been demonstrated that processing industry and energy are the priority sectors for the development of Ukraine's economy, because they have the predominant economic conditions to get higher added value compared with mining, and Ukraine's agricultural capacity could be used to increase wages of the sector's staff. It has been determined that transport sector's negative trends are explained by few environmentally friendly vehicles in Ukraine and, as a result, higher recent emissions of air pollutants.

**Conclusions.** It has been proved that EKC for Ukraine could be built on the basis of correlation between sulfur dioxide, nitrogen dioxide, oxide, carbon dioxide emissions and income per capita in Ukraine. It has been found out that Kuznets curve in Ukraine is "point"-like. The EKC based on correlation between emissions of air pollutants and average nominal income per capita in the leading sectors of the national economy has been proposed. It has been proved that it is possible to ensure sustainable development of Ukraine's economy by greening production within the existing structure of the national economy based on sectoral capital investment and intensification of government support policy of environment.

**KEY WORDS:** environmental Kuznets curve, sustainable development, economic growth, GDP, income per capita, branches of national economy, emissions of air pollutants

**Горошкова Л. А.<sup>1</sup>, Хлобыстов Е. В.<sup>2</sup>, Маслова О. В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Запорожский национальный университет, ул. Жуковского, 66, г. Запорожье, 69600, Украина

<sup>2</sup>Национальный университет «Киево-Могилянская академия», ул. Григория Сковороды, 2, Киев, 04655, Украина

### **ДЕТЕРМИНАНТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: НАЦИОНАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ОТРАСЛЕВОЙ КРИВОЙ КУЗНЕЦА**

**Цель.** Моделирование условий достижения «поворотной точки» в модели экологической кривой Кузнецца (ЭКК) для условий экономики Украины.

**Методы.** Используются общенаучные (анализ и синтез, индукция и дедукция, аналитическое группировки) и специальные (абстрагирование, моделирование и т. Д.) Методы изучения экономических явлений и процессов.

**Результаты.** Для определения условий устойчивого развития национального хозяйства предложено использовать отраслевой подход. В его основу положена идея, что достичь устойчивого поворотного момента в модели ЭКК для Украины возможно путем управления ее параметрами на уровне ведущих отраслей экономики. Такими отраслями для Украины являются: перерабатывающая; добывающая и разработки карьеров; сельское, лесное и рыбное хозяйство; поставки электроэнергии, газа и кондиционированного воздуха; транспорт, складское хозяйство, почта и курьерская служба. Доказано, что причины недостижения устойчивого поворотного момента заключаются в том, что тормозящее влияние осуществляет добывающая отрасль; транспорт, складское хозяйство, почта и курьерская служба и сельское, лесное и рыбное хозяйство. Показано, что приоритетными для развития экономики Украины является перерабатывающая отрасль и энергетика, поскольку именно в них предпочтительны экономические условия получения высшего уровня добавленной стоимости по сравнению с добывающей отраслью, а сельскохозяйственный потенциал Украины возможно использовать в случае повышения уровня оплаты труда персонала отрасли. Установлено, что негативные тенденции в транспортной отрасли связаны с низкой экологичностью транспортных средств, используемых в Украине и, как следствие, увеличение в последние годы объемов выбросов вредных веществ.

**Выводы.** Доказано, что ЭКК для Украины может быть построена на основе взаимосвязи между объемами выбросов диоксида серы, диоксида азота, оксида, диоксида углерода и доходом на душу насе-

лення України. Установлено, що крива Кузнеца в умовах України має «точечний» характер. Предложено ЕКК, побудовану на основі взаємозв'язку між об'ємами викидів шкідливих речовин і величиною середнього номінального доходу на одного працюючого в провідних галузях національного господарства. Доведено, що стійке економічне зростання України можливо шляхом екологізації виробництва в межах існуючої структури національної економіки на основі використання галузевих капітальних інвестицій і активізації державної підтримки природоохоронних заходів.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** екологічна крива Кузнеца, стійке економічне зростання, економічний ріст, ВВП, дохід на одного працюючого, галузь національного господарства, викиди шкідливих речовин

### *Вступ*

Проблеми економічного зростання, чинників і факторів, що його формують і забезпечують сталий розвиток національного господарства привертають останнім часом усе більшу увагу. Це викликано поглибленням екологічної кризи наприкінці ХХ століття, що і зумовлює необхідність впровадження радикальних заходів щодо цілей, механізмів та пріоритетів розвитку. Саме тому актуалізувалась проблема формування моделі сталого розвитку національного господарства з урахуванням нових реалій, особливостей економічних систем, наявності ресурсів, стану довкілля, обсягів виробництва, рівня життя населення та інших факторів внутрішнього та зовнішнього середовища.

Проблеми сталого розвитку традиційно розглядаються на макро-, мезо- та мікрорівнях з виокремленням економічної, екологічної і соціальної детермінант [1-3]. Щодо зв'язку між економічною та екологічною складовою, то одну з моделей запропонував Саймон Кузнець, відповідно до якої існує взаємозв'язок між доходами (економічним зростанням) та забрудненням навколишнього середовища, що має нелінійний характер – вигляд перевернутої параболічної кривої. Обернена U-подібна залежність між рівнями забруднення довкілля і середньодушових доходів, встановлена для умов останніх десятиліть ХХ ст., була запропонована у 1954 році. С.Кузнець у 1955 році статистично довів, що на ранніх стадіях розвитку країн майнова нерівність між бідними і багатими зростає, натомість пізніше, коли країни багатшають, нерівність доходів зменшується.

У 1990-х рр. модель ЕКК стала базовою теоретичною концепцією для досліджень з економіки природокористування на макrorівні (національних та регіональних економік). Як зазначає Д. Стерн [4, с.2], концепція ЕКК виникла на початку 1990-х рр. із досліджень Г. Гроссмана і А. Крюгера [5] щодо потенційного впливу на довкілля Північноамериканської зони вільної торгівлі

NAFTA (North American Free Trade Agreement), а також Н. Шафік і С. Бандіо-падхіай [6] для Звіту про світовий розвиток (World Development Report) 1992 року. Однак ідея про те, що економічне зростання потрібне для поліпшення якості довкілля, висунута раніше Світовою комісією із довкілля та розвитку (World Commission on Environment and Development) як складова аргументації необхідності сталого розвитку в програмній доповіді ООН «Наше спільне майбутнє» (1987 р.) [7].

Модель ЕКК популяризована Світовим банком у World Development Report 1992 року, з огляду на те, що із зростанням доходів попит на поліпшення якості довкілля має зростати, інвестиційні ресурси – збільшуватися, а уявлення, що більша економічна активність безнадійно псує довкілля, виходить із статичного уявлення про технології та інвестиції в нього [8]. Інші автори, зокрема У. Бікерман [9, с. 482], висловлювалися ще радикальніше про те, що економічне піднесення на ранніх стадіях зазвичай призводить до деградації навколишнього природного середовища, однак на завершальній стадії найкращим, якщо не єдиним шляхом досягнення його прийнятної якості у більшості країн є зростання добробуту. Водночас, зазначає Д. Стерн [4, с. 2], ніколи не було доведено, що залежність ЕКС встановлена для всіх забруднюючих речовин та впливів на довкілля, а результати окремих досліджень, зокрема С. Дасгупти та інших [10], ставлять під сумнів існування універсальної залежності ЕКК у загальному випадку.

В Україні проблематику ЕКС досліджують О. В. Кубатко та О. В. Нілова [11], Вони оцінили функціональну форму екологічної кривої Кузнеца для забруднювачів повітря в нашій державі. Туниця Т. Ю. [12] досліджувала можливості адаптації теорії Кузнеца до вирішення сучасних еколого-економічних проблем сталого розвитку, розкрила наукові підходи низки західних вчених до

емпіричної перевірки ЕКК для екологічної оцінки стійкості довкілля та сталого розвитку та виконала перевірку моделі за даними України на виявлення взаємозв'язків між обсягами викидів та ВВП на душу населення. Результати власних досліджень авторів зазначеної проблеми узагальнені у [13-15].

У процесі вирішення проблем сталого розвитку науковці розглядають різні напрями

### Методика

У процесі проведення дослідження використані загальнонаукові (аналіз та синтез, індукція та дедукція, аналітичне групування) та спеціальні (абстрагування, моде-

ії дослідження та вирішення. Одним з них є вивчення взаємозв'язків між економічним зростанням та екологічною стійкістю. Отже існує необхідність моделювання умов, механізмів та можливостей реалізації гіпотези екологічної кривої Кузнеця в умовах України задля прогнозування параметрів сталого розвитку національного господарства.

лювання і т. ін.) методи вивчення економічних явищ і процесів. Об'єктом дослідження є параметри та умови реалізації гіпотези екологічної кривої С. Кузнеця для України.

### Результати та їх обговорення

З урахуванням того, що існує взаємозв'язок між показниками економічного розвитку та екологічною сталістю, за даними Державної служби статистики України досліджена динаміка темпів зростання доходів на душу населення (номінальних доходів на душу населення) викидів діоксида сірки, діоксида азоту, оксида та діоксида вуглецю впродовж 1991-2017 років (рис. 1).

Аналіз дозволяє дійти таких висновків: до рівня доходів 19525,89 грн. (2009 рік) спостерігалось збільшення викидів, яке змінилось їх зменшенням. Після цього знов відбулось зростання викидів до моменту досягнення рівня доходів 34264 грн. у 2013 році (середньомісячний дохід 2855 грн.) з якого знов таки почалось зменшення рівня викидів шкідливих речовин.

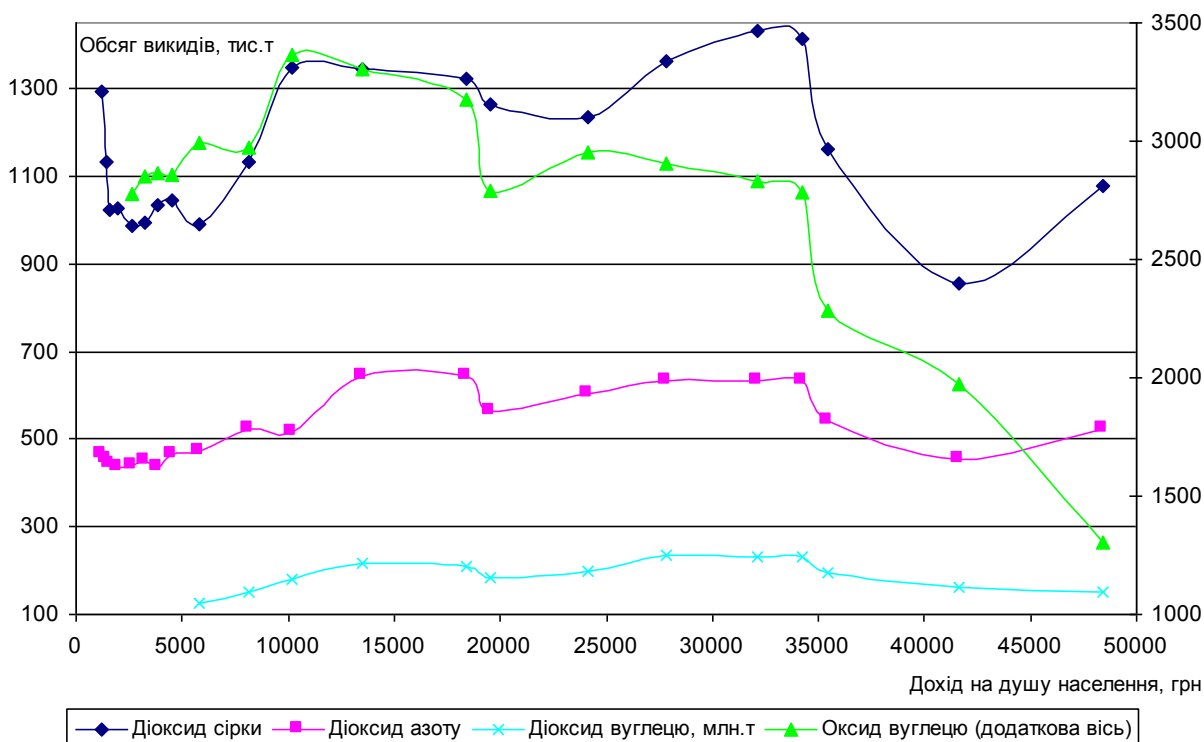
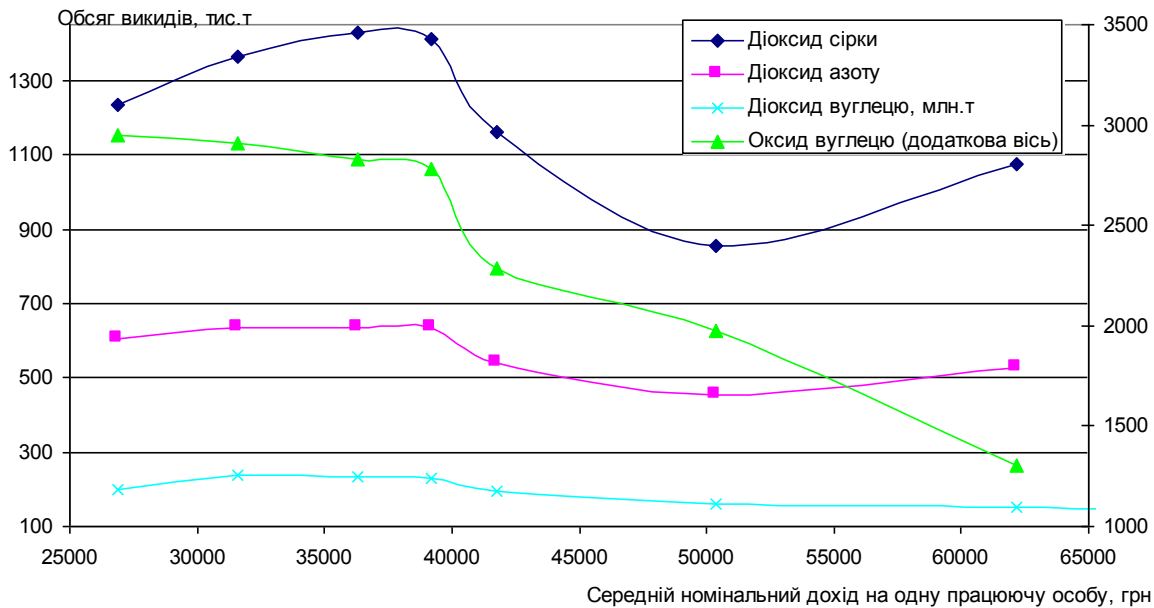


Рис. 1 – Динаміка взаємозв'язку між річним доходом на душу населення України та обсягами викидів діоксида сірки (з 1990 року), діоксида азоту (з 1990), оксида (з 2000 року) та діоксида вуглецю (з 2004 року) до 2017 року

З урахуванням того, що дохід на душу населення формується за рахунок доходів працюючих у країні, побудована взаємозалежність між середнім номінальним доходом на одну працюючу особу та обсягами викидів шкідливих речовин продовж 2010 – 2017 років (рис. 2). Як бачимо, максимум зростання викидів відповідає рівню номінальних доходів 39180 грн. (середньомісячний номінальний дохід на одну пра-

цюючу особу 3265 грн.) і спостерігається він у 2013 році, після цього рівень викидів почав знижуватись. Співставлення із ЕКК дозволяє дійти висновку, що номінальним доходом на одну працюючу особу у розмірі 39180 грн. є тією «поворотною точкою», яка забезпечує зміну екологічної ситуації у країні. Але, як бачимо, щодо діоксиду сірки, то негативні тенденції у 2017 році частково почали відновлюватись.



**Рис. 2** – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну працюючу особу в Україні та обсягами викидів діоксида сірки, діоксида азоту, оксида та діоксида вуглецю впродовж 2010 - 2017 років

Оскільки екологічний стан будь-якої країни залежить від ситуації у галузях її національного господарства, на нашу думку доцільно провести аналіз можливості досягнення «поворотної точки» у провідних галузях економіки України. Для аналізу обрані такі галузі: добувна галузь та розроблення кар'єрів; переробна галузь; постачання електроенергії, газу, пару та кондиціонованого повітря; транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська служба; сільське, лісове та рибне господарство.

З метою оцінки екологічної ситуації та можливості досягнення «поворотної точки», побудовані ЕКК для усіх аналізованих галузей.

На рис. 3 наведена взаємозалежність між викидами шкідливих речовин та рівнем середньомісячного номінального доходу на одну особу у добувній галузі та розробленні кар'єрів.

Отриману залежність можливо вважати ЕКК для добувної галузі та розроблення кар'єрів. На ній спостерігається «поворотна точка», яка відповідає рівню середнього номінального доходу на одну особу у галузі 63468 грн. (5289 грн. / місяць) і досягнута вона була у 2013 році. Як бачимо, величина доходу є суттєво вищою за відповідний показник в цілому по Україні (39180 грн.), що можливо пояснити тим, що рівень заробітних плат у добувній галузі завжди є вищими за інші.

На рис. 4 та 5 наведені взаємозалежності між викидами шкідливих речовин та рівнем середньомісячного номінального доходу на одну особу у переробній галузі та металургії відповідно. Їх можливо вважати ЕКК для переробної галузі та металургії. На них спостерігаються «поворотні точки», але не такі чіткі, як у попередньому випадку. Спочатку спад викидів почався за величини



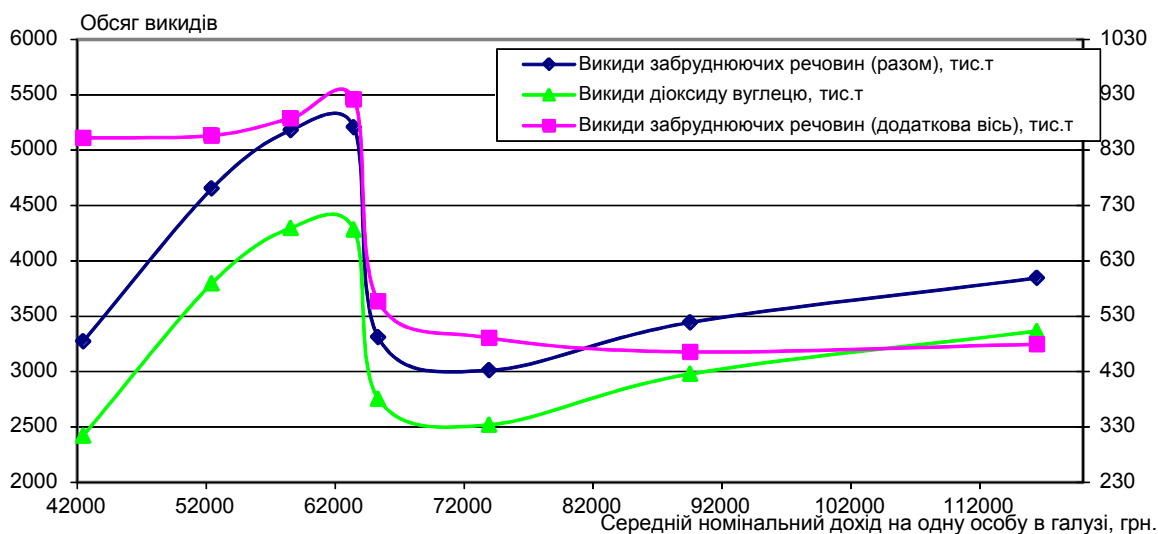


Рис. 3 – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну особу у добувній галузі України та обсягами викидів діоксиду вуглецю та інших речовин впродовж 2010 - 2017 років

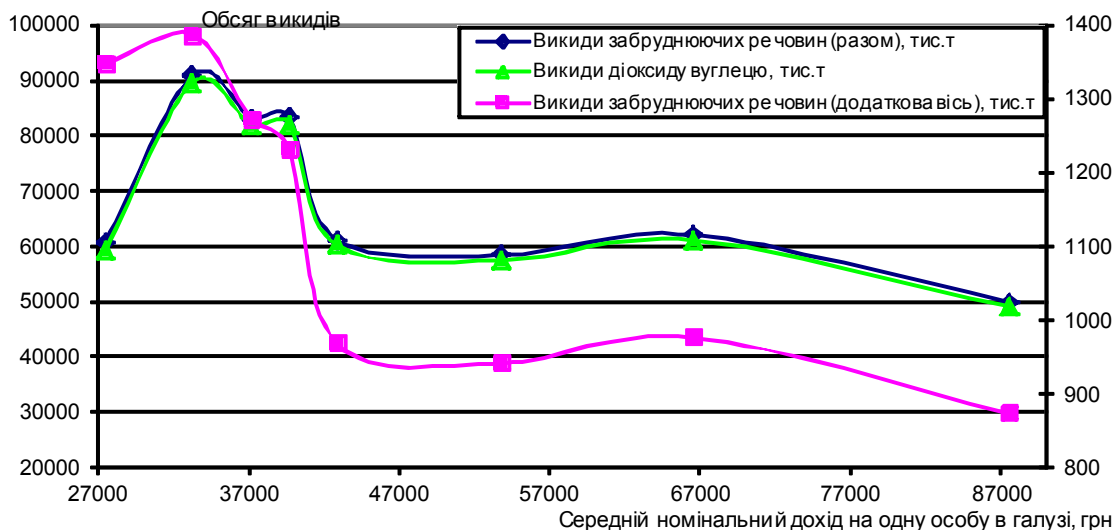


Рис. 4 – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну особу у переробній галузі України та обсягами викидів діоксиду вуглецю та інших речовин впродовж 2010 - 2017 років

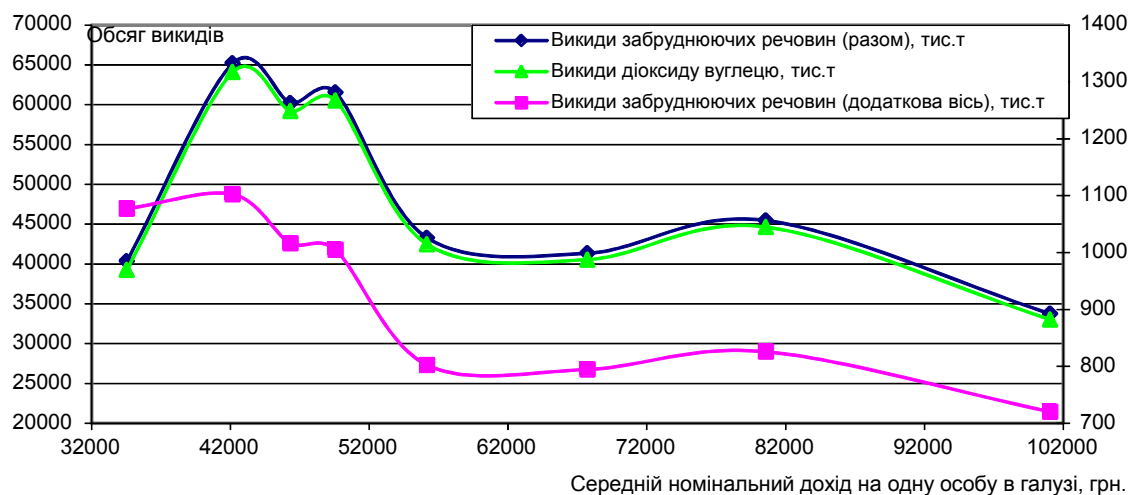


Рис. 5 – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну особу у металургії України та обсягами викидів діоксиду вуглецю та інших речовин впродовж 2010 - 2017 років

середнього номінального доходу в галузі на рівні 33252 грн. (2771 грн./місяць (2011 рік), але він виявився нестійким і наступний спад спостерігався на величині 39732 грн. (3311 грн. /місяць) у 2013 році.

Як бачимо, величина доходу у першій точці є дещо нижчою за відповідний показник у цілому по Україні (39180 грн.), тому, можливо, і не відбулось очікуваних змін. У 2013 році величина середнього номінального доходу в переробній галузі стала на рівні середньої по країні і була досягнута стійка «поворотна точка».

Подібні до переробної галузі тенденції спостерігаються у металургії, яка входить до її складу. Спочатку спад викидів почався за величини середнього номінального доходу в металургії на рівні 42180 грн. (3515 грн. /місяць (2011 рік), але він виявився нестійким і наступний спад спостерігався на величині 49584 грн. (4132 грн. /місяць) у 2013 році.

Як бачимо, величина доходу у першій точці виявилась вищою за відповідний показник у цілому по Україні (39180 грн.), але її виявилось недостатньо і стійкий перелом відбувся у 2013 році, як і переробній галузі

загалом. Отже «поворотною точкою» для металургії є рівень величина середнього номінального доходу на одну особу у розмірі 49584 грн.

На рис. 6 наведена взаємозалежність між викидами шкідливих речовин та рівнем середньомісячного номінального доходу на одну особу у галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря.

Отриману залежність, як і попередню, можливо вважати ЕКК для галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря. На ній спостерігаються дві «поворотні точки». Спочатку спад викидів почався за величини середнього номінального доходу в галузі на рівні 58620 грн. (4885 грн. /місяць (2014 рік), але він виявився не досить стійким і наступний спад спостерігався на величині 83016 грн. (6918 грн. /місяць) у 2016 році.

Як бачимо, величина доходу у першій точці є вищою за відповідний показник у цілому по Україні (39180 грн.), але він виявився недостатнім. У 2016 році величина середнього номінального доходу у галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря виявилась достатньою для досягнення стійкої «поворотної точки».

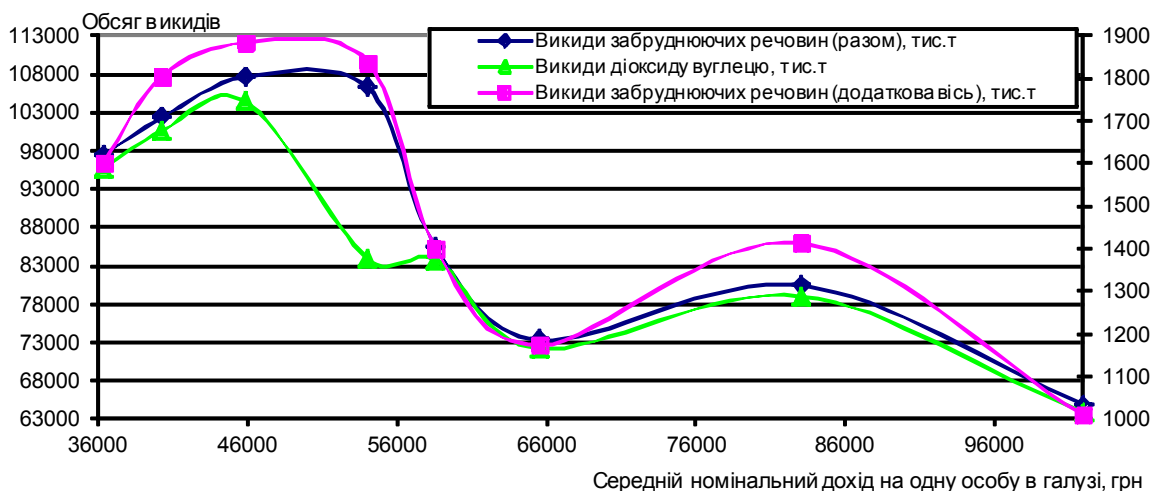
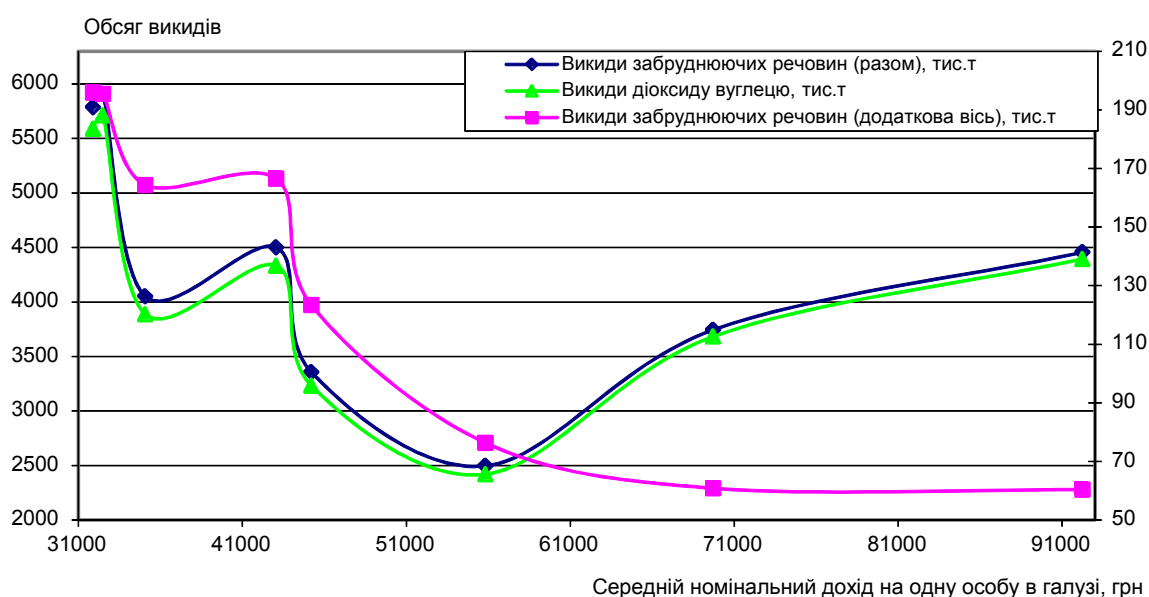


Рис. 6 – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну особу у галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря України та обсягами викидів діоксиду вуглецю й інших речовин впродовж 2010 - 2017 років

На рис. 7 наведена взаємозалежність між викидами шкідливих речовин та рівнем середньомісячного номінального доходу на одну особу у галузі транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської служби. Її можливо вважати ЕКК для галузі транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської служби. На ній спостерігаються

дві «поворотні точки». Спочатку спад викидів почався за величини середнього номінального доходу в галузі на рівні 32508 грн. (2709 грн. / місяць (2011 рік), але він виявився не досить стійким оскільки ця величина є нижчою за відповідний показник у цілому по Україні (39180 грн.), тому, можливо, і не відбулось очікуваних змін. У 2013



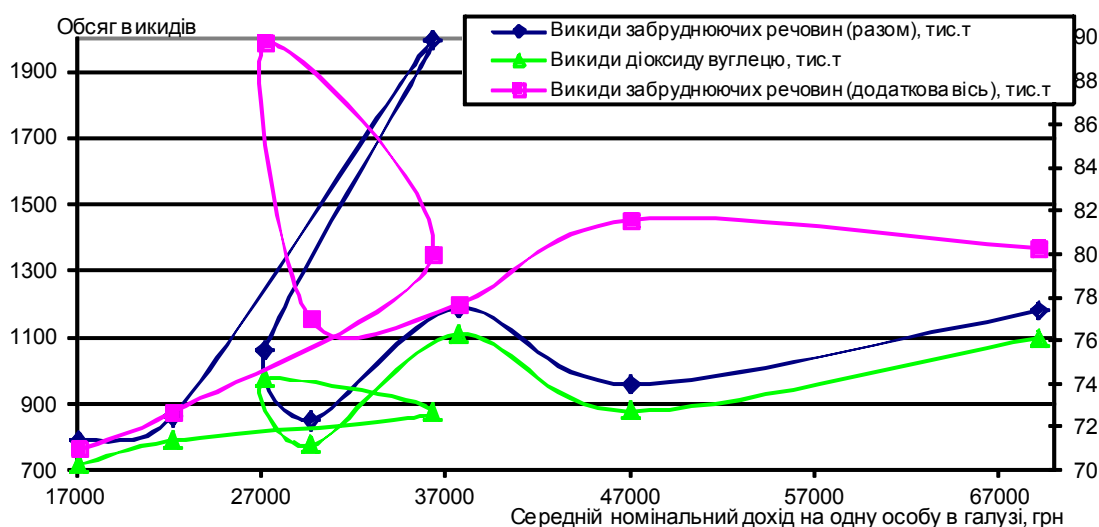
**Рис. 7** – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну особу у галузі транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської служби України та обсягами викидів діоксиду вуглецю та інших речовин впродовж 2010 - 2017 років

році величина середнього номінального доходу стала на рівні 43068 грн. (3589 грн./місяць), що вище середньої величини по країні і була досягнута «поворотна точка». Нажаль, з 2016 року спостерігається порушення ЕКК по викидах діоксиду вуглецю.

На рис. 8 наведена взаємозалежність між викидами шкідливих речовин та рівнем середньомісячного номінального доходу на одну особу у галузі сільського, лісового та рибного господарства.

Отриману залежність можливо вва-

жати ЕКК для галузі сільського, лісового та рибного господарства тільки з 2014 року. Це, на нашу думку, можливо пояснити низьким рівнем середнього номінального доходу у галузі як у порівнянні з іншими галузями, так і з середнім значенням по Україні. На ній спостерігається одна «поворотна точка» при величині середнього номінального доходу в галузі на рівні 37680 грн. (3140 грн./місяць), що вище середньої величини по країні (39180 грн.).



**Рис. 8** – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну особу у галузі сільського, лісового та рибного господарства України та обсягами викидів діоксиду вуглецю та інших речовин впродовж 2010 - 2017 років

З аналізу отриманих результатів можливо дійти висновку, що суттєвим фактором для досягнення ЕКК на галузевому рівні, як і на рівні країни в цілому, має рівень доходів працюючих. Величина середнього номінального доходу є різною для галузей, але досягнення «поворотної точки» виявилось можливим тільки за умови, коли вона була не нижче середнього по країні.

У таких галузях, як добувна і розроблення кар'єрів, переробна та транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська служби «поворотна точка» була досягнута у 2013 році. В той же час у сільському, рибному й лісовому господарстві та галузі постачання електроенергії, газу, пари й кондиційованого повітря «поворотна точка» була досягнута у 2014 – 2016 роках.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що в таких галузях, як добувна й розроблення кар'єрів і сільське, рибне та лісове господарство наявна одна «поворотна точка», у інших – їх дві. На нашу думку, зазначені галузеві особливості можливо пов'язати із рівнем витрат на охорону на-

вколишнього середовища. У таблиці 1 наведені результати аналізу темпів зростання викидів шкідливих речовин та галузевих витрат на охорону навколишнього середовища.

Аналіз цих даних дозволяє дійти висновку про те, що в Україні окрім рівня середнього номінального доходу на одного працюючого, важливе значення також мають витрати на охорону навколишнього середовища в галузі.

Як бачимо, для досягнення «поворотної точки» у добувній галузі необхідно було забезпечити підвищення темпів зростання обсягів витрат на охорону навколишнього середовища в галузі впродовж двох років. При одночасному високому рівні оплати праці в галузі, результат був досягнутий у 2013 році. Аналогічна ситуація спостерігається і у переробній галузі, але тут необхідний рівень доходу на одного працюючого був досягнутий у 2013 році, тому і «поворотних точок» було дві. У галузі транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської служби за тих самих причин «поворотних точок» було дві і підвищення

Таблиця 1

Динаміка ланцюгових темпів зростання викидів шкідливих речовин та галузевих витрат на охорону навколишнього середовища

Роки	Темпи зростання, %									
	Добувна галузь та розроблення кар'єрів		Переробна галузь (металургія)		Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря		Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська служба		Сільське, лісове та рибне господарство	
	Викидів	Витрати на охорону навколишнього середовища	Викидів	Витрати на охорону навколишнього середовища	Викидів	Витрати на охорону навколишнього середовища	Викидів	Витрати на охорону навколишнього середовища	Викидів	Витрати на охорону навколишнього середовища
2011	<u>142,11</u>	<u>157,11</u>	<u>150,28</u> <u>(161,68)</u>	<u>127,04</u> <u>(126,61)</u>	105,10	97,95	<u>102,12</u>	<u>346,67</u>	<u>109,39</u>	<u>153,02</u>
2012	<u>111,34</u>	<u>106,65</u>	<u>91,52</u> <u>(92,37)</u>	<u>106,65</u> <u>(119,95)</u>	105,17	114,88	<u>68,58</u>	<u>122,96</u>	<u>230,93</u>	<u>135,99</u>
2013	<u>100,47</u>	<u>89,62</u>	<u>100,16</u> <u>(102,19)</u>	<u>97,04</u> <u>(106,85)</u>	98,72	38,48	<u>111,07</u>	<u>41,07</u>	<u>53,37</u>	<u>271,94</u>
2014	63,62	127,82	73,38 (70,33)	95,78 (102,92)	<u>80,36</u>	<u>382,58</u>	74,57	59,63	<u>80,17</u>	<u>31,63</u>
2015	90,94	103,73	95,47 (95,54)	100,39 (97,25)	<u>86,00</u>	<u>102,10</u>	74,37	90,64	139,30	111,77
2016	114,39	99,44	106,33 (109,93)	125,84 (140,29)	<u>109,62</u>	<u>177,10</u>	149,98	264,21	80,81	190,87
2017	111,64	114,93	80,50 (74,19)	103,33 (94,13)	80,60	64,01	118,99	70,31	122,91	116,83

темтів зростання витрат на охорону навколишнього середовища також тривало два роки. Крім того, як бачимо після дворічного збільшення витрат на охорону навколишнього середовища і досягнення «поворотної точки» в усіх галузях знижувались обсяги викидів шкідливих речовин. В разі скорочення витрат на охорону навколишнього середовища – викиди збільшувались.

Щодо енергетики, то не дивлячись на високий рівень середніх номінальних доходів на одного працюючого (він вже у 2011 році складав 40236 грн.), динаміка витрат

на охорону навколишнього середовища в галузі свідчить про те, що їх обсяги постійно то збільшувались, то зменшувались і тільки впродовж 2014-2015 рр. зростали і тому, у 2016 році була досягнута «поворотна точка» і в цій галузі.

У сільському, лісовому та рибному господарстві була позитивна динаміка щодо зростання витрат на охорону навколишнього середовища, а «поворотна точка» була досягнута тільки у 2014 році внаслідок низького рівня оплати праці в галузі.

### **Висновки**

Доведено, що ЕКК для України може бути побудована на основі взаємозв'язку між обсягами викидів діоксида сірки, діоксида азоту, оксида та діоксида вуглецю й доходом на душу населення України. Встановлено, що крива Кузнеця в умовах України має «точковий» характер.

Обґрунтовано доцільність побудови ЕКК на основі взаємозв'язку між обсягами викидів шкідливих речовин й діоксида вуглецю та величиною середнього номінального доходу на одного працівника у провідних галузях національного господарства. Провідними вважаються галузі за ефективністю експортно-імпортних операцій та доходів до консолідованого бюджету країни. Отримані результати дозволяють дійти висновку, що для забезпечення умов сталого розвитку національного господарства за критерієм екологічної безпеки можливо застосувати модель трьох детермінант: результуючий показник – досягнення «поворотної точки» на ЕКК (екологічна детермінанта), фактори впливу – рівень доходів працюючих (соціальна детермінанта) та витрати на охорону навколишнього середовища (економічна детермінанта).

Дослідження галузевої ЕКК дозволило дійти висновку про наявність тісного зв'язку між природоохоронними інвестиціями, ін-

вестиційною активністю та кваліфікованими трудовими ресурсами. Галузеві інвестиції можуть приносити значний ефект без кардинальної зміни виробничої структури тільки за умов їх природоохоронного цілеспрямування.

Доведено, що забезпечення галузевих інвестицій у природоохоронні заходи на певному стабільному рівні за умови наявного достатнього рівня доходів працюючих створює умови для сталого розвитку національного господарства. Природоохоронні інвестиції дозволять здійснити модернізацію виробництва, підвищити наукоємність та прибутковість використовуваних технологій. Це призведе до зменшення обсягів викидів шкідливих речовин та підвищення рівня оплати праці. Дійсно, підвищення наукоємності виробництва забезпечить збільшення потреб у кадрах більш високої кваліфікації, рівень оплати праці яких вищий за середній. Другим важливим результатом природоохоронних інвестицій буде підвищення якості та конкурентоспроможності продукції, ефективне просування її на ринках збуту.

### **Конфлікт інтересів**

Автори заявляють, що публікація цього рукопису виконана у межах НДР 0120U102208 «Багатокритеріальне управління сталим розвитком природно-господарських систем». Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

### Література

1. Шубравська О. В. Сталий економічний розвиток: поняття і напрям дослідження. *Економіка України*. 2005. №1. С.36-42.
2. Алімов О. М., Даниленко А. І., Трегобчук В. М. та ін. Економічний розвиток України: інституціональне та ресурсне забезпечення. К.: Об'єднаний інститут економіки НАН України, 2005. 540 с.
3. Хвесик М. Сталий розвиток України: проблеми та перспективи. *Економіст*. 2011. №4. С.8-9.
4. Stern D. I. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*. 2004. Vol. 32. No. 8. P. 1419–1439. URL: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
5. Grossman G. M., Krueger A. B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research Working Paper*. NBER, Cambridge MA. 1991. P. 3914. URL: <https://www.nber.org/papers/w3914>
6. Shafik N., Bandyopadhyay S. *Economic growth and environmental quality : time series and cross-country evidence (English)*. Policy, research working papers ; no. WPS 904. World development report. 1992 Washington, DC: World Bank. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/833431468739515725/Economic-growth-and-environmental-quality-time-series-and-cross-country-evidence>
7. United Nations. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. 1987. URL: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.
8. European Bank for Reconstruction and Development. World Development Report 1992: Development and the Environment?. URL: [http://wdronline.worldbank.org/worldbank/a/c.html/world\\_development\\_report\\_1992/front\\_matter/WB.0-1952-0876-5.frontmatter](http://wdronline.worldbank.org/worldbank/a/c.html/world_development_report_1992/front_matter/WB.0-1952-0876-5.frontmatter)
9. Beckerman W. Economic growth and the environment: whose growth? whose environment?. *World Development*. 1992. Vol. 20. No. 4. P.481–496. URL: [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90038-W](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90038-W)
10. Kubatko O., Nilova O. Environmental Kuznets Curve: evidence from Ukrainian data on pollution concentrations. *Механізм регулювання економіки*. 2008. № 2. С. 53–67.
11. Туниця Т. Ю. Дослідження можливостей адаптації теорії Кузнеца до вирішення сучасних еколого-економічних проблем сталого розвитку. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*. 2006. №30. С.167-177.
12. Khlobystov Ie., Horoshkova, L. Kozmenko S., Trofymchuk V. Econometric analysis of National Economy Sustainable Development on the basis of the Environmental Kuznets curve. *International Journal of Global Environmental Issues. Special Issue on: "Green Economy: Energy, Industry and Agricultural Aspects"* . 2019. in print.
13. Горошкова Л. А., Хлобистов Є. В., Трофимчук В. О. Взаємозв'язок економічного зростання та асиміляційного потенціалу довкілля у забезпеченні сталого розвитку національного господарства. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2019. № 1(69). С. 24-37. URL: <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/69/3.pdf>
14. Горошкова Л. А., Хлобистов Є. В., Трофимчук В. О. Економіко-статистичне моделювання детермінант динаміки забруднення довкілля України. *Економіка і організація управління*. 2019. № 2 (34). С.46-55. URL: <http://jeou.donnu.edu.ua/article/view/7350>
15. Горошкова Л. А., Хлобистов Є. В., Трофимчук В. О. Фінансові механізми сталого використання територіальних ресурсів природно-господарських систем. *Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності*. 2018. № 18. С.275-284. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpaeiv\\_2018\\_18\\_39](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpaeiv_2018_18_39)

### References

1. Shubravskaya, O. V. (2005). Steady economic development: concept and direction of research. *Economy of Ukraine*, (1), 36-42 (in Ukrainian).
2. Alimov, O. M., Danilenko, A. I., Tregobchuk, V. M. & others. (2005). Economic development of Ukraine: institutional and resource providing. Kyiv: the Incorporated institute of economy of NAN of Ukraine.
3. Khvesik, M. (2011). Staliy development of Ukraine: problems and prospects. *Economist*, (4), 8-9.
4. Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
5. Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research Working Paper*. NBER, Cambridge MA. Retrieved from <https://www.nber.org/papers/w3914>
6. Shafik, N. & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence, *Background Paper for the World Development Report*. The World Bank, Washington DC. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/833431468739515725/Economic-growth-and-environmental-quality-time-series-and-cross-country-evidence>

7. United Nations. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Retrieved from <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.
8. European Bank for Reconstruction and Development. (1992). World Development Report 1992: Development and the Environment. Retrieved from [http://wdronline.worldbank.org/worldbank/a/c.html/world\\_development\\_report\\_1992/front\\_matter/WB.0-1952-0876-5.frontmatter](http://wdronline.worldbank.org/worldbank/a/c.html/world_development_report_1992/front_matter/WB.0-1952-0876-5.frontmatter)
9. Beckerman, W. (1992). Economic growth and the environment: whose growth? whose environment? *World Development*, 20(4), 481–496. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90038-W](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90038-W)
10. Kubatko, O. & Nilova, O. (2008). Environmental Kuznets Curve: evidence from Ukrainian data on pollution concentrations. *The mechanism of economic regulation*, (2), 53–67.
11. Tunitsa, T. Yu. (2006). Research of possibilities of adaptation of Kuznets' theory to the decision of modern ecological and economic problems of sustainable development. *Forestry, forestry, paper and woodworking industries*, (30), 167-177.
12. Khlobystov, Ie., Horoshkova, L., Kozmenko, S. & Trofymchuk, V. (2019). Econometric analysis of National Economy Sustainable Development on the basis of the Environmental Kuznets curve. *International Journal of Global Environmental Issues. Special Issue on: "Green Economy: Energy, Industry and Agricultural Aspects"*. in print.
13. Horoshkova, L. A., Khlobystov, Ie. V. & Trofimchuk, V. O. (2019). The relationship between economic growth and the assimilation potential of the environment in ensuring the sustainable development of the national economy. *Project management and production development*, (1(69)), 24-37. Retrieved from <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/69/3.pdf> (in Ukrainian).
14. Horoshkova, L. A., Khlobystov, Ie. V. & Trofimchuk, V. O. (2019). Economic and statistical modeling of determinants of the dynamics of environmental pollution in Ukraine. *Economics and organization of management*, (2 (34)), 46-55. Retrieved from <http://jeou.donnu.edu.ua/article/view/7350> (in Ukrainian).
15. Horoshkova, L. A., Khlobystov, Ie. V. & Trofimchuk, V. O. (2018). Financial mechanisms of sustainable use of territorial resources of natural economic systems. *Theoretical and practical aspects of economics and intellectual property: a collection of scientific papers*, (18), 275-284. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpaev\\_2018\\_18\\_39](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpaev_2018_18_39) (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 04.05.2020

Прийнята 22.05.2020

A. N. NEKOS<sup>1</sup>, DSc (Geography), Prof., V. S. GLADYR<sup>1</sup>, A. V. SAPUN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>V. N. Karazin Kharkiv National University  
6 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

e-mail: [alnekos999@gmail.com](mailto:alnekos999@gmail.com) ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0003-1852-0234>  
[gladyrvs@ukr.net](mailto:gladyrvs@ukr.net)  
[anastasya1608@gmail.com](mailto:anastasya1608@gmail.com)

## ASSESSMENT OF THE CITY VISUAL ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF KHOLODNOGIRSK DISTRICT OF KHARKIV)

Due to the rapid development of urban areas, the environment is undergoing significant changes. This also applies to the visual environment. Man deforms the appearance of the natural environment, adjusts to himself, constantly bringing new and new architectural structures and elements. However, solving the problems of urban infrastructure has exacerbated the problems of visual comfort. Therefore, there is a need for a clear assessment of the visual environment.

**Purpose.** To determine the qualitative characteristics of the video-ecological situation of the Kholodnogirsk administrative district of the city of Kharkiv.

**Methods.** Field research and assessment of the visual environment of the city district; method of objective assessment by photofixation; quantitative method of assessing the aggressiveness of the visual urban environment; method of calculating the index of severity of the lesion and the degree of lesion of White Mistletoe.

**Results.** The various visual fields of the urban environment, homogeneous and aggressive, were investigated and determined. The smallest indicator of the homogeneity of the visual environment in the Kholodnogirsk district of Kharkiv is observed around the territory of the Yunost Park – 3%, the largest – around the park on the Volunteer Street – 55%. It is determined that the index of aggressiveness of the visual environment varies from 0.66 to the maximum possible 1. The degree of landscaping of the Kholodnogirsk district of the city of Kharkiv is established. The maximum rate of landscaping – 37%, determined in the park on the Volunteer Street and the minimum – 6% on the Pryvokzal'na ploshcha. The results of calculations of the index of severity of damage and the degree of damage to trees of recreational areas of the area by mistletoe (*Viscum album L.*) showed – severity index – 10.5% and degree of damage – 27.3%, observed in Tivoli Garden, the smallest – in Yunost Park – 3.4% (index of seriousness) and the square of O. I. Meshchaninov Square – 8% (degree of damage to tree species).

**Conclusions.** In recent years, there has been a significant deterioration in the visual environment in cities where most of the population lives. It was revealed that for the territory of the Kholodnogirsk district of the city of Kharkiv, the highest homogeneity indicators are inherent in locations with old buildings, and aggressiveness is in a new building. This demonstrates the need for a well-equipped recreation areas that can "mask" of visual ground discomfort urbogeosystem. An important component of the comfortable visual environment of the city – landscaping, for the Kholodnogirsk district of Kharkiv, in accordance with the standards, is not sufficient. One of the most important factors in reducing the number of green areas is the invasion of tree species by mistletoe (*Viscum album L.*) It is necessary to focus the attention of local authorities on videoecological problems requiring a comprehensive solution.

**KEYWORDS:** videoecology, aggressive visual environment, homogeneous visual environment, factor aggressiveness, mistletoe (*Viscum album L.*), index of the seriousness of lesions, the degree of damage, urban recreational areas

НЕКОС А. Н.<sup>1</sup>, ГЛАДИР В. С.<sup>1</sup>, САПУН А. В.<sup>1</sup>

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

### ОЦІНКА ВІЗУАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА МІСТА (НА ПРИКЛАДІ ХОЛІДНОГІРСЬКОГО РАЙОНУ М. ХАРКІВ)

У зв'язку зі стрімким розвитком урбанізованих територій, довкілля зазнає значних видозмін. Це стосується й візуального середовища. Людина деформує зовнішній вигляд природного оточення, підлаштовує під себе, постійно привносячи все нові та нові архітектурні споруди та елементи. Однак, вирішення проблем міської інфраструктури, призвело до загострення проблем візуального комфорту. Тому виникає необхідність в чіткій оцінці стану візуального навколишнього середовища.

**Мета.** Визначення якісних характеристик відеоєкологічної ситуації Холодногірського адміністративного району міста Харкова.



**Методи.** Польові дослідження та оцінка візуального середовища району міста; метод об'єктивної оцінки за допомогою фотофіксації; кількісний метод оцінки агресивності візуального міського середовища; методика розрахунку індексу серйозності ураження та ступіня ураження Омелою білою.

**Результати.** Досліджено та визначено різні візуальні поля міського середовища- гомогенні та агресивні. Найменший показник гомогенності візуального навколишнього середовища у Холодногірському районі м. Харкова спостерігається навколо території парку Юність – 3%, найбільший – навколо парку на вул. Волонтерська – 55%. Визначено, що показник агресивності візуального середовища варіюється від 0,66 до максимально можливого 1. Встановлено ступінь озеленення Холодногірського району міста Харків. Максимальний показник озеленення – 37%, визначено на території парку на вул. Волонтерській й мінімальний – 6% на Привокзальній площі. Результати розрахунків індексу серйозності ураження та ступіня ураження дерев рекреаційних зон району Омелою білою (*Viscum album L.*) показали – індекс серйозності – 10,5% та ступінь ураження – 27,3%, спостерігаються у саду Тиволи, найменші – на території парку Юність – 3,4% (за індексом серйозності) та у сквері імені О. І Мещанинова – 8% (ступінь ураження деревних порід).

**Висновки.** За останні роки відбулося суттєве погіршення візуального середовища в містах, де проживає більша кількість населення. Виявлено, що для території Холодногірського району міста Харків найбільші показники гомогенності притаманні локаціям з будинками старої забудови, а агресивності - саме новобудові. Це свідчить про необхідність створення добре облаштованих рекреаційних зон, що здатні «замаскувати» візуальний дискомфорт урбогеосистем. Важливий компонент комфортного візуального середовища міста – озеленення, для Холодногірського району м. Харків, відповідно до стандартів, не є достатнім. Одним з найбільш вагомих факторів зниження кількості зелених насаджень є інвазія деревних порід Омелою білою (*Viscum album L.*). Необхідно акцентувати увагу місцевих органів влади на відеоекологічних проблемах, що потребують комплексного вирішення.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** відеоекологія, агресивне візуальне середовище, гомогенне візуальне середовище, коефіцієнт агресивності, омела біла (*viscum album l.*), індекс серйозності ураження, ступінь ураження, міська рекреаційна зона

Некос А. Н.<sup>1</sup>, Гладырь В. С.<sup>1</sup>, Сапун А. В.<sup>1</sup>

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

#### **ОЦЕНКА ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ ХОЛОДНОГОРСКОГО РАЙОНА Г. ХАРЬКОВ)**

В связи со стремительным развитием урбанизованных территорий окружающая среда претерпевает значительные видоизменения. Это касается и визуальной среды. Человек деформирует внешний вид природного окружения, постоянно привнося все новые и новые архитектурные сооружения и элементы. Однако, решение проблем городской инфраструктуры привело к обострению проблем визуального комфорта. Поэтому возникает необходимость в четкой оценке состояния визуальной окружающей среды.

**Цель.** Определение качественных характеристик видеоэкологической ситуации Холодногорского административного района города Харькова.

**Методы.** Полевые исследования и оценка визуальной среды района города, метод объективной оценки с помощью фотофиксации; количественный метод оценки агрессивности визуальной городской среды; методика расчета индекса серьезности поражения и степень поражения омелы белой.

**Результаты.** Исследованы и определены различные визуальные поля городской среды- гомогенные и агрессивные. Наименьший показатель гомогенности визуальной окружающей среды в Холодногорском районе Харькова наблюдается вокруг территории парка Юность – 3%, наибольший – вокруг парка на ул. Волонтерская – 55%. Определено, что показатель агрессивности визуальной среды варьируется от 0,66 до максимально возможного 1. Установлена степень озеленения Холодногорского района города Харькова. Максимальный показатель озеленения – 37%, определено на территории парка на ул. Волонтерской и минимальный – 6% на Привокзальной площади. Результаты расчетов индекса серьезности поражения и степень поражения деревьев рекреационных зон района омелой белой (*Viscum album L.*) показали - индекс серьезности – 10,5% и степень поражения – 27,3%, наблюдаются в саду Тиволи, наименьшие - на территории парка Юность – 3 4% (по индексу серьезности) и в сквере имени А. И. Мещанинова – 8% (степень поражения древесных пород).

**Выводы:** За последние годы произошло существенное ухудшение визуальной среды в городах, где проживает большая часть населения. Вывявлено, что для территории Холодногорского района города Харьков наибольшие показатели гомогенности присущи локациям с домами старой застройки, а агрессивности – именно новостройке. Это свидетельствует о необходимости создания хорошо обустроенных рекреационных зон, способные «замаскировать» визуальный дискомфорт урбогеосистем. Важный компонент комфортной визуальной среды города – озеленение, для Холодногорского района г. Харьков, согласно стандартам, есть недостаточным. Одним из наиболее весомых факторов снижения количества зеленых насаждений является инвазия древесных пород Омелы белой (*Viscum album L.*). Необходимо акцентировать внимание местных органов власти на видеоэкологических проблемах, требующих комплексного решения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** видеоэкология, агрессивная визуальная среда, гомогенная визуальная среда, коэффициент агрессивности, омела белая (*viscum album l.*), индекс серьезности поражения, степень поражения, городская рекреационная зона

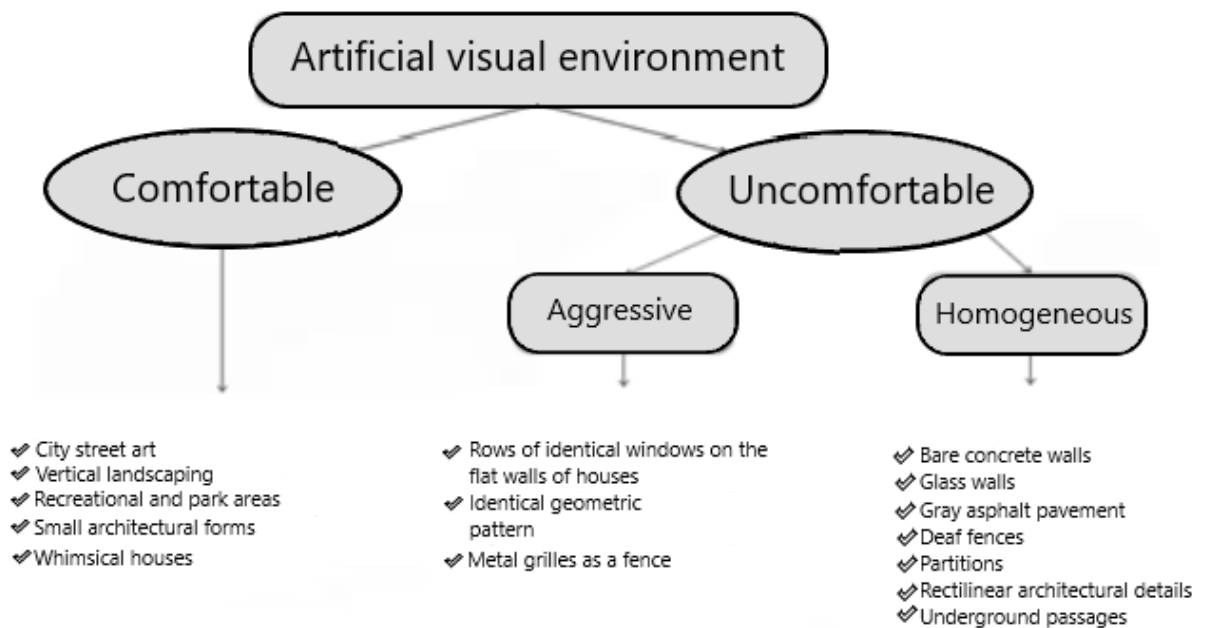
**Introduction**

In modern conditions, the problem of assessing the ecological state of the environment has acquired economic and social significance for Ukraine. Raising the issue of environmental safety, usually means air quality, water pollution, increased noise, vibration, and radiation, but leaves aside no less important socio-environmental factor - the quality of the visible environment. Everything visible environment that surrounds a person is divided into two components: natural and artificial. The natural visible environment fully complies with the norms of the psychophysiological state of man and the physiological norms of vision. The artificial environment is a completely different matter. It differs from the natural and in many cases contradict the laws of human visual perception. The processes of urbanization and industrialization have distanced us from the visual ideal: the artificial environment has ceased to bring aesthetic pleasure and has created a large number of socio-environmental problems.

The interaction of architecture and ecology is often limited, at best, to the use of environmentally friendly materials and energy-saving technologies in construction. In Ukraine, the most pressing problem of the quality of the visual environment has become in the former Soviet times in connection with the increasing pace of general urbanization. The color scheme and structure of urbogeosys-

tems in this period differ sharply from the natural one. The architecture of cities is dominated by uniformity, urban buildings are mostly static and have a large number of planes. Thus, the artificial environment has given rise to another problem of human ecology - the problem of the quality of the visual environment, which is studied by the science of videoecology. This scientific field studies aspects of the visual perception of the environment by man. The author of this scientific field, as well as the term "video ecology" is prof. Filin V. A. [1]. His research shows that a constant visual environment, its saturation with visual elements, can in some way affect the psycho-emotional and physiological state of man. In general, the artificial visual environment can be divided into comfortable and uncomfortable (Fig. 1) [2]. In turn, uncomfortable visual fields are represented by two types: aggressive and homogeneous. It is determined that aggressive visual fields consist of many identical elements, evenly distributed on a surface, and homogeneous are those visible fields in the surrounding space, where either there are no visual details at all, or their number is sharply reduced [1, 2, 3].

Figure 1 presents the classification of types of visual environment of the city. Thus, a comfortable visual environment includes objects that bring visual aesthetic pleasure to a



**Fig. 1** – Classification of types of artificial visual environment

person, such as planar surfaces with the use of vertical landscaping, colorful graffiti, and architectural details using smooth lines. An uncomfortable visual environment can include objects such as monotonous walls of houses, gray asphalt, and defenses because such objects contain straight lines, monochromatic shades, and gray planes. Metal grilles and rows of identical windows in houses can also have a negative impact on the psycho-emotional and psycho-physiological state of a person. Such objects can be classified as aggressive.

Professor Filin V. A. notes that in recent years there has been a significant deterioration of the visual environment in human habitats [3]. Particularly great changes have taken place in cities, where there are many homogeneous and aggressive visual fields. For example, in the environment of homogeneous fields, the human eye can not fully perceive the surrounding information because in such an environment it has nothing to cling to, that is, the eyes do not work in "economy mode", and this inevitably leads to feelings of discomfort. Also prof. V. A. Filin [2] states: "Adverse environment is one of the factors that lead to changes in eye function, so the number of myopia in cities is usually greater than in villages." In an aggressive visible environment, a person is often in a state of unreasonable resentment. Experts call this disease "Big city syndrome", which is often about is the aggressiveness of society. As a rule, where the visual environment is not more comfortable, there is a tense atmosphere, more cases of criminogenic and immoral behavior. Psychologists who studied the behavior and level of development of children in areas of new development found that children in the neighborhood lag behind in development from their peers who live in the historic part of the city. According to scientists, the very architecture of new buildings with their right angles has a depressing effect on the psyche [1, 2, 3, 4]. These facts are another evidence of the urgency of the problem of video ecology of the city.

The urban environment cannot be successfully studied and modeled without taking into account the attitude to it that exists in the minds of ordinary inhabitants of this environment. According to Kaganov G. Z. [5], their subjective opinions, sympathies, and assessments are no less important environmental factors than purely objective factors – sanitary,

geographical, socioeconomic, and others. Explains it interesting socio-ecological phenomenon hypothesis psychologist Heydmetsa M. under which a resident of the city pays special attention to the environment mainly when there is something wrong [6, 7, 8].

Therefore, for the purposes of videoecological assessment it is possible to use sociological methods [9]. They are based on questions about total assessments of quality of life in different areas of the city, their aesthetics, and the quality of the visual environment. However, the methods of sociological surveys are not devoid of subjectivity, which is explained by sharply individual aesthetic assessments of people's acceptance. In this regard, they can be used only in combination with other research methods.

Ukrainian scientist prof. Fesyuk V. O. [10], considering aspects of the formation and development of large urban systems of north-western Ukraine, proposed an algorithmic model of constructive-geographical and geoeological analysis of the environment of large cities and an algorithm for implementing the process of optimizing the ecological state of cities. A technique has been developed that allows us to practically assess the level of video-ecological favorableness of the urban environment. Its essence is to calculate the coefficient of videoecological favorability [7, 8].

Many scientists also consider the urgency of the problem of comfort and ecological safety of the visual environment of the city in their works [5-8, 11-13]. They believe that the problem of visually uncomfortable environment is caused primarily by the following factors: reduction of green areas; lack of purposeful work on the restoration of the facades of existing buildings on the central streets and squares of the city, as a result of which there is an "anti-aesthetic effect"; spontaneous location of small architectural forms on sidewalks, unsystematic installation and sometimes aggressive advertising posters and billboards, low lighting of facades of architectural monuments and new compositional and architectural structures [7, 8]. Accordingly, it is important and relevant to determine the video-ecological situation of urban areas.

**The purpose** is to determine the qualitative characteristics of the video-ecological situation of the Kholodnogirsk administrative district of the city of Kharkiv.

### ***Methodics***

Determination of the videoecological situation in the administrative district of the city took place using field and in-house research methods. Field surveys and assessment of the visual environment were performed using methods of objective assessment of photo and video capture. When processing field materials, the method of quantitative assessment of the aggressiveness of the visual urban envi-

ronment was used. It is determined that the indicator of a comfortable video-ecological situation is the landscaping of recreational areas and the city in general. Assessment of the quality of green areas in recreational areas in the area was performed using the method of calculating the index of severity of damage and the degree of damage to wood species by mistletoe (*Viscum album* L.).

### ***Research results and their discussion***

The Kholodnogirsk administrative district of the city of Kharkiv was selected for research and a video-ecological assessment of the territory was performed. The choice of this territory is due to social demand, which is aimed at creating comfortable conditions for human life. Such conditions can be created due, first of all, to recreational zones within the city. Therefore, it is important to determine the quality of the visual environment of the recreational areas and adjacent areas.

The study was conducted in three stages. As already mentioned, there are two types of visual fields: aggressive and homogeneous. That is why at the first stage of research by the method of objective assessment with the help of photo and video fixation the assessment of the homogeneity of the visual environment was carried out. By themselves, recreational areas are comfortable for the psychophysiological state of man, homogeneity is created by the visible fields around, it is mainly planes created by residential buildings. Therefore, it was advisable to choose a space within a radius of 500 meters around the areas set aside for recreation. The following areas were selected for research: areas around the park on the Volunteer Street, Yunost Park, O. I. Meshchaninov Square, Pryvokzal'na ploshcha, Tivoli Garden, and the park around the monument to the firemen.

With the help of visual research and the method of photo fixation, the total number of buildings in the study areas and the number of buildings that create planes of homogeneous visual fields were determined. Yes, in the area around the park on the street. It was found that about 55% of the surrounding visual space is characterized by monotony, monochromaticity, lack of objects to distinguish the human eye, and so on. These are, as a rule, end vertical walls of high-rise buildings, walls of some objects of social infrastructure (schools, kinder-

gartens, etc.). Around most other recreational areas within a radius of 500 m there is 17-50% of visual space, which can be described as homogeneous, because it is mainly multi-story residential complexes of the 60-70s of the last century. The lowest level of visual field homogeneity was observed around the Yunost Park area and accounted for about 3% of the total number of visual areas created by certain objects. This rather low figure can be explained by the location of the park because it is located on the outskirts of the city, so the surrounding streets are built up mostly one-story houses of the private sector or not built at all.

The results of the first stage of the study showed that the homogeneity of the visual environment of the Kholodnogirsk district of Kharkiv has high rates in residential areas, where people spend most of their lives. Such areas should be arranged with the help of greenery, small architectural forms, and graffiti. After all, only in this way it is possible to create a comfortable visual environment [13].

In the second stage of the study, an aggressive visual environment was identified because, in contrast to homogeneous visual fields, aggressive ones can be more clearly characterized and quantified. For this purpose, the method of quantitative assessment of the aggressiveness of the visual environment, proposed by Golubnichy A. A. [11], was used. The main principle of the technique is based on the differentiation of the plane of the visible field into cells. It is further possible to calculate the coefficient of aggression ( $K_{agr}$ ) as the ratio of the number of aggressive cells (with the presence of identical objects) to their total number. Initially, objects for assessing the aggressiveness of the visual environment and viewpoints (ie, stationary points in space from which the researcher observes a specific object) were selected for photo-fixation in the study area. The research was conducted at the

following sites: Plastychnyi lane, 198, Illinska str., 65, Volunteer str. 1a, new building on the Sloviansk str., Pryvokzal'na ploshcha, 2. The viewpoints are chosen according to the places of mass presence of people. Photo fixation was performed for each object at the same height - the average height of the human eye.

Subsequently, the number of grid cells was determined horizontally

$$N_h = \alpha / \varphi,$$

and vertically (1)

$$N_v = \beta / \varphi,$$

where:  $\alpha$  is the angle of view of the investigated plane horizontally – for vertical or inclined surfaces or width – for horizontal surfaces, in degrees;

$\beta$  – the angle of view of the studied plane vertically – for vertical and inclined surfaces or along the length – for horizontal surfaces, in degrees;  $\varphi$  is the angular size of the area of clear vision, in degrees. This approach was chosen in accordance with the research results of prof. Filin V. A. [1, 2].

The obtained photographic materials provided an opportunity to determine the coefficient of aggression. In this case, it depends on the number of cells with more than two visually similar objects and the total number of cells in the grid. This is determined by the formula [11]

$$K_{agr} = N_{agr} / \Sigma N, \quad (2)$$

where:  $N_{agr}$  – the number of cells in which more than two visually similar objects;

$\Sigma N (N_h + N_v)$  – the total number of cells in the grid.

As a result of the study, the coefficient of aggressiveness of the visual environment for each of the objects was determined. Approximation of indicators to 1 indicates an increase in aggression. For the plane created by the house on the lane. Plastychnyi, 198, this ratio is 0.68. Given the almost complete absence of landscaping around, this is a small indicator, which was positively affected mainly by the alternation of architectural details. As a result of visual assessment of the next visual field - a plane created by a multi-story building on the street. Illinska, 65, the coefficient is set at 0.86. Regarding the plane created by the house on the Volunteer Street 1a, the coefficient of aggression is 0.8. These houses and the planes they create are located directly around the recreational area, the landscaping of which can be considered satisfactory. However, due to the

significant number of identical small elements and their close relationship in the visible field, the rate of aggression increases significantly. The maximum coefficient – 1, characteristic of a plane set buildings on the street Slovyansk. Such a high value is due to the uniform placement of the same architectural details over the entire plane of the visible field. The lowest coefficient – 0.66 has a visible field created by the facade of the post office building (Pryvokzal'na ploshcha, 2). The large size of architectural details and sufficient landscaping, which "hides" the same details, reduce aggression.

The results of the study showed that most of the visual environment of the recreational areas of the Kholodnogirsk district of Kharkiv meet high levels of aggression, and therefore do not provide positive visual needs of the population. The fact that the highest coefficient of aggression is inherent in the areas with new buildings, indicates the emergence of problems at the design stage of architectural structures. Given this, it should be noted that now it is necessary to focus considerable attention on specialists responsible for urban development on the video-environmental aspects in order to optimize them [9].

But there is another factor that affects the quality of the visual environment - is landscaping. Greenery is able to hide aggressive and homogeneous fields, changing the environment to a more visually comfortable for the psychophysiological state of man. Therefore, at the *third stage of the* research, an assessment of landscaping of the Kholodnogirsk administrative district of Kharkiv was performed.

The research was conducted by measuring the area occupied by greenery and the total area of the park or recreational area. The indicator of landscaping of the territory (%) was calculated (Table 1).

Thus, the degree of the landscaping of the park on the Volunteer Street is 37% of the total area, and the area that is classified as recreational - Pryvokzal'na ploshcha - is landscaped by only 6%. Other recreational areas are landscaped by 30-36%. It is determined that landscaping of recreational areas does not reach even 50%, which should meet the standards [14] and is not sufficient. Thus, even recreational areas are not able to provide the Kholodnogirsk district with sufficient indicators of landscaping, not to mention landscaping of residential buildings.

Table 1

**The results of research on the assessment of landscaping  
Kholodnogirsk administrative district of Kharkiv**

№	Name of park / recreational area	Total area, m <sup>2</sup>	Area of greenery, m <sup>2</sup>	Landscaping rate, %
1	Pryvokzal'na ploshcha	141 600	8,000	6
2	O. I. Meshchaninov Square	194 800	58 400	30
3	Yunost Park	451 900	143 900	32
4	Tivoli Garden	85 200	30 700	36
5	Volunteer Street Park	108 600	40 550	37

Based on the results led the study should be noted that the planting area Kholodnogirsk area is not sufficient and needs much the optimization updates green space in the park areas, new planting areas, and, consequently substantial investment [14]. Such measures will include not only the creation of new facilities that will be able to solve the visual videoecological problems of the city, the improvement of microclimatic conditions, partially solve the problems of exposure to polluted air and others. Also, thanks to the solution of the problem of landscaping, it is possible to talk about the greening of all elements of the infrastructure of the district and the city as a whole. For example, it is more appropriate to use vertical landscaping. Unfortunately, currently, the use of this type of landscaping is not typical for recreational areas and adjacent areas of the Kholodnogirsk district of Kharkiv, and this, above all, has a negative impact on the videoecological situation. Another means of greening the urban space with the help of greenery is the creation of plant corridors. These objects create a favorable microclimate due to greenery and have a positive effect on the psychophysiological state of the population. However, it should be noted that solving the problem of landscaping requires a comprehensive approach. Not only landscape designers but also ecologists, scientists, economists, local governments, and local authorities should be involved.

In modern urban areas, a significant part of the wood species used in urban landscaping is negatively affected by various factors. Atmospheric pollution, surface runoff pollution, pests, and parasitic plants - all this leads to the mass death of urban flora. It was found that for the Kholodnogirsk district of Kharkiv the main problem of landscaping is the defeat of tree species by mistletoe (*Viscum album* L.). Mistletoe (*Viscum album* L.) is a dioecious semi-

parasitic shrub with yellowish-evergreen leathery leaves that grows in the crowns of many species. Mistletoe is called semi-parasitic because its leaves are capable of photosynthesis, from the host plants take only water and minerals. As a rule, mistletoe spreads in its natural environment with the help of winter herbivorous birds - thrushes and waxwing, which feed on its fruits. Another way of spreading it is that spores are transferred with the help of contaminated tree pruning equipment and this promotes vegetative propagation of mistletoe. Studies have shown that maple trees (*Acer Platanoides*) and linden trees (*Tiliacordata*) are most susceptible to infection by this semi-parasitic plant.

It is known that mistletoe (*Viscum album* L.) belongs to the category of active invasive plants. This is due to particularly favorable conditions for the development of populations of this plant semi-parasite in areas where plantations are usually the weakest compared to natural due to increased anthropogenic pressure. Such areas are recreational areas of the city. Greenery here is not only the "lungs" of the city but also a means to create a comfortable visual environment. Therefore, maintaining these plants in good condition is an extremely important and urgent task. The research was conducted in the above-mentioned recreational zones of the Kholodnogirsk district of the city of Kharkiv: Yunost Park, O. I. Meshchaninov Square, the park on Volunteer Street, the park around the around the monument to the firemen and the Tivoli Garden.

The results of field studies of park areas made it possible to perform calculations of the severity index (SI) and the degree of damage to trees by the semi-parasite plant Mistletoe white (*Viscum album* L.).

Thus, first the severity index (SI) of tree species was calculated according to the formula [15]

$$SI = [ \{ (P \times Q) \} / (M \times N) ] \times 100 \% , (3)$$

where: P – severity score,  
 Q – number of infected plant shaving the same grade;  
 M – total number of observed plants,  
 N – maximum number on the rating scale.

A visual inspection of woody plants within recreational areas was conducted. The basis of the above formula is to assess the se-

verity of damage to trees (P). To find it, we used the appropriate scale (Table 2), where the number of points depends on the number of bushes of White Mistletoe (*Viscum album* L.), parasitizing on a tree plant.

According to the scale, an assessment of the severity of the lesion was provided for each active plant in the recreational areas. For example, the fragment shows the results obtained during the study of tree species in the O. I. Meshchaninov Square (Table 3).

**Table 2**

**Scale of the severity of plant damage by *Viscum album* L [15]**

Score	Description
0	No incidence (no mistletoe)
1	1-5 per plant
2	6-10 per plant
3	11-15 per plant
4	16-20 per plant
5	>20 per plant

**Table 3**

**Estimation of severity of defeat of wood breeds by White mistletoe (*Viscum album* L.) in O. I. Meshchaninov Square (fragment)**

№	Wood species	Number of bushes ( <i>Viscum album</i> )	Severity index
1	Norway maple ( <i>Acerplatanoides</i> )	14	3
2	Norway maple ( <i>Acerplatanoides</i> )	9	2
3	Norway maple ( <i>Acerplatanoides</i> )	4	1
4	Norway maple ( <i>Acerplatanoides</i> )	2	1
5	Small-leaved linden( <i>Tiliacordata</i> )	1	1
6	Norway maple ( <i>Acerplatanoides</i> )	9	2
7	Norway maple ( <i>Acerplatanoides</i> )	7	2
8	Norway maple ( <i>Acerplatanoides</i> )	3	1
9	Norway maple ( <i>Acerplatanoides</i> )	2	1

Based on the determination of the severity assessment, the lesion severity index (SI) was calculated. Therefore, for the territory of Yunost Park this index is 3.4%. For the O. I. Meshchaninov Square - 4.1%. The area of the park around the the monument to the firemen has a severity index of 7.2%, the highest figure is 10.5% in the Tivoli Garden.

Subsequent studies calculated the degree by white mistletoe infestation. For this pur-

pose, the total number of trees in the study area and the number of woody plants affected by White Mistletoe (*Viscum album* L.) were determined. The highest value is typical for the Tivoli Garden - 27.3%. The trees of the park on Volunteer Street were also significantly affected - 24%, in the park around the monument to the firemen - 14.4% and in the Yunost Park - 12.5%. The lowest figure - 8% was recorded in the O. I. Meshchaninov Square.

Thus, as a result of the study, it was found that the greatest damage from White Mistletoe (*Viscum album* L.) affected the tree vegetation of the Tivoli Garden and the park of the park on Volunteer Street. These recreation areas are located directly next to residential buildings, where there are virtually no measures to ensure plant health. The least damage by this semi-parasitic plant is characteristic of O. I. Meshchaninov Square and Yunost Park. This is explained by the fact that in these areas there is an alternation of species composition of vegetation and the presence of tree species resistant to damage (so 12% of the trees in the O. I. Meshchaninov Square are birches). Another factor in reducing the infestation of plants with White Mistletoe is the sanitary pruning of trees, in particular in the O. I. Meshchaninov Square and Yunost Park.

The conducted research allowed to develop recommendations for creating a comfortable visual environment for recreational areas and adjacent areas [16]. To prevent the appearance of aggressive and homogeneous visual fields, you can use the following:

- It is important to improve landscaping work in the city: increase the number of greenery, maintain plant health. For example, several methods can be used to control white mistletoe. This is primarily the treatment of mistletoe-infected tree species (*Viscum album* L.). Also, in accordance with paragraph 11.5 of the "Rules for the maintenance of greenery in the settlements of Ukraine", approved by the order of the Ministry of Construction, Architecture, and Housing of Ukraine №105 from 10.04.2006, to control mistletoe mechanical method is used - pruning mistletoe bushes that do not bear fruit, 5-7 cm, and with fruiting - at least 15-20 cm below the place of its attachment to the branch-

es. In the case of damage to the crown of trees by white mistletoe by more than 60%, they must be removed [17, 18, 19]. It is also important to constantly replace remote affected trees with invulnerable species such as conifers, nuts, or birches.

- Use vertical landscaping on the walls of buildings where there are no architectural accents (Fig. 2);

- Use advertising posters to optimize an aggressive visual environment;

- Increase the number of small architectural forms as objects of a comfortable visual environment.

- Create modern wall paintings. Mural painting has drawings on large planes. These include wall paintings, murals, ancient cave paintings. Such works were created in the city of Kharkiv: the portrait of Lyudmila Gurchenko, lane Gurchenko, 7 (Fig. 3), portrait of actress Natalya Fateeva on the street. Primerskii 22A (Fig. 4), the mural "Strelka" on the street Kontorskiy, etc [12].

- Apply whimsical architectural elements of various shapes;

- Use the modern urban landscape element and Street Art (Fig. 5).

Finally, it should be noted that videoecological issues should be addressed by involving municipal authorities and utilities, such as Kharkivblagoustriy, administrative (Kharkiv Regional Department of Forestry and Hunting) and production resources, involving modern scientific developments and using design fantasies to improve the urban environment. After all, it is very important to take into account a comprehensive approach to create a comfortable visual environment in the city of Kharkiv.



Fig. 2 – Building of NUPh, Kharkiv



Fig. 3 – Portrait of Lyudmila Gurchenko [20]





Fig. 4 – Portrait of actress Natalia Fateeva [21]



Fig. 5 – Graffiti Salvador Dali, Kharkiv

### Conclusions

A study of the quality of the video-ecological situation within urban geosystems has shown that in recent years there has been a significant deterioration of the visual environment in human habitats. This problem is related to the spread of the artificial environment, which has arisen due to the processes of urbanization and industrialization. Particularly great changes have taken place in cities, where there are many homogeneous and aggressive visual fields. It is established that these changes negatively affect the psycho-emotional and psycho-physiological state of a person. It was found that the highest indicators of homogeneity are inherent in areas with old buildings, and aggression - it is the new building. The highest coefficient of aggressiveness of the visual environment ( $K_{agr} = 1$ ) is presented in the surrounding planes surrounding the park near the monument to the Fireman.

It is determined that an important indicator of a comfortable video-ecological situation is the landscaping of the city. Thus, in the territory of Kholodnogirsk district it was noted that landscaping is less than 50%, which according to the standards is not sufficient. As a result of the study, it was found that for the Kholodnogirsk district of Kharkiv one of the most important factors in reducing the amount of landscaping is the invasion of tree species by mistletoe (*Viscum album* L.). It is established that on the territory of the Kholodnogirsk administrative district of the city of Kharkiv it is extremely necessary to carry out a number of measures that would create comfortable conditions for permanent stay and relaxation of the population. Given the above, it should be noted that considerable attention should be paid to the video-environmental problems of modern cities.

### Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this manuscript. In addition, the ethical issues, including plagiarism, informed consent, misconduct, data fabrication and/or falsification, double publication and/or submission, and redundancies have been completely observed by the authors.

### References

1. Filin, V. A. (2009). Videoecology – the science of beauty and visual environment. Retrieved from: [www.videoecology.ru](http://www.videoecology.ru) (In Russian).
2. Filin, V. A. (2001). *What is good for the eyes and what is bad*. Moskov: Videoecology (in Russian).
3. Filin, V. A. (1990). The color environment of the city as an environmental factor. *Proceedings of the International Seminar: Coloring of the city*, 1, 55-60 (in Russian).
4. Nekos, A. N., & Miroshnichenko, V. V. (2013). Aesthetics of urban geosystems (review of research). *Bulletin of ONU*, 18(2), 118-126. Retrieved from [http://liber.onu.edu.ua/pdf/vestniki/vest\\_geo\\_2\(18\)\\_2013.pdf](http://liber.onu.edu.ua/pdf/vestniki/vest_geo_2(18)_2013.pdf) (in Ukrainian).

5. Kaganov, G. Z. (1990). Problems of perception of the urban environment by the population. Moscow: Nauka, 38–45 (in Russian).
6. Bokov, A. V. (1999). *Landscape-architectural methods for improving the visual perception of the urban environment*. Moscow: Madzhenta (in Russian).
7. Lusse, M. K. (1989). Visual qualities of the environment of settlements. Quality problems of the urban environment. Moscow: Nauka. 118–127 (in Russian).
8. Miroshnichenko, V. V. (2012). Environmental comfort of urban geosystems of Kharkiv (videocological aspect). *Man and the environment. Issues of neoecology*, (1-2), 92-99. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/927> (in Russian).
9. Sapun, A. V., & Gladir, V. S. (2019). Estimation of the aggressiveness of the visual environment of recreational areas. *Proceedings of the XVth All-Ukrainian Scientific Taliyivsky readings: Environmental protection*, Kharkiv, 2019, October 30 (pp.128-129). Kharkiv: V.N. Karazina KhNU (in Ukrainian).
10. Fesyuk, V. O. (2008). Constructive-geographical principles of formation of ecological condition of large cities of North-Western Ukraine. Lutsk: Volyn. region print (in Ukrainian).
11. Golubnichiy, A. A. (2012). The quantitative method of aggression estimation of urban visual environment. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 14(1(9)), 2409-2411. Retrieved from [http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2012/2012\\_1\\_2409\\_2411.pdf](http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2012/2012_1_2409_2411.pdf) (in Russian).
12. Nekos, A., & Bielkina, O. (2019). Video Environmental Assessment of the Administrative Regions Within Urbgeosystem Territories. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 31, 75-83. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-07> (in Ukrainian).
13. Sapun, A. V., & Gladir, V. S. (2019). Videocological problems of recreational areas of the city (on the example of Kholodnohirsky district of Kharkiv). *Proceedings of the III All-Ukrainian plein air on natural sciences*, Odesa, 2019, June 20-22 (pp.56-58). Odesa, OSEU (in Ukrainian).
14. Kuramshina, N. G., & Akhmetzyanova, I. S. (2017). The state of natural ecosystems and green spaces in the cities of Bashkortostan. *Young scientist*, (1), 494-496. Retrieved from <https://moluch.ru/archive/135/37635/> (in Russian).
15. Asare-Bediako, E., Addo-Quaye, A. A. & Tetteh, J. P. (2013). Prevalence Of Mistletoe On Citrus Trees In The Abura-Asebu-Kwamankese District Of The Central Region Of Ghana. *IJSTR*, 2(7), 122-127. Retrieved from <http://www.ijstr.org/final-print/july2013/Prevalence-Of-Mistletoe-On-Citrus-Trees-In-The-Abura-asebu-kwamankese-District-Of-The-Central-Region-Of-Ghana.pdf>
16. Fedosova, S. I. (2008). *Recommendations on the assessment and formation of the visual environment of a large city. (Masters Thesis)*. Bryansk: Bryansk State University of Engineering and Technology. Retrieved from <https://www.dissercat.com/content/ekologo-tehnologicheskije-osnovy-formirovaniya-vizualnoi-sredy-krupnogo-goroda> (in Russian).
17. Ivchenko, A. V., Bozhok, O. P., Patsura, I. M., Kolyada, L.B. & Bozhok, V. O. (2014). Features of the organization of effective struggle against white mistletoe. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 24.5, 13-18. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24\\_5/4.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_5/4.pdf) (in Ukrainian).
18. Ribalka, I. O., & Vergeles, Y. I. (2016). Modeling of white mistletoe population to solve problems of ecological management of urban ecosystems. *Municipal utilities*, 130, 36-43. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm\\_tech\\_2016\\_130\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2016_130_9) (in Ukrainian).
19. Sapun, A. V., & Gladir, V. S. (2019). Assessment of damage to tree species in urban recreational areas by White Mistletoe (*Viscum album* L.). *Proceedings of the 7th International Scientific Conference Young Scientists: Ecology, Neoecology, Environment Protection and Balanced Natural Management*, Kharkiv, 2019, November 28 – 29 (pp.37-39). Kharkiv, V.N. Karazin KhNU. (in Ukrainian).
20. Mural by Lyudmila Gurchenko. (2016). Retrieved from <https://mural.kh.ua/gurchenko/https://mural.kh.ua/gurchenko/> (in Ukrainian).
21. Kharkov in the photographs. Natalya Fateeva on Primersovskaya street. Retrieved from <https://moniacs.kh.ua/harkov-v-fotografiyah-natalya-fateeva-na-primerovskoj-ulitse/> (in Russian).

Надійшла до редколегії 05.05.2020

Прийнята 22.05.2020

**І. В. БОДАК<sup>1</sup>, К. В. ДЯДЕЧКО<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 6, м. Харків, Україна 61022

e-mail: [innabodak@ukr.net](mailto:innabodak@ukr.net)  
[dyadechko.ksyu31@gmail.com](mailto:dyadechko.ksyu31@gmail.com)

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0002-5799-1779>

## ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ВАРІАЦІЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ХАРКІВ ДРІБНОДИСПЕРСНИМ ПИЛОМ ФРАКЦІЇ PM<sub>2,5</sub>

**Мета.** Виявлення просторових і часових варіацій забруднення атмосферного повітря урбогеосистем з високим ступенем антропогенного навантаження дрібнодисперсним пилом фракції PM<sub>2,5</sub> (на прикладі м. Харків).

**Методи.** Відкрита платформа онлайн-моніторингу «Air Pollution», вимірювання PM<sub>2,5</sub> здійснювалося пилόμεрами «7bit Pollution Monitor», статистичні.

**Результати.** Моніторинг PM<sub>2,5</sub> в атмосферному повітрі м. Харкова проводився у період з 01.08.2019 до 01.04.2020 на 6 контрольних точках у різних районах міста. Було опрацьовано 28119 проб. Джерелом отримання даних щодо масової концентрації PM<sub>2,5</sub> у повітрі слугувала відкрита платформа онлайн-моніторингу «Air Pollution». Для визначення дотримання гігієнічних норм вмісту дрібнодисперсного пилу фракції менше 2,5 мкм були використані порогові концентрації, рекомендовані ВООЗ. Оцінка рівня запиленості повітря та його небезпеки для здоров'я населення проводилася відповідно до міжнародної шкали рівня забруднення повітря PM<sub>2,5</sub> за Індексом якості повітря (Air Quality Index, AQI). Із загального обсягу досліджуваної вибірки для 17,4% випадків (4905 із 28119 значень масової концентрації PM<sub>2,5</sub>) зафіксовано перевищення ГДК за ВООЗ. Загалом відповідно до шкали AQI, у переважній кількості випадків вміст PM<sub>2,5</sub> в повітрі варіюється від низького до помірного. Найвищий рівень запиленості повітря характерний для точки №1 (Аптекаський провулок, 9), що може бути обумовлено її розташуванням на територіях із високою інтенсивністю руху автотранспорту. У ході аналізу простежено добову, тижневу та сезонну динаміку вмісту PM<sub>2,5</sub>. Сезонні та добові варіації вмісту PM<sub>2,5</sub> у повітрі м. Харкова залежать від зміни погодних умов (кількості опадів, швидкості вітру та ін.), рівня завантаженості автомобільних доріг і режиму роботи потенційних стаціонарних джерел забруднення.

**Висновки.** Отримані результати дають основу для подальшого дослідження кореляції вмісту PM<sub>2,5</sub> у повітрі зі ступенем впливу різних природних і соціально-економічних факторів території, а також із рівнем захворюваності населення.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** дрібнодисперсний пил, PM<sub>2,5</sub>, AQI, забруднення повітря, урбанізована територія, просторово-часова варіація

**Bodak I. V.<sup>1</sup>, Dyadechko K. V.<sup>1</sup>**

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

### SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY OF PM<sub>2,5</sub> AIR POLLUTION LEVEL IN KHARKIV CITY

**Purpose** of the study is to determine spatial and temporal variability of PM<sub>2,5</sub> air pollution level within urban geosystems with a high anthropogenic pressure (on the example of Kharkiv city).

**Methods.** Open online monitoring platform «Air Pollution», PM<sub>2,5</sub> level was measured with «7bit Pollution Monitor», statistical.

**Results.** Monitoring of PM<sub>2,5</sub> air pollution of Kharkiv was conducted from August 1, 2019 to April 1, 2020 at 6 control points in different districts of the city. Air Pollution open online monitoring platform served as a data source of 28,119 mass concentrations of PM<sub>2,5</sub> in the air. Threshold concentrations, recommended by the WHO, were used to determine compliance with hygienic standards for fine dust of less than 2.5 μm. The PM<sub>2,5</sub> air pollution level and its degree of threat to public health were assessed in accordance with the International Air Quality Index (AQI) scale. Fine particles pose the greatest health risk. Exceeding the PM<sub>2,5</sub> threshold level set by the WHO was detected for 17.4% of studied cases (4,905 out of 28,119 studied cases). In general, according to

the AQI scale, in the vast majority of cases, the content of  $PM_{2.5}$  in the air varies from low to moderate. The highest level of  $PM_{2.5}$  in the air was measured at point No. 1 at the address Aptekarskyi Lane 9, which may be due to its location in areas with high traffic. The daily, weekly and seasonal variability of  $PM_{2.5}$  content was determined. Seasonal and daily variations in the content  $PM_{2.5}$  of in the air of Kharkiv depend on changes in weather conditions (precipitation, wind speed, etc.), the level of traffic congestion and the operation mode of potential stationary pollution sources.

**Conclusions.** The obtained results provide a basis for further study of the correlation of  $PM_{2.5}$  content in the air with the influence of various natural and socio-economic factors of the territory, as well as with the mortality rates.

**KEYWORDS:** particulate matter,  $PM_{2.5}$ , AQI, air pollution, urban area, spatial and temporal variability

**Бодак И. В.<sup>1</sup>, Дядечко К. В.<sup>1</sup>**

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

### **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ВАРИАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА г. ХАРЬКОВ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛЬЮ ФРАКЦИИ $PM_{2.5}$**

**Цель.** Выявление пространственных и временных вариаций загрязнения атмосферного воздуха урбогеосистем с высокой степенью антропогенной нагрузки мелкодисперсной пылью фракции  $PM_{2.5}$  (на примере г. Харьков).

**Методы.** Открытая платформа онлайн-мониторинга «Air Pollution», измерение  $PM_{2.5}$  осуществлялось пылемерами «7bit Pollution Monitor», статистические.

**Результаты.** Мониторинг  $PM_{2.5}$  в атмосферном воздухе г. Харькова проводился в период с 01.08.2019 до 01.04.2020 на 6 контрольных точках в разных районах города. Было обработано 28119 проб. Источником получения данных о массовой концентрации  $PM_{2.5}$  в воздухе служила открытая платформа онлайн-мониторинга «Air Pollution». Для определения соблюдения гигиенических норм содержания мелкодисперсной пыли фракции менее 2,5 мкм были использованы пороговые концентрации, рекомендованные ВОЗ. Оценка уровня запыленности воздуха и его опасности для здоровья населения проводилась в соответствии с международной шкалой уровня загрязнения воздуха  $PM_{2.5}$  по Индексу качества воздуха (Air Quality Index, AQI). С общего объема исследуемой выборки для 17,4% случаев (4905 из 28119 значений массовой концентрации  $PM_{2.5}$ ) было зафиксировано превышение ПДК за ВОЗ. В общем в соответствии со шкалой AQI, в подавляющем числе случаев содержание  $PM_{2.5}$  в воздухе варьируется от низкого до умеренного. Самый высокий уровень запыленности воздуха характерен для точки №1 (Аптекарский переулок, 9), что может быть обусловлено ее расположением на территории с высокой интенсивностью движения автотранспорта. В ходе анализа была прослежена суточная, недельная и сезонная динамика содержания  $PM_{2.5}$ . Сезонные и суточные вариации содержания  $PM_{2.5}$  в воздухе Харькова зависят от изменения погодных условий (количества осадков, скорости ветра и др.), уровня загруженности автомобильных дорог и режима работы потенциальных стационарных источников загрязнения.

**Выводы.** Полученные результаты дают основу для дальнейшего исследования корреляции содержания  $PM_{2.5}$  в воздухе со степенью влияния различных природных и социально-экономических факторов территории, а также с уровнем заболеваемости населения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** мелкодисперсная пыль,  $PM_{2.5}$ , AQI, загрязнение воздуха, урбанизированная территория, пространственно-временная вариация

### **Вступ**

В умовах інтенсивного антропогенного пресингу забруднення атмосферного повітря залишається серед пріоритетних екологічних проблем, які становлять загрозу для здоров'я людей та живої природи в цілому. Особливо це актуально для урбанізованих територій, де зосереджена переважна більшість стаціонарних та пересувних джерел забруднення атмосфери.

До урбогеосистем з високим ступенем техногенного навантаження на атмосферне повітря слід віднести і територію м. Харкова, яке є одним і найбільших промислових центрів України. Так, у 2018 р. обсяги вики-

дів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у Харкові становили 4800,2 т., при цьому їхня щільність сягала 13714,7 кг/км<sup>2</sup> [1]. За узагальненими даними 2016–2018 рр., у перерахунку на 1 особу щороку у повітря м. Харків надходить 3,3–3,4 кг викидів від стаціонарних джерел [1]. Загалом Індекс забруднення атмосфери міста (ІЗА) у 2018 році дорівнював 4,09 [2], що за шкалою відповідає слабкому рівню забруднення.

Однією з пріоритетних забруднюючих речовин у компонентному складі викидів стаціонарних джерел Харкова є пил, на який

станом на 2018 р. припадало 10,7 % (511, 2 т) від загального обсягу [1]. За даними Харківського регіонального центру з гідрометеорології, зібраних на базі 10 стаціонарних пунктів спостереження, обладнаних комплектами лабораторіями, «ПОСТ-1» та «ПОСТ-2», у 2018 р. середньорічний рівень запиленості повітря міста становив  $0,09 \text{ мг/м}^3$  (0,6 ГДКс.д.) [2]. Станом на березень 2020 р. концентрації пилу в повітрі м. Харків коливалися від  $0,03$  до  $0,11 \text{ мг/м}^3$  [3] і не перевищували середньодобове ГДК ( $0,15 \text{ мг/м}^3$ ) згідно з ДСП-201-97 [4].

На додачу до стаціонарних джерел значний внесок у підвищення рівня запиленості атмосфери Харкова вносять пересувні джерела забруднення, зокрема автотранспорт. Забруднення повітря викидами автотранспорту займає друге місце після енергетики за рахунок постійного збільшення кількості машин. Окрім надходження токсичних газів, обсяг і склад яких буде залежати від технічного стану автомобіля, типу і потужності двигуна, режиму його роботи, якості палива, характеру транспортного потоку, стану дорожнього покриття та ін., рух транспорту супроводжується підвищенням рівнів вторинного здійснення пилу [2].

Через високу турбулентність повітряних потоків, спричинену пересуванням транспорту по дорогах, у повітря прилеглих територій здійснюються пилові частинки різних фракцій, які утворюються в результаті стирання дорожнього покриття, гальмівних колодок і шин автомобілів, а також викидів вихлопних систем. Як зазначають Слободянюк А.О. та ін. [5], хімічний склад та обсяг пилу багато в чому залежить від характеру дорожнього покриття. Для доріг із гравію характерний пил з переважаючим вмістом діоксиду кремнію, тоді як на дорогах з асфальтобетонним покриттям пил додатково міститиме продукти зношування в'язучих бітумовмісних матеріалів та фарби ліній розмітки дороги.

Пил є одним із найбільш поширених несприятливих факторів забруднення атмосферного повітря. При цьому, як акцентує Неменко Б. А. [6], велику роль відіграє дисперсність пилових частинок, від якої залежить тривалість їх перебування у повітрі, глибина проникнення у дихальні шляхи та затримка в різних ділянках дихального тракту. Так, крупні частинки пилу діаметром 10–

100 мкм, затримуються у верхніх дихальних шляхах, а дрібні (до 5 мкм) здатні глибоко проникати в дихальні шляхи, справляючи патологічний вплив на дихальну систему, викликаючи алергічні реакції [6; 7; 8; 9; 10] та будучи опосередкованим джерелом парникових газів [7]. Враховуючи особливу загрозу дрібнодисперсного пилу для здоров'я населення, у центрі даної наукової розвідки знаходяться саме зважені частинки із розміром фракції менше 2,5 мкм (далі –  $\text{PM}_{2,5}$ ).

Згідно з ДСП-201-97 [4] пил належить до 3 класу небезпеки, проте у складі пилу урбанізованих територій можуть знаходитися токсичні хімічні елементи [6; 7; 8]. Дрібнодисперсні фракції пилу можуть перебувати в атмосфері протягом багатьох днів і переноситися на великі відстані, тому фізичні та хімічні характеристики завислих частинок змінюються залежно від місцезнаходження [8]. Серед найбільш поширених хімічних компонентів  $\text{PM}_{2,5}$  слід назвати сульфати, нітрати, аміак, інші неорганічні йони (іони натрію, калію, кальцію, магнію, хлору), а також органічний і елементарний вуглець, зв'язана вода, метали (у тому числі V, Cd, Cu, Ni, Zn) і поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), в тому числі бенз(а)пірен [7; 8; 9]. У складі  $\text{PM}_{2,5}$  зустрічаються і біокомпоненти, зокрема алергени і мікроорганізми [8].

Підвищені концентрації  $\text{PM}_{2,5}$  призводять до легеневих дисфункцій, хронічного пригнічення темпів розвитку легень, довготривалої легеневої недостатності, раку легень, викликають астму та алергічні реакції, загострюють серцево-судинні захворювання [8]. Загалом у глобальному масштабі на рахунок впливу  $\text{PM}_{2,5}$  відносять приблизно 3% випадків смертей від захворювань серцево-судинної і дихальної систем і 5% випадків смерті від раку легень [6; 8].

Питанню забруднення атмосферного повітря м. Харків різного роду поллютантами, у тому числі й пилом, присвячено цілу низку робіт [12–15]. Зокрема, у роботі [12] представлено оцінку ризиків розвитку канцерогенних і неканцерогенних ефектів від забруднення повітря промислово розвинених регіонів, серед яких і м. Харків. У роботі [13] було зроблено оцінку якості повітря м. Харків за 2010–2015 рр. та визначено, що основними забруднювачами атмосфери міста (понад 70% вкладу) є формальдегід, вуглецю оксид, діоксид азоту, пил і фенол. При цьому автори вважають, що для поліпшення

якості атмосферного повітря в місті пріоритетними слід вважати комплекс заходів щодо зниження викидів від автотранспорту як основного джерела забруднення атмосфери. Негативний вплив автотранспорту на якість повітря м. Харків проілюстровано і в роботі [14], авторами якої було виявлено перевищення ГДК для оксиду вуглецю, діоксиду азоту та пилу в атмосферному повітрі міста Харкова в районах автостанцій.

Дослідженню просторового розподілу пилового забруднення атмосферного повітря м. Харків присвячена робота [15]. Проте, в полі зору авторів знаходиться загальний вміст пилу у повітрі без розподілу його на фракції, тоді як особливу небезпеку для здоров'я несе саме дрібнодисперсний пил. Низка дослідників, зокрема Пономарьова С. Д. [7]

та Слободянюк А. О. та ін. [5], зазначають, що оскільки в Україні дослідження забруднення повітря дрібнодисперсними фракціями пилу, у тому числі й  $PM_{2,5}$ , знаходиться на початковій стадії, існує нагальна потреба у вивченні джерел надходження дрібнодисперсного пилу в атмосферне повітря, визначенні його характеристик та пошуку можливих шляхів зменшення їх концентрацій до екологічно безпечних.

Враховуючи актуальність розвитку моніторингу запиленості урбанізованих територій, **метою** дослідження є виявлення просторових і часових варіацій забруднення атмосферного повітря урбогеосистем з високим ступенем антропогенного навантаження, дрібнодисперсним пилом фракції  $PM_{2,5}$  (на прикладі м. Харків).

### Об'єкти та методи дослідження

Для дослідження просторово-часової варіації вмісту дрібнодисперсного пилу в приземному шарі повітря м. Харків обрано 6 контрольних точок в різних адміністрати-

вних районах міста (табл. 1) з різним характером антропогенного навантаження (житлові забудови, промислові зони, суспільно-ділові зони).

Таблиця 1

Точки моніторингу масової концентрації дрібнодисперсного пилу фракції  $PM_{2,5}$  у приземному шарі повітря м. Харків

Номер точки	Адреса
1	Аптекарьський провулок, 9
2	вул. Білецького, 21
3	вул. Героїв праці, 68Б
4	вул. Доватора, 17
5	вул. Селянська, 25
6	Ново-Баварський проспект, 107

Дослідження ґрунтувалися на аналізі даних щодо масової концентрації дрібнодисперсного пилу фракції  $PM_{2,5}$  за період з 01.08.2019 р. до 01.04.2020 р. (8 місяців). Джерелом отримання даних слугував відкритий електронний ресурс Air Pollution [11].

Вимірювання концентрації пилу фракції  $PM_{2,5}$  здійснювалося за допомогою пиломірів «7bit Pollution Monitor» розробки О. Кузьмюка («Distributed Data System Ltd», м. Дніпро). Ці пристрої слугують для побудови мережі збору даних в рамках системи громадського моніторингу забруднення повітря з метою ідентифікації джерел та масштабів пилового забруднення [11]. Принцип вимірювання пилу у приземному шарі повітря полягав у фіксації масової концент-

рації  $PM_{2,5}$  кожні 2 хвилини з подальшим розрахунком середнього значення за годину та передачею даних по Інтернет-каналі зв'язку Wi-Fi в автоматичну систему моніторингу. Загалом опрацьована вибірка даних із 28119 значень масової концентрації  $PM_{2,5}$  протягом досліджуваного періоду.

Під час здійснення гігієнічної оцінки вмісту пилу в повітрі до уваги взято як національні, так і міжнародні підходи до нормування запилення повітря. Співставлення існуючих на сьогодні нормативних вимог до вмісту завислих речовин у повітрі подано в таблиці 2.

Зазначимо, що в Україні встановлені гігієнічні норми лише щодо загального вмісту завислих речовин у повітрі (TSP). Сюди

Таблиця 2

Гранично допустимі концентрації  $PM_{2,5}$  в атмосферному повітрі

Забруднююча речовина	Час усереднення	Гранично допустима (порогова) концентрація, $мкг/м^3$		
		ЄС [16]	ВООЗ [17]	Україна [4]
Завислі речовини, загальний вміст (TSP)	20 хвилин	-	-	500
	24 години	-	-	150
Завислі речовини розміром <10 $мкм$ ( $PM_{10}$ )	24 години	50	50	
	рік	40	20	
Завислі речовини розміром <2,5 $мкм$ ( $PM_{2,5}$ )	24 години	-	25	
	рік	20	10	

відносять усю сукупність завислих частинок розміром до 500  $мкм$  без розподілу їх на фракції, що значно ускладнює процес моніторингу забруднення повітря дрібнодисперсним пилом. У той час, як у США та країнах Європейського Союзу вже давно існує фракційне нормування пилу ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_1$ ), підкріплене низкою систематичних досліджень та методичних розробок. Особливу увагу гігієнічному нормуванню пилу в повітрі приділяє ВООЗ, встановлюючи найбільш жорсткі вимоги. Враховуючи сказане вище, у рамках даних досліджень використано гігієнічні нормативи, запропоновані ВООЗ, а саме середньодобова ( $ГДК_{с,д} = 25 \text{ мкг}/м^3$ ) та

середньорічна ( $ГДК_{с,р} = 10 \text{ мкг}/м^3$ ) гранично допустимі концентрації.

Рівень забруднення повітря  $PM_{2,5}$  визначався відповідно до міжнародної шкали ризику для здоров'я населення за Індексом якості повітря (Air Quality Index, AQI), запропонованої Європейським агентством з охорони довкілля (European Environment Agency, EEA) (табл. 3).

Загалом Індекс якості повітря враховує концентрації таких речовин, як озон ( $O_3$ ), діоксид сірки ( $SO_2$ ), діоксид азоту ( $NO_2$ ) та дрібнодисперсні тверді частинки  $PM_{10}$  та  $PM_{2,5}$ . [18].

Таблиця 3

Шкала рівня забруднення повітря дрібнодисперсним пилом фракції  $PM_{2,5}$  [18]

Завислі частинки розміром < 2,5 $мкм$ ( $PM_{2,5}$ ), $мкг/м^3$	Рівень забруднення повітря / ризик для здоров'я населення
1-10	Низький (Good)
10-20	Задовільний (Fair)
20-25	Помірний (Moderate)
25-50	Високий (Poor)
50-75	Дуже високий (Very poor)
75-800	Небезпечний (Extremely poor)

Результати та обговорення

Моніторинг пилового забруднення м. Харків передбачав дві цілі: виявлення територіальної диференціації вмісту  $PM_{2,5}$  у приземному шарі повітря залежно від характеру антропогенного навантаження території та простеження часової варіації концентрацій  $PM_{2,5}$  залежно від часу доби, місця та сезону.

Аналіз рис. 1 показує, що середні місячні концентрації  $PM_{2,5}$  варіюються від 0,08  $ГДК_{с,д}$  за ВООЗ (грудень, точка №3 по вул. Героїв Праці, 68Б) до 1,05  $ГДК_{с,д}$  (грудень, точка №1 на пров. Аптекарьському, 9). Для більшості точок (точки №2, 4, 5, 6) най-

вищі середні концентрації  $PM_{2,5}$  характерні в період з січня (23,1–24,5  $мкг/м^3$ ) по березень (17,8–24,5  $мкг/м^3$ ).

Простежуючи просторову варіацію запиленості атмосферного повітря по точках, відзначимо, що найменші концентрації  $PM_{2,5}$  (2–11  $мкг/м^3$ ) зафіксовані у точці №3 (вул. Героїв праці, 68Б), а найвищі (16,9 – 26,3  $мкг/м^3$ ) – у точці №1 (пров. Аптекарьський, 9). Цю тенденцію підтверджено і за розрахованими значеннями середніх концентрацій  $PM_{2,5}$  за весь період спостережень. Так, для точки №1 середні річні концентрації  $PM_{2,5}$  становлять 2,18  $ГДК_{с,р}$  за ВООЗ, а

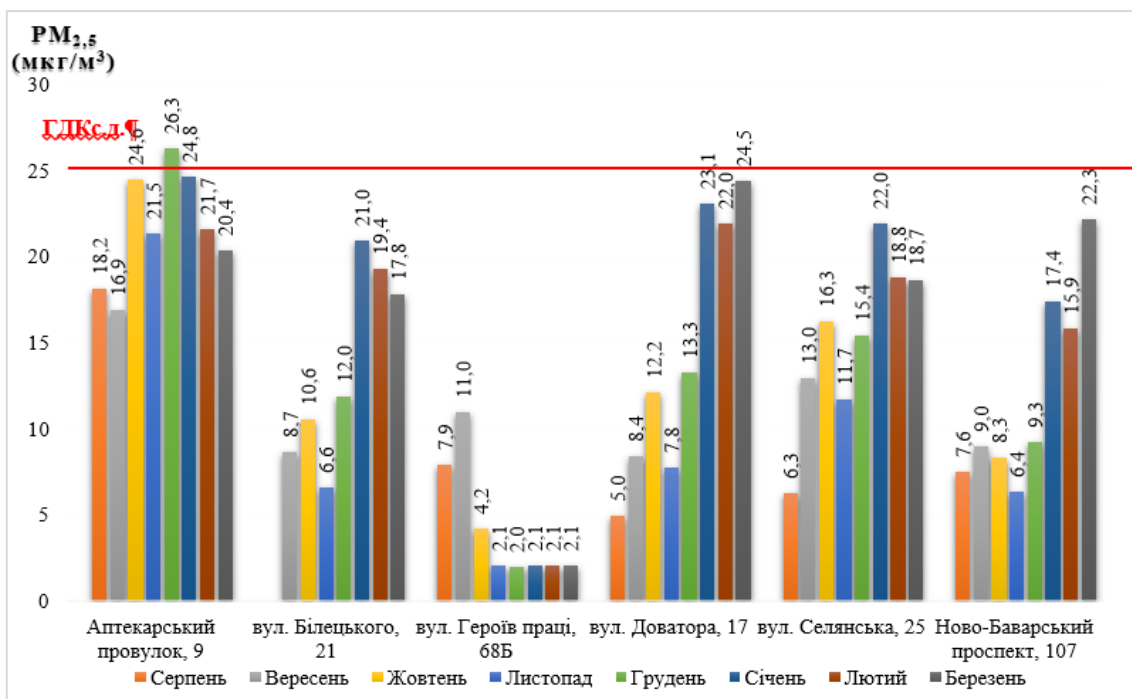


Рис. 1 – Середні місячні концентрації  $PM_{2,5}$  у повітрі м. Харків за період спостереження

для точки №2 – 0,42 ГДК<sub>с.р.</sub>. Зазначимо, що точка №2 розташована в спальному районі міста, де відсутні промислові підприємства. Тоді як точка №1 розташована близько до центру міста, і в радіусі 500 м від неї знаходяться ринок, залізнична станція «Харків-Левада», автостанції №3 та №1. Отже, інтенсивність руху автотранспорту, який є одним із основних потенційних джерел забруднення повітря, тут дуже висока.

Зазначимо, що схема забудови центральної частини Харкова створена за радіальним принципом і не розрахована на сучасний рівень транспортного потоку. Через центральні райони міста рухається велика кількість автомобілів, при чому з малою швидкістю та великою кількістю зупинок, що призводить до надмірного витрачання пального і є причиною високого рівня загазованості повітря [2]. Як зазначає Невмержицький М. В. [9], при поєднанні несприятливих метеорологічних, транспортних і містобудівних умов в межах міста може сформуватися екстремально високий рівень забруднення повітря небезпечними поллютантами, які виділяються з відпрацьованими газами автомобілів. Це, в свою чергу, чинить надзвичайно небезпечний вплив на населення та навколишнє середовище. На додачу до невідпрацьованих режимів швидкості дорожнього руху серед факторів, які обумовлюють високий внесок автотранспорту у забруднення повітря м. Харків,

слід назвати експлуатацію технічно застарілого автопарку та поганий (місцями навіть аварійний) стан дорожнього покриття.

Зауважимо, що саме для точки №1 (Аптека́рський провулок, 9) зафіксована найбільша кількість випадків перевищення ГДК, а саме 36% від загальної кількості відібраних проб у цій точці; а найменша (1%) – для точки №3 (вул. Героїв праці, 68Б). Загалом за весь період спостережень перевищення середньодобових ГДК виявлені в усіх точках відбору проб, про що свідчать дані таблиці 4.

За результатами проведеної оцінки якості повітря м. Харків на основі розрахованих значень середніх місячних концентрацій  $PM_{2,5}$  відповідно до шкали AQI (див. табл. 3) виявлено, що у 38,3% (18 із 47) випадків вміст дрібнодисперсного пилу  $PM_{2,5}$  в повітрі є низький, у 31,9% (15 із 47) – задовільний, у 27,7% (13 із 47) – помірний, і тільки в 2,13% випадків – високий.

Часова варіація розрахованих середніх значень масових концентрацій  $PM_{2,5}$  за весь період спостережень (рис 2), свідчить про зростання вмісту пилу в повітрі від серпня до березня. При цьому лише у серпні та листопаді середньомісячні концентрації  $PM_{2,5}$  не перевищували пороговий рівень, тоді як для інших місяців зафіксовано перевищення нормативу від 1,1 (вересень) до 1,8 ГДК<sub>с.р.</sub> (січень). Сезонні зміни, відображені на рис. 3, теж показують збільшення середніх



Таблиця 4

Випадки перевищення ГДК  $PM_{2,5}$  у пробах повітря м. Харків за весь період спостережень

№ точки	Адреса	Всього	Перевищення ГДК <sub>с.д.</sub>	У межах ГДК <sub>с.д.</sub>
1	Аптекарьський провулок, 9	5412	1964	3448
2	вул. Білецького, 21	4628	773	3855
3	вул. Героїв праці, 68Б	5227	48	5179
4	вул. Доватора, 17	4841	970	3871
5	вул. Селянська, 25	3924	710	3214
6	Ново-Баварський проспект, 107	4087	440	3647

концентрацій  $PM_{2,5}$ , від літа ( $9,0 \text{ мкг/м}^3$ ) до весни ( $17,6 \text{ мкг/м}^3$ ) майже у 2 рази.

Дійсно, влітку середнє значення концентрації  $PM_{2,5}$  повітрі становило  $9 \text{ мкг/м}^3$ , а навесні –  $17,6 \text{ мкг/м}^3$ , тобто майже вдвічі більше. При цьому найбільший відсоток проб з перевищенням ГДК припадає на зимовий період (60%) (рис. 4). Узагальнена інформація щодо випадків перевищення нормативного вмісту  $PM_{2,5}$  у повітрі в 6 контрольних точках у межах м. Харків за кожен місяць спостережень представлена у табл. 5.

Низьку запиленість повітря у літній період можна пояснити тим, що у Харкові, як і в усьому помірному поясі, саме в літні місяці випадає найбільша кількість опадів. У той час, як з лютого по квітень припадає найбільш посушливий період. Зростання концентрацій  $PM_{2,5}$  у зимово-весняний період порівняно з літнім також може бути посилено аномальністю цього річного погодних умов, яка проявляється у підвищенні температури повітря та зниженні кількості

опадів. До прикладу, березень 2020 р. видався аномально посушливим і теплим. Так, середня місячна температура повітря становила  $+6,5 \text{ }^\circ\text{C}$  [19], що вище за норму на  $5,8^\circ$  (середня температура повітря для березня у м. Харків становить  $0,7 \text{ }^\circ\text{C}$  [20]). У березні 2020 р. у м. Харків випало лише 18 мм опадів [19], тобто 55% від норми в 33 мм [20]. Досить цікавим аспектом є простеження тижневої та добової динаміки рівня запиленості повітря. Серед факторів, які потенційно можуть впливати на зміну пилу в повітрі у різні дні тижня, є звантаженисть автомобільних доріг та графік роботи підприємств, адже вони визначають інтенсивність надходження аерозолів у атмосферне повітря.

За результатами досліджень, реалізованих на прикладі вибірки даних щодо концентрацій  $PM_{2,5}$  у повітрі у точці №1 (пров. Аптекарьський, 9) протягом вересня 2019 року, виявлено, що найменші концентрації  $PM_{2,5}$  у повітрі характерні у вихідні дні – суботу та неділю ( $13,5\text{--}16,2 \text{ мкг/м}^3$ ), найвищі –

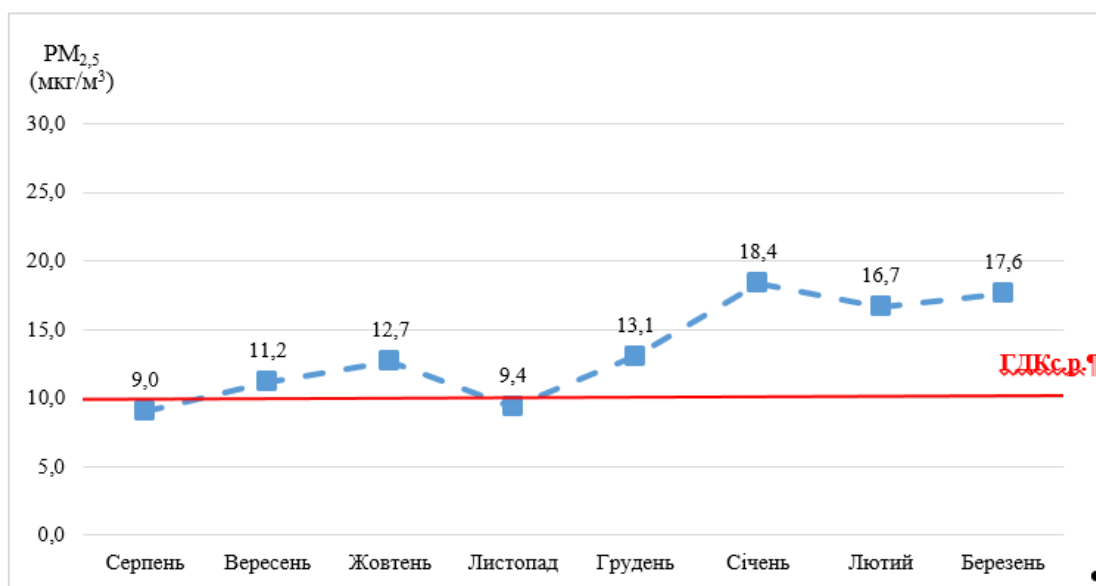


Рис. 2 – Узагальнені середні значення концентрацій  $PM_{2,5}$  для кожного місяця спостереження

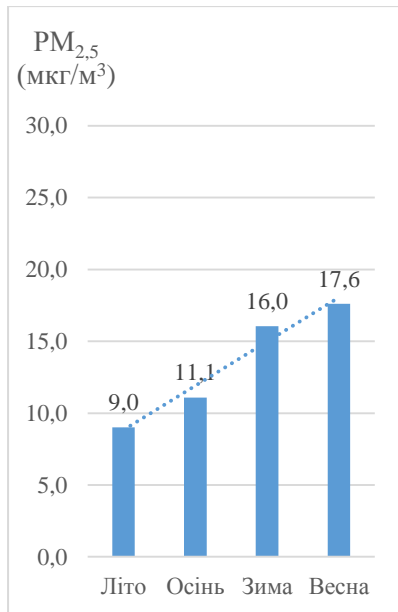


Рис. 3 – Сезонна динаміка  $PM_{2,5}$

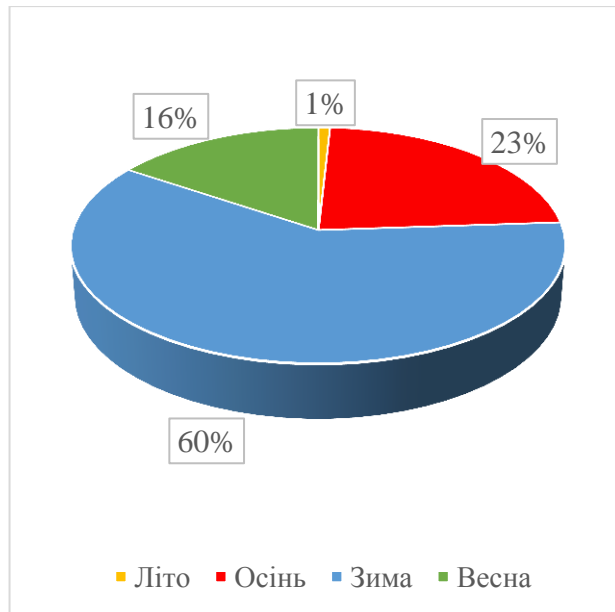


Рис. 4 – Випадки перевищення ГДК  $PM_{2,5}$  у різні сезони року (%)

Таблиця 5

Випадки перевищення нормативу за вмістом  $PM_{2,5}$  у повітрі м. Харків за кожний місяць спостережень

Місяць	Аптека́рський провулок, 9 (т. №1)	вул. Білецького, 21 (т. №2)	вул. Героїв праці, 68Б (т. №3)	вул. Доватора, 17 (т. №4)	вул. Селянська, 25 (т. №5)	Ново-Баварський проспект, 107 (т. №6)
Серпень	37		4		1	
Вересень	154	6	39	4	50	8
Жовтень	340	19	5	82	109	15
Листопад	263	3		8	22	5
Грудень	361	61		117	80	45
Січень	372	293		337	228	97
Лютий	267	229		241	125	113
Березень	170	162		181	95	157

четвер (19,5–24,4  $mg/m^3$ ). Добова динаміка вмісту  $PM_{2,5}$  у повітрі проілюстрована на прикладі графіка концентрацій  $PM_{2,5}$  у повітрі у точці №1 (пров. Аптека́рський, 9) станом на 07.09.2019 року (рис. 5).

Отримані результати, проілюстровані на рис. 5, свідчать, що концентрації  $PM_{2,5}$  у переважній кількості вимірювань найнижчі у період з 11:00 по 18:00 (4–9  $mg/m^3$ ), що припадає на час середньостатистичного робочого дня. Ці показники у 1,5– 3,4 разів нижчі за середню концентрацію за добу (13,5  $mg/m^3$ ).

Однак, враховуючи те, що рівень

вмісту пилу у повітрі є результатом впливу комплексу як природних (погодні умови, особливості переміщення повітряних мас, характер підстилаючої поверхні та ін.), так і соціально-економічних (інтенсивність руху автотранспорту, обсяг і склад викидів, режими функціонування промислових підприємств, особливості забудови території, рівень віддаленості від потенційного джерела забруднення та ін.), сезонні та добові особливості варіації  $PM_{2,5}$  у повітрі потребують більш детального вивчення і становлять собою подальшу перспективу даного дослідження.

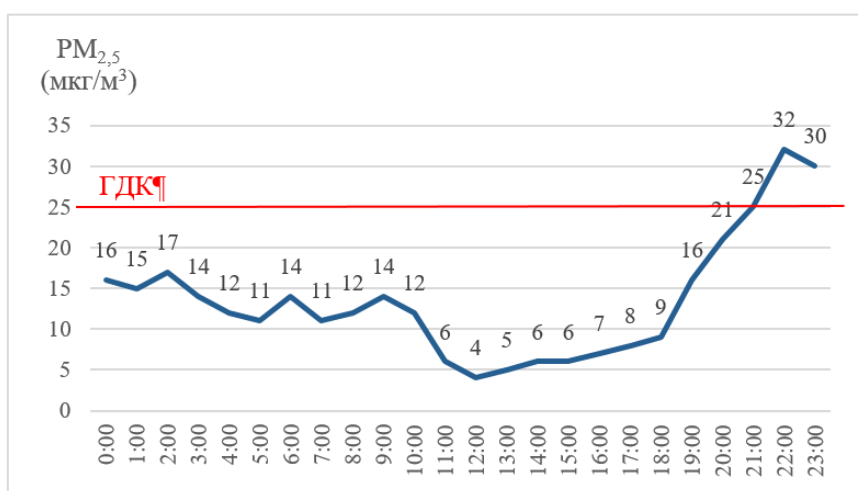


Рис. 5 – Добова динаміка концентрації PM<sub>2,5</sub> (на прикладі вибірки даних для точки №1 (Аптекаський провулок, 9) станом на 07.09.2019 року)

### Висновки

Висока потенційна загроза дрібнодисперсного пилу для здоров'я людини криється у його здатності легко проникати в організм людини через дихальні шляхи завдяки мікроскопічним розмірам. Будучи надзвичайно легким, дрібнодисперсний пил може досить тривалий час залишатися у повітрі у завислому стані, а отже переноситися на значні відстані від місця надходження. Внаслідок атмосферного перенесення пилу змінюються фізичні та хімічні характеристики пилових частинок, а отже, зростає їх потенційна небезпека.

Підвищений рівень PM<sub>2,5</sub> у повітрі може призводити до розвитку захворювань органів дихання та зростання ризику виникнення хвороб серцево-судинної системи. Тяжкість захворювань залежить від тривалості експозиції. Особливо вразливими є люди похилого віку та діти.

Дослідження забруднення атмосферного повітря м. Харків дрібнодисперсним пилом з розміром фракції менше 2,5 мм (PM<sub>2,5</sub>) проведені на базі даних платформи онлайн-моніторингу Air Pollution. На основі статистичних даних, зібраних авторами за період з 01.08.2019 р. до 01.04.2020 р. для 6

контрольних точок простежені просторово-часові варіації вмісту PM<sub>2,5</sub> у приземному шарі повітря.

Із вибірки обсягом у 28119 значень масових концентрацій PM<sub>2,5</sub> для 17,4% випадків (4905 із 28119) зафіксовано перевищення ГДК PM<sub>2,5</sub> за ВООЗ. Загалом відповідно до шкали AQI, у переважній кількості випадків вміст PM<sub>2,5</sub> в повітрі варіюється від низького до помірного. Найвищий рівень запиленості повітря характерний для точки №1 (Аптекаський провулок, 9), що може бути обумовлено близькістю її розташування до територій із високою інтенсивністю руху автотранспорту.

Сезонні та добові варіації вмісту PM<sub>2,5</sub> у повітрі м. Харків залежать від зміни погодних умов (кількості опадів, швидкості вітру та ін.), рівня завантаженості автомобільних доріг і режиму роботи потенційних стаціонарних джерел забруднення.

Подальша перспектива досліджень вбачається у виявленні кореляції вмісту PM<sub>2,5</sub> зі ступенем впливу різних природних і соціально-економічних факторів території, а також із рівнем захворюваності населення м. Харків.

### 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. Навколишнє середовище Харківської області : статистичний збірник. Харків: Головне управління статистики у Харківській області, 2019. 57 с. URL: <http://kh.ukrstat.gov.ua/categories/1036-publikatsii-prezentatsiini-versii/ekonomichna-statystyka/ekonomichna-diialnist/navkolyshnie-seredovishche/3112-navkolishne-seredovishche> (дата звернення: 11.05.2020)
2. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2018 році. Харків : Департамент екології та природних ресурсів Харківської обласної державної адміністрації, 2019. 153 с. URL: [https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1006/100511/Attaches/regionalna\\_dopovid\\_2018.pdf](https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1006/100511/Attaches/regionalna_dopovid_2018.pdf) (дата звернення: 11.05.2020)
3. Спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м. Харкові. *Харківський регіональний центр з гідрометеорології : офіційний інформаційний сервер* : веб-сайт. URL: <http://kharkiv.meteo.gov.ua/monitoring/> (дата звернення : 04.04.2020)
4. ДСП-201-97. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) : затв. наказом МОЗ України від 9 липня 1997 р. № 201. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97> (дата звернення: 11.05.2020)
5. Слободянюк А. О., Гарсія Камачо Ернан Уліанодт, Сільва Рубіо Луїс Антоніо, Васильківський І. В. (2018). Дослідження аерозольного забруднення Вінниці. *Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р.*. 2018. 5 с. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/22391> (дата звернення : 11.05.2020)
6. Неменко Б.А., Илиясова А.Д., Арынова Г.А. Оценка степени опасности мелкодисперсных пылевых частиц воздуха. *Вестник КазНМУ, №3(1)-2014*. 2014. С. 133–135. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-stepeni-opasnosti-melkodispersnyh-pylevyh-chastits-vozduha>
7. Пономарьова С. Д. Захист атмосферного повітря від забруднення викидами дрібнодисперсних органічних частинок кондитерських підприємств : дис. ... канд. техн. наук (доктора філософії) : 21.06.01 / Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем». Харків, 2019. 213 с.
8. Воздействие взвешенных частиц на здоровье. Значение для разработки политики в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. *Информационный бюллетень Европейского регионального бюро ВОЗ*. Копенгаген, 2013. 20 с. URL: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0007/189052/Health-effects-of-particulate-matter-final-Rus.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0007/189052/Health-effects-of-particulate-matter-final-Rus.pdf?ua=1) (дата обращения: 11.05.2020)
9. Невмержицкий Н. В. Методика оценки и прогнозирования экстремального загрязнения воздуха на автомагистралях мелкодисперсными взвешенными частицами PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub> : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.02. Санкт-Петербург, 2016. 154 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/metodika-otsenki-i-prognozirovaniya-ekstremalnogo-zagryazneniya-vozdukh-na-avtomagistralyakh>
10. Стреляева А. Б., Лаврентьева Л. М., Лупиногин В. В., Гвоздков И. А. Исследования запылённости в жилой зоне, расположенной вблизи промышленных предприятий частицами PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub>. *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 2. 8 с. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2017/4238> (дата обращения: 11.05.2020)
11. *Air Pollution*: веб-сайт. URL: <https://www.air-pollution.nl> (дата звернення: 01.04.2020)
12. Nekos A., Medvedeva Y., Cherkashyna N. Assessment of environmental risks from atmospheric air pollution in industrially developed regions of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geocology*, 28(3). 2019. P. 511–518. URL: <https://doi.org/10.15421/111947> (Last accessed: 2020-05-11)
13. Бекетов В. С., Свтухова Г. П., Ломакіна О. С. Аналіз та оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології, № 3-4(26)*. 2016. С. 97–103. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/7759>
14. Кулік М. І., Івах Ю. А. Оцінка якості атмосферного повітря на основних автостанціях м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології. Вип 31*. 2019. С. 117–129. URL: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-11>
15. Lydina V. I., Maksymenko N. V., Cherkashyna N. I. Spatial distribution of air dust pollution in Kharkiv city. *Охорона довкілля: зб. наук. статей XV Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. Харків, 2019. С. 124–125.
16. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=en> (Last accessed: 2020-05-11)
17. WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva: WHO, 2005. 22 p. URL: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf;jsessionid=464F804B47551ECF18AC385034A07DB3?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=464F804B47551ECF18AC385034A07DB3?sequence=1) (Last accessed: 2020-05-11)
18. European Air Quality Index. GIS Map Application. *European Environment Agency* : web page. URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index> (Last accessed: 2020-05-11)
19. Архів погоди в Харкові (аеропорт). *Розклад погоди rp5.ua* : веб-сайт. URL: <https://rp5.ua/> (дата звернення: 11.05.2020)
20. Клімат Харкова. *Харківський регіональний центр з гідрометеорології : офіційний інформаційний сервер* : веб-сайт. URL: <http://kharkiv.meteo.gov.ua/klimat-kharkova/> (дата звернення : 11.05.2020)

## References

1. Environment of Kharkiv region: a statistics digest. (2019). Main Department of Statistics in Kharkiv Region. Retrieved from <http://kh.ukrstat.gov.ua/categories/1036-publikatsii-prezentatsiini-versii/ekonomichna-statystyka/ekonomichna-diialnist/navkolyshnie-seredovyshche/3112-navkolyshnie-seredovyshche> (in Ukrainian).
2. Report on the state of the environment in Kharkiv region in 2018. (2019). Department of Ecology and Natural Resources of the Kharkiv Regional State Administration, Kharkiv. Retrieved from [https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1006/100511/Attaches/regionalna\\_dopovid\\_2018.pdf](https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1006/100511/Attaches/regionalna_dopovid_2018.pdf) (in Ukrainian).
3. Monitoring of air pollution in Kharkiv. (2020). *Kharkiv Regional Center for Hydrometeorology: official information server: website*. Retrieved from <http://kharkiv.meteo.gov.ua/monitoring/> (in Ukrainian).
4. DSP-201-97. (1997). State sanitary regulations for protection of atmospheric air of settlement areas (from pollution with chemical and biological substances): adopted by the Order of the Ministry of Health of Ukraine dated on July 9, 1997 No. 201. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97> (in Ukrainian).
5. Slobodianyuk, A. A., Garcia Camacho Herman Ullianodt, Silva Rubio Luis Antonio & Vasylykivskiy, I. V. (2018). Investigation of aerosol pollution of Vinnytsia. *Proceedings of the XLVII Scientific and Technical Conference of VNTU departments*, Vinnytsia, 2018, March 14-23, (pp.1-5). Vinnytsia, Vinnytsia National Technical University. Retrieved from <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/22391> (in Ukrainian).
6. Nemenko, B. A., Ilyasova, A. D. & Arynova, G. A. (2014). Estimation of the danger degree of fine dust particles in the air. *Bulletin of KazNMU*, (3-1), 133–135. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-stepeni-opasnostimelkкодисперсных-pylevyh-chastits-vozduha> (in Russian).
7. Ponomarova, S. D. (2019). Protection of atmospheric air from pollution by emissions of organic fine particulate matter generated in confectionery enterprises. (Master's thesis). Research Institute "Ukrainian Research Institute of Environmental Problems", Kharkiv (in Ukrainian).
8. Effects on health of suspended particles. (2013). Implications for policy development in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. *WHO Regional Office for Europe Newsletter*. Copenhagen. Retrieved from [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0007/189052/Health-effects-of-particulate-matter-final-Rus.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0007/189052/Health-effects-of-particulate-matter-final-Rus.pdf?ua=1) (in Russian).
9. Nevmerzhtsky, N. V. (2016). Methodology for assessing and predicting extreme air pollution on highways with fine particulate matter PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>. (Master's thesis). St. Petersburg. Retrieved from <https://www.dissercat.com/content/metodika-otsenki-i-prognozirovaniya-ekstremalnogo-zagryazneniya-vozdukha-na-avtomagistralyakh> (in Russian).
10. Strelyaeva, A. B., Lavrentieva, L. M., Lupinogin, V. V. & Gvozdokov, I. A. (2017). Investigations of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> particles level in a residential area located near industrial enterprises. *Engineering Journal of Don*, (2), 8. Retrieved from <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4238> (in Russian).
11. Air Pollution: website. Retrieved from <https://www.air-pollution.ml> (in Russian).
12. Nekos, A., Medvedeva, Y. & Cherkashyna, N. (2019). Assessment of environmental risks from atmospheric air pollution in industrially developed regions of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28(3), 511–518. Retrieved from <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111947>
13. Beketov, V., Yevtukhova, G. & Lomakina, O. (2016) Analysis and assessment of the air pollution level of Kharkiv. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 26(3-4), 97–103. <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/7759> (in Ukrainian).
14. Kulyk, M. I. & Ivah, U. A. (2019). Assessment of the atmospheric air quality within the main bus stations Kharkiv. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 31, 117–129. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-11> (in Ukrainian).
15. Lydina, V. I., Maksymenko, N. V. & Cherkashyna, N. I. (2019) Spatial distribution of air dust pollution in Kharkiv city. *Environmental protection: Collection of scientific articles of the XV All-Ukrainian Taliiyiv scientific readings*. Kharkiv, 2019, 124–125.
16. Directive 2008/50 / EC of the European Parliament and of Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=en>
17. WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. (2005). Global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva: WHO. Retrieved from [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf;jsessionid=464F804B47551ECF18AC385034A07DB3?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=464F804B47551ECF18AC385034A07DB3?sequence=1)
18. European Air Quality Index. GIS Map Application. *European Environment Agency: website*. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>
19. Weather archive in Kharkiv (airport). *Weather Schedule rp5.ua: website*. Retrieved from <https://rp5.ua/> (in Ukrainian).
20. Climate of Kharkiv. *Kharkiv Regional Center for Hydrometeorology: official information server*. Retrieved from : <http://kharkiv.meteo.gov.ua/klimat-kharkova/> (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 13.04.2020

Прийнята 22.05.2020

Є. П. СУЄТНОВ<sup>1</sup>, канд. юрид. наук, доц., А. В. ЛАЗЕБНА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний юридичний університет імені Ярослава Мудрого  
вул. Пушкінська, 77, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: [evgeny-suetnov@ukr.net](mailto:evgeny-suetnov@ukr.net)  
[lazebnaya3003@gmail.com](mailto:lazebnaya3003@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4094-444X>

## НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ: АНАЛІЗ, ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМИ ВИРІШЕННЯ

Розробка заходів, пов'язаних зі скороченням обсягів відходів, та вдосконалення норм щодо поводження з відходами займають важливе місце серед питань екологічної безпеки та підтримання сприятливого стану довкілля.

**Мета.** Аналіз нормативно-правового регулювання поводження з відходами, виділення основних проблем та формування сучасних напрямів вирішення проблем, які стосуються питання відходів, на основі міжнародного досвіду та актуальної практики Європейського Суду з прав людини.

**Методи.** Теоретичні та загальнонаукові (аналіз, синтез, систематизація), емпіричний метод (метод порівняння).

**Результати.** На основі результатів дослідження нормативно-правового регулювання поводження з відходами в Україні виявлено основні проблеми та запропоновано варіанти їх вирішення на підставі аналізу рішення Європейського Суду з прав людини та за допомогою вивчення досвіду європейських країн. Виявлено, що Україна обрала шлях унормування питань щодо відходів на основі усталених норм Європейського Союзу, зокрема Директиви про відходи та низки інших нормативно-правових актів у цій сфері.

**Висновки.** Задля врегулювання сфери поводження з відходами в Україні потрібно забезпечити поступове та ефективне впровадження заходів, які закріплено в Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 року, систематизувати ряд нормативно-правових актів України щодо поводження з відходами та розпочати їх реалізацію на практиці.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** екологічна безпека, екологічна рівновага, нормативно-правове регулювання, поводження з відходами, раціоналізація ресурсів

Suietnov Ye. P.<sup>1</sup>, Lazebna A. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yaroslav Mudryi National Law University, Pushkinskaya St., 77, Kharkiv, 61024, Ukraine

## LEGAL REGULATION OF WASTE MANAGEMENT: ANALYSIS, PROBLEMS AND DIRECTIONS OF SOLUTION

The development of measures to reduce waste and regulate waste management is an important issue in the field of environmental safety and environmental protection.

**Purpose.** Analysis of legal regulation of waste management, identification of the main problems and the formation of modern solutions to problems related to waste, based on international experience, current case law of the European Court of Human Rights.

**Methods.** Theoretical and general scientific (analysis, synthesis, systematization), empirical method (method of comparison).

**Results.** Based on the results of the study of legal regulation of waste management in Ukraine, the main problems are identified and solutions are proposed based on the analysis of the decision of the European Court of Human Rights and by studying the experience of European countries. It was found that Ukraine has chosen the path of standardization of waste issues on the basis of established norms of the European Union, in particular the Waste Directive and a number of other regulations in this area.

**Conclusions.** In order to regulate the field of waste management in Ukraine, it is necessary to ensure the gradual and effective implementation of measures enshrined in the National Waste Management Strategy of Ukraine until 2030, to systematize a number of legal acts of Ukraine on waste management and begin their implementation in practice.

**KEYWORDS:** ecological safety, ecological balance, legal regulation, waste management, rationalization of resources

Суетнов Е. П.<sup>1</sup>, Лазебная А. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный юридический университет имени Ярослава Мудрого, ул. Пушкинская, 77, г. Харьков, 61024, Украина

### **НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ: АНАЛИЗ, ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЙ**

Разработка мероприятий, связанных с сокращением объемов отходов, и совершенствование норм по обращению с отходами занимают важное место среди вопросов экологической безопасности и поддержания благоприятного состояния окружающей среды.

**Цель.** Анализ нормативно-правового регулирования обращения с отходами, выделение основных проблем и формирование современных направлений решения проблем, которые касаются вопроса отходов, на основе международного опыта и актуальной практики Европейского Суда по правам человека.

**Методы.** Теоретические и общенаучные (анализ, синтез, систематизация), эмпирический метод (метод сравнения).

**Результаты.** На основе результатов исследования нормативно-правового регулирования обращения с отходами в Украине, выявлены основные проблемы и предложены варианты их решения на основании анализа решения Европейского Суда по правам человека и с помощью изучения опыта европейских стран. Обнаружено, что Украина выбрала путь нормирования вопросов относительно отходов на основе устоявшихся норм Европейского Союза, в частности Директивы об отходах и ряда других нормативно-правовых актов в этой сфере.

**Выводы.** Для урегулирования сферы обращения с отходами в Украине нужно обеспечить постепенное и эффективное внедрение мероприятий, которые закреплены в Национальной стратегии управления отходами в Украине до 2030 года, систематизировать ряд нормативно-правовых актов Украины относительно обращения с отходами и начать их реализацию на практике.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** экологическая безопасность, экологическое равновесие, нормативно-правовое регулирование, обращение с отходами, рационализация ресурсов

### **Вступ**

Створення єдиного механізму, який забезпечуватиме ефективно скорочення обсягів відходів, перебуває на порядку денному багатьох міжнародних організацій і, безперечно, стосується й України. Регламентація норм міжнародного права щодо поводження з відходами базується на принципах недопущення утворення таких відходів, сприяння переробці і вторинному використанню і, звичайно, впровадження сучасних технологій реалізації та моніторингу.

Конституцією України (ст. 16) гарантується, що забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи – катастрофи планетарного масштабу, збереження генофонду Українського народу є обов'язком держави [1]. Проте, реалії демонструють зовсім іншу ситуацію, яка склалась у державі, бо кожного року показник смертності від неправильного поводження з відходами в Україні складає майже 1300 осіб. За таких показників смертності від неправильного поводження з відходами Україна стає в ряд з такими державами як Нігерія, Камерун, Уганда.

Міжнародно-правове регулювання розвитку сфери управління відходами – це своєрідний стандарт для національного законодавства. Так, наприклад, Цілі сталого розвитку 2016-2030 є новітньою системою, яка становить сукупність заходів, зокрема за природоохоронним (екологічним) виміром задля створення безпечного навколишнього середовища, що є невід'ємним правом кожного. Рационалізація використання природних ресурсів є однією з головних цілей глобальних соціально-економічних перетворень в Україні [2].

Станом на 2020 рік регулювання правил поводження з відходами в Україні здійснюється низкою нормативно-правових актів. Закон України «Про відходи» – базис у регулюванні питань, пов'язаних із протидією та зменшенням кількості утворення відходів, перевезенням, сортуванням, зберіганням, утилізацією, захороненням і насамкінець відверненням жакливого впливу відходів на людину і довкілля [3]. Окрім вищезазначеного Закону, виняткову роль у забезпеченні вирішення проблем з відходами займає Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року, закони

Україні «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про оцінку впливу на довкілля» та інші. Зважаючи на євроінтеграційні процеси в Україні, серед джерел нормативно-правового регулювання поводження з відходами визначаються Директива 96/61/ЄС про всеохоплююче запобігання забрудненню та його контроль, Рамкова Директива про відходи 75/442/ЄС, Директива про небезпечні відходи 91/689/ЄС і т.д. Перелік нормативно-правових актів, які так чи інакше стосуються визначеного питання, містить ряд норм, що призводить до численних колізій та неефективного вирішення

проблем, пов'язаних із відходами. Тому першочерговим напрямом, який потребує змін і оновлення, є систематизація екологічного законодавства і забезпечення ефективного механізму поводження з відходами.

**Метою дослідження** є аналіз нормативно-правового регулювання поводження з відходами, виділення основних проблем та формування сучасних напрямів вирішення проблем, які стосуються питання відходів, на основі міжнародного досвіду, актуальної практики Європейського Суду з прав людини.

### Матеріали і методи досліджень

У ході досліджень використано:

а) теоретичні методи, а саме: аналіз, синтез, систематизація нормативно-правового регулювання поводження з відходами, що дає змогу сформулювати проблематику визначеної теми, на основі якої можна зробити висновок щодо механізмів вирішення ряду проблемних питань, а також дослідження практики Європейського Суду з прав людини щодо порушення права особи на екологічну безпеку;

б) емпіричний метод, а саме метод порівняння – зіставлення різних точок зору щодо проблематики питання відходів, зіставлення міжнародних та національних нормативно-правових актів, що регулюють зазначене питання, щоб визначити прогалини

національного законодавства та дослідити напрями ефективного міжнародного регулювання питань поводження з відходами.

Застосування цих методів дає змогу сформулювати проблематику обраної теми, визначити механізми вирішення ряду проблемних питань, порівняти різні точки зору, зіставити міжнародні та національні нормативно-правові акти, що регулюють зазначене питання, щоб визначити прогалини національного законодавства та дослідити ефективність міжнародного регулювання питань поводження з відходами.

Об'єктом дослідження є національні та міжнародні нормативно-правові акти, що регулюють аспекти поводження з відходами.

### Результати та їх аналіз

Станом на 2020 рік Україна є державою, де 94 % побутових відходів перебуває на сміттєзвалищах, що значно відрізняється від показників країн Європи. Ситуація управління відходами на прикладі трьох країн показана на рис. 1.

В Україні створюється близько 29000 стихійних сміттєзвалищ, що призводить до загоряння сміття та масових пожеж на території держави. Так, приміром, пожежі на полігонах побутових відходів відбуваються через ряд причин: а) захоронення відходів

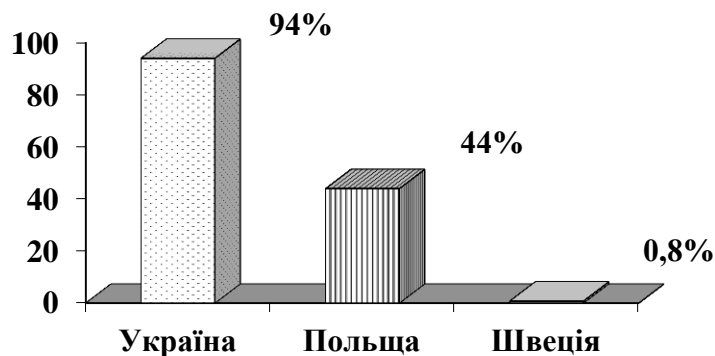


Рис. 1 – Частка відходів, захоронених на сміттєзвалищах



понад встановлені ліміти; б) відсутність перешарування інертним матеріалом; в) немає збору біогазу, який виникає внаслідок перегнивання сміття; г) накопичення біогазу у тілі звалища у великих обсягах [4].

Наявність вищезазначених негативних наслідків поводження з відходами демонструє неефективність нормативно-правового врегулювання цього питання. Гетьман А. П. коментує, що прийняття єдиного кодифікованого акту у сфері правовідносин щодо використання природно-ресурсного потенціалу держави та охорони природного середовища, що детально врегульовуватиме питання відходів, забезпечить ефективність механізму реалізації цього нормативно-правового акту [5]. Тож, варто визначити основні засади унормування теми відходів.

Відповідно до положень Закону України «Про відходи» поводження з відходами – комплекс дій, які спрямовані на: а) запобігання утворення відходів; б) збирання відходів; в) перевезення; г) сортування; д) зберігання; е) оброблення; є) перероблення; ж) утилізацію; з) видалення; и) знешкодження; і) захоронення. Усі перелічені дії включають контроль за їх виконанням та нагляд за місцями видалення [3]. Виділяють чотири основних потоків відходів, які відображено на рис. 2.

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» закріплює обов'язок суб'єктів, які користуються, володіють та розпоряджаються відходами на підставі права власності, вживати необ-

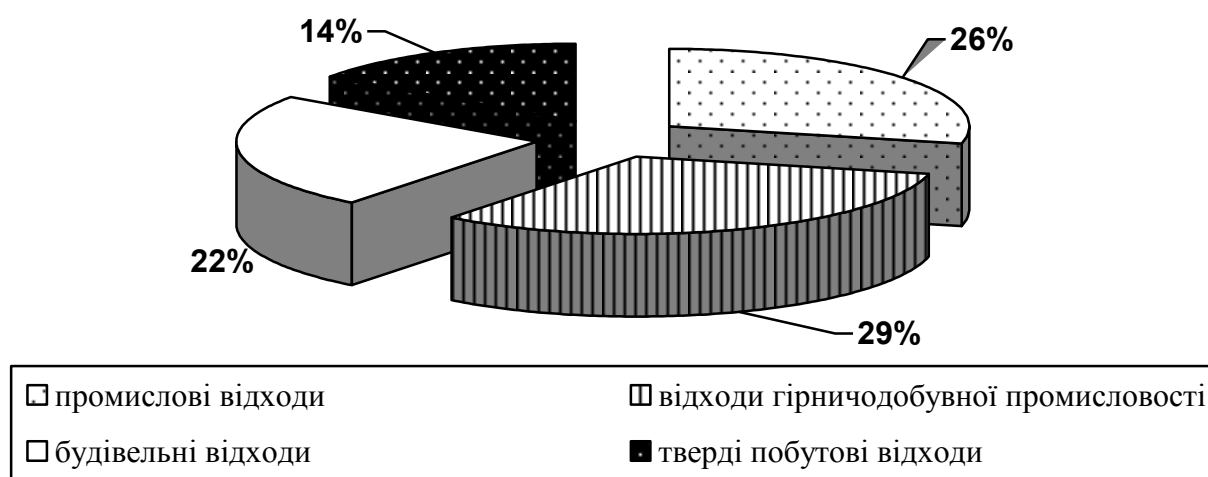


Рис. 2 – Основні види відходів

хідних заходів для зменшення обсягів створення відходів, сприяння їх розміщенню, знешкодженню та утилізації [6]. За результатами аналізу національного законодавства можна виділити таку рису, як фрагментарність врегулювання поводження з відходами в Україні, що спричиняє розпорошення норм по різним актам законодавства, внаслідок чого виникає безліч колізій при застосуванні цих норм [7].

Показовим є рішення ЄСПЛ проти України, зокрема проти органів державної влади, які не забезпечували гарантоване людині право на безпечне для життя і здоров'я довкілля [8]. Рішення «Дубецька та інші проти України» пов'язане з порушенням ст. 8 Конвенції про захист прав людини

і основоположних свобод щодо порушення права на повагу до свого приватного і сімейного життя, до свого житла і кореспонденції [9]. Суть справи полягає у тому, що заявники проживали у селі, яке розташоване поряд із двома промисловими підприємствами – шахта «Візейська» ДП «Львіввугілля» та Центральна вугільно-збагачувальна фабрика «Червоноградська» ВАТ «Львівська вугільна компанія». Промислові відходи цих підприємств завдавали шкоду здоров'ю та житлу внаслідок екологічного забруднення. Органи державної влади не заперечували факту серйозного негативного впливу діяльності підприємств на життя осіб (один із заявників помер до постановлення рішення ЄСПЛ), проте протягом двадцяти років так і не переселили людей до

безпечних умов життя. Відповідно до положень Закону України «Про відходи», держава – власник відходів, що утворюються на об'єктах державної власності [3]. Тож, органи державної влади порушили свій обов'язок, який визначено у Наказі Міністерства охорони здоров'я «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів», а саме: «Промислові, сільськогосподарські та інші об'єкти, що є джерелами забруднення навколишнього середовища хімічними, фізичними та біологічними факторами, при неможливості створення безвідходних технологій повинні відокремлюватись від житлової забудови санітарно-захисними зонами» [10]. Отже, рішення «Дубецька та інші проти України» є підтвердженням факту того, що навіть незважаючи на наявність врегульованих положень про поводження з відходами, практика застосування органами державної влади норм законодавства демонструє діаметрально протилежне відношення до букви закону.

Позитивних зрушень у цьому питанні можна досягти і за невтручання органів державної влади в діяльність підприємств і окремих громадян. Так, наприклад, такі суб'єкти права власності на відходи можуть самостійно вживати заходи щодо економії ресурсів: а) використовувати речі повторно; б) зменшити обсяг споживання ресурсів. Проте, і державна політика у сфері регулювання поводження з відходами все ж таки рухається вперед. На рівні українського законодавства діє Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року [11]. Цей нормативно-правовий акт окреслює проблематику управління відходами в державі: а) накопичення відходів у промисловому і побутовому секторах; б) неналежне здійснення утилізації та видалення небезпечних відходів; в) незадовільний рівень використання відходів як вторинної сировини; г) розповсюдження побутових відходів без урахування небезпечних наслідків такого розміщення. Виникає питання, які ж існують шляхи та способи вирішення визначених проблем?

За цією Стратегією вищенаведені проблеми вирішуватимуться в три етапи. Перший етап охоплює здійснення загальних заходів у сфері управління окремими видами відходів: створення уповноваженого органу з питань реалізації положень Стратегії, розроблення необхідних законопроектів (про управління відходами, про захоро-

нення відходів, про спалювання відходів) та інше. На другому етапі, який триває зараз (2019–2023 рр.), відбуватиметься впровадження вищезгаданих законопроектів, розроблення організаційних актів щодо забезпечення реалізації цілей Стратегії. Третій етап буде пов'язаний з модернізацією матеріально-технічної бази суб'єктів господарювання з багаторазового використання природних ресурсів та перероблення і утилізації відходів. Прийняття Стратегії є позитивним зрушенням у регулюванні питання поводження з відходами. Такий поступовий план щодо оптимізації управління відходами за його підтримки з боку підприємств та окремих громадян сприятиме запобіганню утворенню відходів і покращенню національного рівня екологічної безпеки.

Система регулювання поводження з відходами в країнах Європи є своєрідним стандартом для українських законодавців. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року була прийнята на основі: 1) Директиви Ради ЄС «Про захоронення відходів»; 2) Директиви Європейського парламенту та Ради «Про упаковку та відходи упаковки»; 3) Директиви Європейського парламенту та Ради «Про відходи електричного та електронного обладнання»; 4) Директиви Європейського парламенту та Ради «Про батарейки і акумулятори та відпрацьовані батарейки і акумулятори». Також у Стратегії підкреслюється, що нормативно-правові акти, які будуть прийматись на її виконання, мають відповідати принципам і положенням відповідних актів європейського законодавства [10].

Щодо тенденцій регулювання питання поводження з відходами у європейському законодавстві, то наразі Європа на шляху до економіки замкнутого циклу. Така економіка встановлює, що незважаючи на те, що рік досягнула фіналу свого життєвого циклу, ресурси можуть використовуватись знову та створювати певну цінність [12]. Тобто, відбувається максимальне запобігання утворенню відходів.

Заходи щодо запобігання утворенню відходів врегульовуються положеннями Директиви ЄС про відходи, до них належать: а) сприяння використанню довговічних, ресурсоефективних продуктів, таких, що є придатними до ремонту; б) заохочення до використання речі повторно та активне створення місць для ремонту речей; в) зменшення вмісту шкідливих речовин у складі продукту; г) зменшення створення відходів,

які не можуть бути використані повторно або бути переробленими тощо [13]. У Європі навіть існує такий напрям як «Нуль відходів»: «Не спалити! Не захоронити!». Цей напрям включає в себе комплекс дій, спрямованих на запобігання утворення відходів [14].

Європейський підхід до переробки відходів також врегульовано положеннями Директиви про відходи, а саме до 2020 року перед країнами-учасницями Європейського Союзу стоїть мета, яка полягає у збільшенні хоча б до 50 % за вагою підготовку до повторного використання та переробки відходів (хоча б папір, метал, пластик, скло), якщо їх потоки подібні до відходів з домогосподарств [13]. Лідером у переробці відходів стала Німеччина, показник повернення сміття в корисний обіг якої становить більше 65 %. Німецькі промислові підприємства заснували систему переробки відходів, яка наразі використовується щонайменше 20 країнами.

Звичайно, що рівень ставлення людей до питання переробки, сортування сміття значно відрізняється від відношення громадян України до цього питання. Сортування сміття в Німеччині стало народним змаганням, до якого залучається майже 90 % населення Німеччини. Наявність п'ятьох різнокольорових контейнерів для сортування сміття є нормою для жителів Німеччини: 1) чорний колір контейнера – для несортованого сміття; 2) коричневий – для органічних відходів; 3) жовтий – для пластику та упаковок; 4) синій – для паперових відходів; 5) зелений – для кольорового скла, а зелений з білою смугою – для безбарвного [15].

Тому, дійсно, поводження з відходами в країнах Європи є визнаним міжнародним стандартом для багатьох країн, а концепція економіки замкнутого циклу та напрямом «Нуль відходів» є найбільш дієвими механізмами оптимізації використання відходів.

### Висновки

За допомогою аналізу норм національного та міжнародного законодавства у сфері поводження з відходами, а також на підставі наведеного рішення ЄСПЛ, можна зазначити, що досліджувана тема є важливою для світового простору. Очевидно, що рівень і якість регулювання поводження з відходами в Україні та країнах Європи кардинально відрізняються, проте європейські стандарти є показниками ефективної політики у сфері екологічної безпеки. Директива про відходи – світовий еталон для введення нормативів щодо правильного поводження з відходами не тільки для України, а й для

більшості країн. Незважаючи на те, що темпи впровадження ефективного використання відходів на національному рівні є не настільки стрімкими, проте прийняття Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року є визначальним фактором для подальших змін у цій сфері. Рішення і зміни, які приймаються органами державної влади в Україні, мають забезпечувати гарантоване Конституцією право громадян на безпечне для життя і здоров'я довкілля та обов'язок держави підтримувати екологічну рівновагу на території України.

### 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. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 10.04.2020).
2. Цілі сталого розвитку 2016-2030. *United Nations Ukraine*. 2017. URL: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku> (дата звернення: 10.05.2020)
3. Про відходи : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 10.05.2020)
4. Войціховська А., Кравченко О., Мелень-Забрамна. О., Панькевич М. Кращі європейські практики управління відходами / за заг. ред. О. Кравченко. Львів: Компанія “Манускрипт”, 2019. 64 с. URL: [http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/07/Krashchi\\_ES\\_praktuku\\_NET.pdf](http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/07/Krashchi_ES_praktuku_NET.pdf)
5. Гетьман, А. П. Кодифікація законодавства про довкілля: теорія та методологія. *Екологічний вісник*. 2016. № 3. С. 31–32. URL: <https://issuu.com/ecoleague/docs/3-2016-www.compressed>
6. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-ХІІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 10.05.2020)

7. Трушкіна Н. В., Кочешкова І. М. Нормативно-правове регулювання розвитку сфери управління відходами в Україні. *Вісник економічної науки України*. 2017. Вип. 2. С. 97–102. URL: [http://www.venu-journal.org/download/2017/2\(33\)/pdf/20-Trushkina.pdf](http://www.venu-journal.org/download/2017/2(33)/pdf/20-Trushkina.pdf)
8. Рішення Європейського Суду з прав людини у справі «Дубецька та інші проти України» від 10.05.2011 заява № 30499/03. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/974\\_689](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/974_689) (дата звернення: 10.05.2020)
9. Конвенція про захист прав людини і основоположних свобод від 4 листопада 1950 р. (ратифіковано Законом № 475/97-ВР від 17.07.1997). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_004](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_004) (дата звернення: 10.05.2020)
10. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів : Наказ Міністерства охорони здоров'я від 19.06.1996 № 173. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96> (дата звернення: 10.05.2020)
11. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 № 820-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#n8> (дата звернення: 10.05.2020)
12. Communication from the commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social committee and The Committee of the regions. Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. EUR-Lex: веб-сайт. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398&from=EN> (дата звернення: 10.05.2020)
13. Про відходи : Директива Європейського Парламенту та Ради 2008/98/ЄС від 19.11.2008. URL: <https://menr.gov.ua/files/docs/2008%2098%20%D0%84%D0%A1.pdf> (дата звернення: 10.05.2020)
14. The open case study of the Zero Waste Research Center of Capannori (Lucca) on the Lavazza coffee pods starts delivering results. Zero Waste Italy: веб-сайт. URL: <http://www.zerowasteitaly.org/the-open-case-study-of-the-zero-waste-research-center-of-capannori-lucca-on-the-lavazza-coffee-pods-starts-delivering-results/> (дата звернення: 10.05.2020)
15. Навроцький Р. Л. Досвід країн Європейського союзу в сфері безпечного поводження з твердими побутовими відходами. *Економіка і Суспільство*. 2016. Вип. 7. С. 621–625. URL: <http://www.economyandsociety.in.ua/journal-7/14-stati-7/593-navrotskij-r-l>

### References

1. Constitution of Ukraine. (1996). Law of Ukraine of June 28, 1996 № 254k/96-VR. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80> (in Ukrainian).
2. Sustainable Development Goals 2016-2030. (2017). *United Nations Ukraine*. Retrieved from <http://www.un.org.ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku> (in Ukrainian).
3. On waste. (1998). Law of Ukraine of March 5, 1998 № 187/98-VR. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80> (in Ukrainian).
4. Vojczikhovska, A., Kravchenko, O., Melen-Zabramna, O. & Pankevich, M. (2019). European best waste management practices. Lviv: The Company “Manuskript”. Retrieved from [http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/07/Krashchi\\_ES\\_praktuku\\_NET.pdf](http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/07/Krashchi_ES_praktuku_NET.pdf) (in Ukrainian).
5. Getman, A. P. (2015). Codification of environmental legislation: theory and methodology. *Environmental Bulletin*, (3), 31-32. Retrieved from <https://issuu.com/ecoleague/docs/3-2016-www.compressed> (in Ukrainian);
6. On environmental protection. (1991). Law of Ukraine of June 25, 1991 № 1264-XII. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (in Ukrainian).
7. Trushkina, N. V. & Kocheshkova, I. M. (2017). Regulatory and legal regulation of waste management development in Ukraine. *Bulletin of Economic Science of Ukraine*, (2), 97-102. Retrieved from [http://www.venu-journal.org/download/2017/2\(33\)/pdf/20-Trushkina.pdf](http://www.venu-journal.org/download/2017/2(33)/pdf/20-Trushkina.pdf) (in Ukrainian).
8. Judgment of the European Court of Human Rights in the case “Dubetska and Others v. Ukraine” (10 May, 2011). Application № 30499/03. Retrieved from [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/974\\_689](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/974_689)
9. Convention for the Protection of Human Rights and Fundamental Freedoms. ( 4 November 1950). Ratified by Law № 475/97-VR of 17 July 1997. Retrieved from [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_004](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_004)
10. About the statement of the State sanitary rules of planning and building of settlements/ (1996). The Order of the Ministry of Health from 06/19/1996 № 173. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96> (in Ukrainian).
11. On approval of the National Strategy for Waste Management in Ukraine until 2030/ (2017). Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 8, 2017 № 820-r. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#n8> (in Ukrainian).
12. Communication from the commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social committee and The Committee of the regions. (10.05.2020); Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. EUR-Lex. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398&from=EN>
13. On waste. (2008). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19.11.2008. Retrieved from <https://menr.gov.ua/files/docs/2008%2098%20%D0%84%D0%A1.pdf>
14. The open case study of the Zero Waste Research Center of Capannori (Lucca) on the Lavazza coffee pods starts delivering results. (10.05.2020). Zero Waste Italy. Retrieved from <http://www.zerowasteitaly.org/the-open-case-study-of-the-zero-waste-research-center-of-capannori-lucca-on-the-lavazza-coffee-pods-starts-delivering-results/>
15. Navroczkij, R. L. (2016). The experience of the European Union in the field of safe management of solid waste. *Economy and Society*, (7), 621-625. Retrieved from <http://www.economyandsociety.in.ua/journal-7/14-stati-7/593-navrotskij-r-l> (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 10.05.2020

Прийнята 22.05.2020

УДК (UDC) 504.5:911:005.3:351.824.11:35.073.6:347.218.1(477)

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-33-10>

Л. А. ГОРОШКОВА<sup>1</sup>, д-р екон. наук, доц., Є. В. ХЛОБИСТОВ<sup>2</sup>, д-р екон. наук, проф.

<sup>1</sup>Запорізький національний університет

вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600, Україна

<sup>2</sup>Національний університет «Києво-Могилянська академія»

вул. Григорія Сковороди, 2, м. Київ, 04655, Україна

e-mail: [goroshkova69@gmail.com](mailto:goroshkova69@gmail.com)  
[ievgen.khlobystov@ukr.net](mailto:ievgen.khlobystov@ukr.net)

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0002-7142-4308>  
<http://orcid.org/0000-0002-9983-9062>

## ЕКОЛОГІЧНА КРИВА КУЗНЕЦЯ: ГАЛУЗЕВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ТА ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН

**Мета.** Визначення умов забезпечення сталого розвитку за критеріями викидів шкідливих речовин та утворення відходів із моделюванням факторів впливу на ці параметри та загальну екологічну ситуацію в Україні.

**Методи.** Використані загальнонаукові (аналіз та синтез, індукція та дедукція, аналітичне групування) та спеціальні (абстрагування, моделювання і т. ін.) методи вивчення економічних явищ і процесів.

**Результати.** Моделювання параметрів сталого розвитку національного господарства за параметрами викидів шкідливих речовин та утворення відходів запропоновано використати галузевий підхід та модель екологічної кривої Кузнеця (ЕКК). Доведено, що модель ЕКК доцільно використовувати не тільки для моделювання параметрів викидів шкідливих речовин, а й для обсягів утворення відходів. Крім того, доведено, що необхідно враховувати показники не тільки на рівні країни, а й з урахуванням внеску провідних галузей національного господарства. Моделювання здійснене для таких галузей: переробна; добувна і розроблення кар'єрів; сільське, лісове та рибне господарство; постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря; транспорт, складське господарство, пошта та кур'єрська служба. Моделі будувались на основі взаємозв'язку між ВВП, середнім номінальним доходом на одного працюючого, витратами на охорону навколишнього середовища та обсягами утворення відходів та кількістю шкідливих речовин на рівні національної економіки та її провідних галузей. Встановлено, що у досягненні «поворотної точки» на галузевих ЕКК для утворення відходів та викидів шкідливих речовин залежить від рівня оплати праці в галузі, величини доданої вартості (галузевого ВВП) та обсягів галузевих інвестицій в охорону навколишнього середовища і залежить від специфіки галузі. Доведено, що в Україні «поворотна точка» на ЕКК була забезпечена 20% працюючого населення країни у галузях, що створюють 46% викидів шкідливих речовин за умови досягнення середнього по країні рівня номінальних доходів на одного працюючого та стійкого підвищення темпів зростання витрат на охорону навколишнього середовища впродовж як мінімум двох років.

**Висновки.** Доведено, що ЕКК для України необхідно аналізувати з позиції галузей національного господарства. Задля побудови ефективної екологічної політики у країні необхідно доцільно використовувати галузеві ЕКК як для визначення обсягів викидів шкідливих речовин, так і для утворення відходів. Доведено, що важливим фактором щодо забезпечення сталого розвитку країни є інвестиції у природоохоронні заходи як на рівні країни, так і на рівні провідних галузей національного господарства. Таким чином, галузева ЕКК відбиває прогрес на шляху до сталого розвитку галузей, які формують основні надходження до бюджету та визначають рівень оплати праці в реальному секторі економіки. Моделювання параметрів ЕКК для відходів та викидів шкідливих речовин повною мірою відповідають тенденціям сталого зростання економіки та переходу її на інноваційний шлях розвитку.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** екологічна крива Кузнеця, галузь національного господарства, сталий розвиток, ВВП, доход на одного працюючого, утворення відходів, викиди забруднюючих речовин, витрати на охорону навколишнього середовища

© Горошкова Л. А., Хлобистов Є. В., 2020



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/).

**Horoshkova L. A.<sup>1</sup>, Khlobystov I. V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Zaporizhzhia National University, Zhukovsky St., 66, Zaporizhzhia, 69600, Ukraine*

<sup>2</sup>*National University of «Kyiv-Mohyla Academy», Hryhoriy Skovoroda St., 2, Kyiv, 04655, Ukraine*

### **THE ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE: INDUSTRIAL APPLICATION FOR FORECASTING WASTE GENERATION AND EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES**

**Purpose.** To determine sustainable development conditions according to the criteria of emissions of harmful substances and waste generation when modelling impact factors of the parameters and general environmental situation in Ukraine.

**Methods.** In the research general scientific (analysis and synthesis, induction and deduction, analytical grouping) and special (abstraction, modelling, etc.) methods of studying economic phenomena and processes have been used.

**Results.** For modelling of national sustainable development parameters by the parameters of emissions of harmful substances and waste generation it has been proposed to apply sectoral approach and the model of the environmental Kuznets curve (EKC). It has been proved that the EKC model should be used not only to model parameters of emissions of harmful substances, but also for waste generation. Besides, it has been proved that it is necessary to take into account not only national level indicators, but also the contribution of the leading sectors driving national economy. Modelling has been carried out for the following industries: processing; mining and quarry development; agriculture, forestry and fisheries; supply of electricity, gas, steam and conditioned air; transport, warehousing, post and courier services. The models are based on correlation between GDP, average nominal income per capita, environmental costs, waste generation and emissions of harmful substances at the national level and by its leading industries. It has been determined that reaching the "turning point" on sectoral EKC's correlates waste generation and emissions with industry's rate of remuneration, value added (sectoral GDP) and sectoral investment in environmental protection in the context of industry's specifics. It has been demonstrated that in Ukraine the "turning point" on the EKC has been provided by 20% of economically active population in industries that generate 46% of emissions amid country's average nominal income per employee and steady growth of environmental expenses for at least two years.

**Conclusions.** It has been proved that the EKC for Ukraine should be analyzed by the sectors of national economy. To form effective national environmental policy, sectoral EKC's should be applied to determine emissions of harmful substances and waste generation. It has been determined that the key factor to ensure country's sustainable development is environmental investment both at the national level and by its driving economic sectors. Thus, the sectoral EKC reflects the progress towards industries' sustainable development that form main revenue receipts of the government and determine the rate of remuneration in the real sector. Modelling of the EKC parameters for waste and emissions of harmful substances fully corresponds to the trends of sustainable economic growth and its transition to the innovative type of development.

**KEY WORDS:** environmental Kuznets curve, industries, sustainable development, GDP, income per capita, waste generation, emissions of harmful substances, environmental expenses

**Горошкова Л. А.<sup>1</sup>, Хлобыстов Е. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Запорожский национальный университет, ул. Жуковского, 66, г. Запорожье, 69600, Украина*

<sup>2</sup>*Национальный университет «Киево-Могилянская академия», ул. Григория Сковороды, 2, Киев, 04655, Украина*

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КРИВАЯ КУЗНЕЦА: ОТРАСЛЕВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ И ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ**

**Цель.** Определение условий обеспечения устойчивого развития по критериям выбросов вредных веществ и образования отходов с моделированием факторов влияния на эти параметры и общую экологическую ситуацию в Украине.

**Методы.** В процессе проведения исследования использованы общенаучные (анализ и синтез, индукция и дедукция, аналитическое группировки) и специальные (абстрагирование, моделирование и т. д.) методы изучения экономических явлений и процессов.

**Результаты.** Моделирование параметров устойчивого развития национального хозяйства по параметрам выбросов вредных веществ и образования отходов предложено использовать отраслевой подход и модель экологической кривой Кузнецца (ЭКК). Доказано, что модель ЭКК целесообразно использовать не только для моделирования параметров выбросов вредных веществ, но и для объемов образования отходов. Кроме того, доказано, что необходимо учитывать показатели не только на уровне страны, но и с учетом вклада ведущих отраслей национального хозяйства. Моделирование осуществлено для таких отраслей: перерабатывающая; добывающая и разработки карьеров; сельское, лесное и рыбное хозяйство; поставки электроэнергии, газа и кондиционированного воздуха; транспорт, складское хозяйство, почта и курьерская служба. Модели строились на основе взаимосвязи между ВВП, средним номинальным доходом на одного работающего, расходами на охрану окружающей среды и объемами образования отходов и количеством вредных веществ на уровне национальной экономики и ее ведущих отраслей. Установлено, что достижение «поворотной точки» на отраслевых ЭКК для образования отходов и выбросов вредных веществ зависит от уровня оплаты труда в отрасли, величины добавленной стоимости (отраслевого ВВП), объемов отраслевых инвестиций в охрану окружающей среды и зависит от специфики отрасли. Доказано, что в Украине «поворотная точка» на ЭКК была обеспечена 20% работающего населения

страны в отраслях, которые создают 46% выбросов вредных веществ при достижении среднего по стране уровня номинальных доходов на одного работающего и устойчивого повышения темпов роста расходов на охрану окружающей среды в течение как минимум двух лет.

**Выводы.** Доказано, что ЭКК для Украины необходимо анализировать с позиции отраслей национального хозяйства. Для построения эффективной экологической политики в стране целесообразно использовать отраслевые ЭКК как для определения объемов выбросов вредных веществ, так и для образования отходов. Доказано, что важным фактором обеспечения устойчивого развития страны являются инвестиции в природоохранные мероприятия как на уровне страны, так и на уровне ведущих отраслей национального хозяйства. Таким образом, отраслевая ЭКК отражает прогресс на пути к устойчивому развитию отраслей, которые формируют основные поступления в бюджет и определяют уровень оплаты труда в реальном секторе экономики. Моделирование параметров ЭКК для отходов и выбросов вредных веществ в полной мере соответствуют тенденциям устойчивого роста экономики и перехода ее на инновационный путь развития.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** экологическая кривая Кузнеця, отрасль национального хозяйства, устойчивое развитие, ВВП, доход на одного работающего, образование отходов, выбросы загрязняющих веществ, затраты на охрану окружающей среды

### *Вступ*

У сучасних умовах глобалізації з одного боку відбувається формування нових умов розвитку, з іншого – виникають нові додаткові загрози. Саме тому потребує вирішення проблема формування параметрів, умов та механізмів сталого розвитку України в умовах поглиблення екологічної кризи та з урахуванням особливостей національного господарства. Комплексне бачення реформ, яких потребує українське суспільство, представлено у схваленій Указом Президента України «Стратегії сталого розвитку «Україна – 2020» [1]. Проблеми сталого розвитку розглядаються багатьма авторами [2-4], результати власних досліджень наведені у [5-8]. Але з урахуванням того, що загрозою сталому зростанню країни є останнім часом збільшення обсягів утворення відходів, саме ця проблема потребує особливої уваги. Відходи стають чи не найгострішою екологічною проблемою і людства, і українського суспільства зокрема. Значні масштаби ресурсокористування та енергетично-сировинна спеціалізація економіки України разом із застарілою технологічною базою призводять до значних обсягів щорічного утворення та нагромаджен-

ня відходів. Техногенне навантаження на довкілля в Україні у 4–5 разів перевищує аналогічні показники розвинених держав. Відмінність ситуації з відходами в Україні порівняно з розвиненими державами полягає як у більших обсягах утворення відходів, так і у відсутності інфраструктури поводження з ними, що є органічною складовою економік зазначених країн [9].

Відповідно, рівень екологічних небезпек і загроз в наш час значною мірою визначається ефективністю політики у сфері як зниження викидів шкідливих речовин, так і утворення відходів та поводження з ними. Це потребує реформування екологічної політики з урахуванням необхідності розробки та реалізації комплексних стратегій, спрямованих на сприяння запобіганню утворення відходів та мінімізації їх обсягу з одночасним визначенням факторів впливу на рівень екологічності виробництва. Отже метою роботи є визначення умов забезпечення сталого розвитку за критеріями викидів шкідливих речовин та утворення відходів із моделюванням факторів впливу на ці параметри та загальну екологічну ситуацію в Україні.

### *Методика*

У процесі проведення дослідження використані загальнонаукові (аналіз та синтез, індукція та дедукція, аналітичне групування) та спеціальні (абстрагування, моделювання і т. ін.) методи вивчення економіч-

них явищ і процесів. Об'єктом дослідження є моделювання параметрів екологічної кривої С.Кузнеця для викидів шкідливих речовин та утворення відходів на рівні галузей національного господарства України.

### *Результати та їх обговорення*

Більшість із дослідників вважають, що взаємозв'язок між доходами (економічним зростанням) та забруднення навколиш-

нього середовища має нелінійний характер і має вигляд перевернутої параболічної кривої. Автором цієї моделі є Саймон Кузнець.

Екологічна крива Кузнеця (ЕКК), як правило, будується для взаємозв'язку між доходами на душу населення (ВВП на душу населення) та обсягами викидів забруднюючих речовин (або по їх окремих видах). На нашу думку, існує аналогічний взаємозв'язок між обсягами утворення відходів та доходами населення або ВВП, оскільки як і у випадку із забруднюючими речовинами, у ситуації підвищення рівня доходів населення можливо очікувати також і зменшення не тільки викидів, а й утворення відходів.

На рис. 1 - 3 наведена динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одного працюючого в Україні, ВВП, витратами на охорону навколишнього середовища та обсягами викидів шкідливих речовин та утворенням відходів впродовж 2010-2017 років відповідно.

Як бачимо, максимуми зростання викидів та утворення відходів співпадають і відповідають рівню номінальних доходів 39180 грн. (середньомісячний номінальний дохід на одну працюючу особу 3265 грн.), ВВП у розмірі 1522,7 млрд. грн. і спостері-

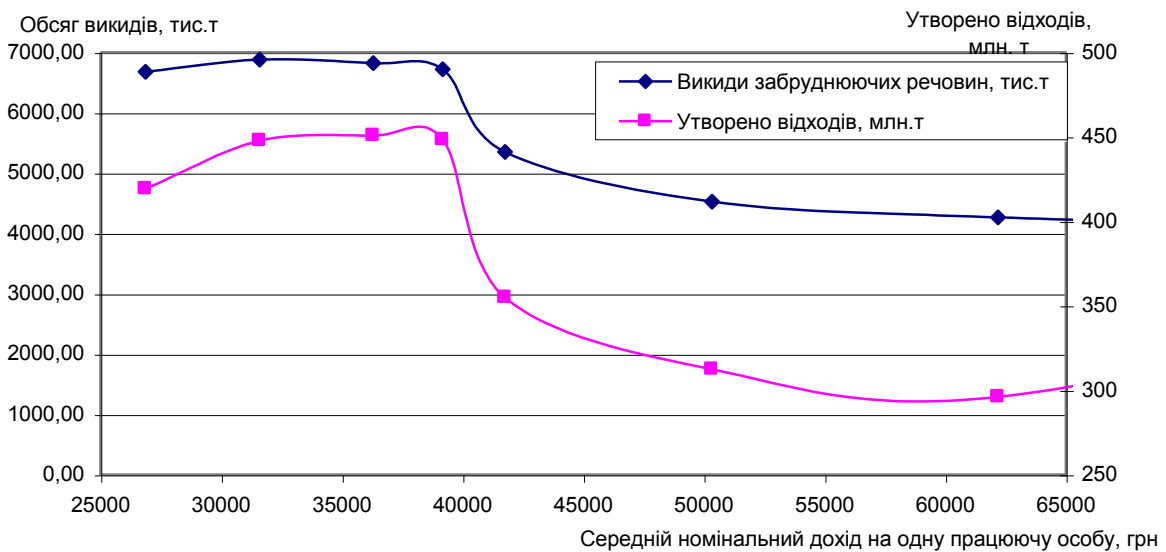


Рис. 1 – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну працюючу особу в Україні та обсягами викидів шкідливих речовин та утворення відходів впродовж 2010 - 2017 років

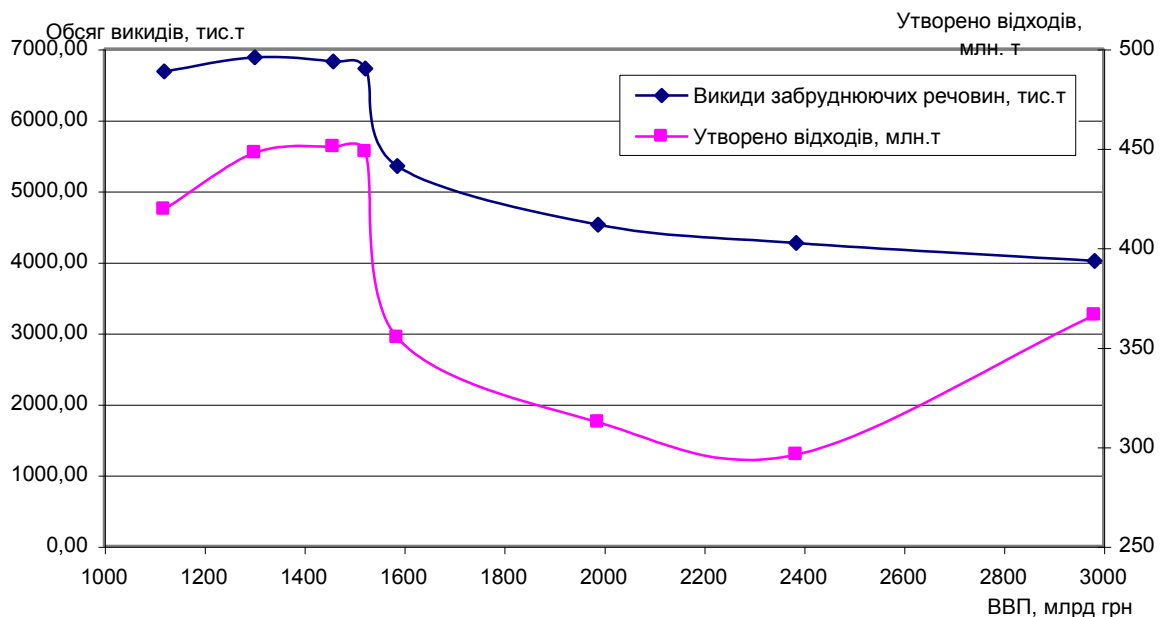
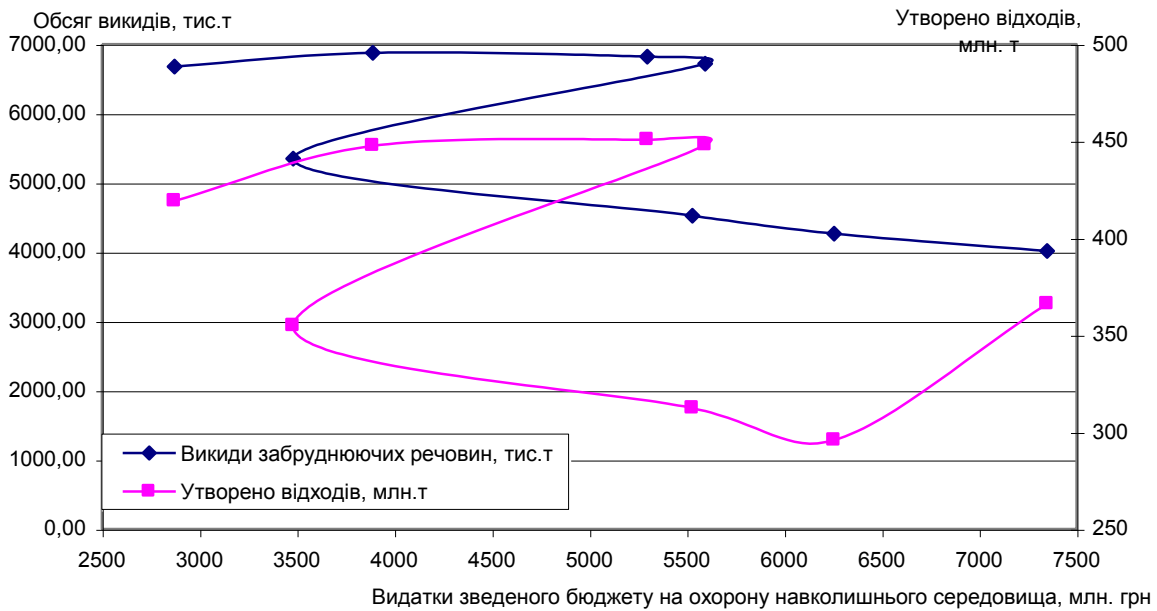


Рис. 2 – Динаміка взаємозв'язку між ВВП в Україні та обсягами викидів шкідливих речовин та утворення відходів впродовж 2010 - 2017 років



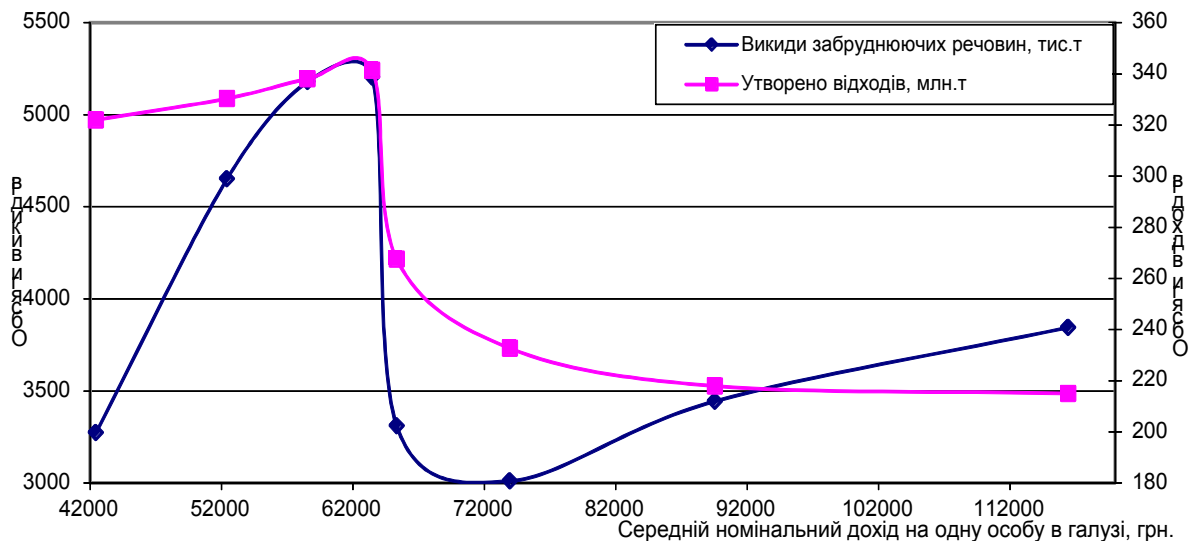


**Рис. 3** – Динаміка взаємозв’язку між обсягами витраток зведеного бюджету на охорону навколишнього середовища в Україні та обсягами викидів шкідливих речовин та утворення відходів впродовж 2010 - 2017 років

гається він у 2013 році, після цього рівень викидів та утворення відходів почав знижуватись. Співставлення із ЕКК дозволяє дійти висновку, що зазначена величина середнього номінального доходу на одну працюючу особу та ВВП є тією «поворотною точкою», яка забезпечує зміну екологічної ситуації у країні по викидах та відходах. Щодо відповідної залежності для витраток зведеного бюджету на охорону навколишнього середовища, тільки у 2016 – 2017 роках спостерігається зменшення викидів забруднюючих речовин та

утворення відходів при одночасному зростанні обсягів витраток.

З урахуванням того, що зазначені залежності на рівні України сформовані за рахунок провідних галузей її національного господарства, був проведений аналіз щодо наявності «поворотних точок» у таких: добувна галузь та розроблення кар’єрів; переробна галузь; постачання електроенергії, газу, пару та кондиційованого повітря; транспорт, складське господарство, поштова та кур’єрська служба; сільське, лісове та рибне господарство.



**Рис. 4** – Динаміка взаємозв’язку між середнім номінальним доходом на одну особу у добувній галузі України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворення відходів впродовж 2010-2017 років

На рис. 4 - 6 наведені взаємозалежності між викидами шкідливих речовин та утворенням відходів й рівнем середньомісячного номінального доходу на одну особу у добувній галузі, галузевим ВВП та витратами на охорону навколишнього середовища.

Як бачимо, максимуми зростання викидів та утворення відходів співпадають і відповідають рівню номінальних доходів 63468 грн. (5289 грн. / місяць), і спостерігається він у 2013 році, після цього рівень викидів та утворення відходів почав знижуватись.

Щодо ВВП, впродовж 2012 – 2014 років спостерігалось його коливання у межах 79,12 - 82,52 млрд. грн. і зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин та утворення

відходів почалось саме з величини ВВП 82,52 млрд. грн. Але впродовж наступних років спостерігається збільшення викидів забруднюючих речовин при одночасному зменшенні обсягів утворення відходів. Зазначена тенденція може бути пояснена тим, що досягнутий рівень ВВП не забезпечує стійких тенденцій ЕКК щодо викидів, обсяги яких пов'язані із обсягами видобутку корисних копалин. В той же час можливо пов'язати стійке зменшення обсягів утворення відходів із технічними інноваціями, що зумовили зменшення непродуктивних втрат при видобутку корисних копалин. Цей висновок підтверджує відповідна залежність між обсягами викидів й утворення відходів та галузовими витратами на охорону навколишнього середовища (рис. 6).

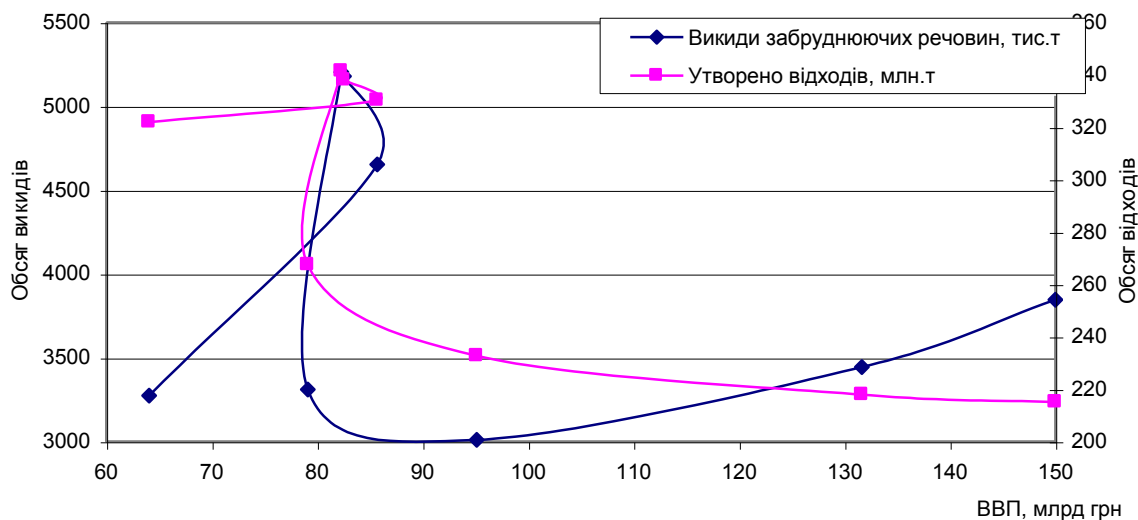


Рис. 5 – Динаміка взаємозв'язку між ВВП у добувній галузі України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворення відходів впродовж 2010 - 2017 років

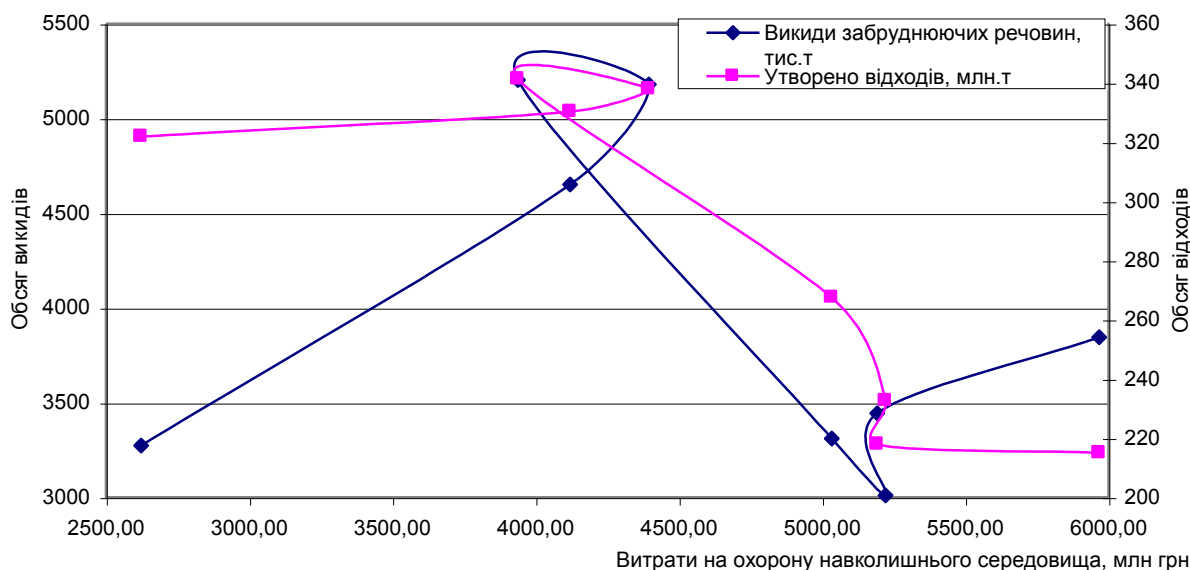


Рис. 6 – Динаміка взаємозв'язку між витратами на охорону навколишнього середовища у добувній галузі України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворення відходів впродовж 2010 - 2017 років

Переломною точкою стала величина витрат на рівні 4394,67 млн. грн., подальше збільшення природоохоронних витрат в галузі забезпечило зниження обсягів утворення відходів, але не в повній мірі призвело до зменшення обсягів викидів шкідливих речовин.

На рис. 7 - 9 наведені взаємозалежності між викидами шкідливих речовин та утворення відходів й рівнем середньомісячного номінального доходу на одну особу у переробній галузі, галузевим ВВП та витратами на охорону навколишнього середовища.

Отримані залежності, як і попередні, можливо вважати ЕКК для переробної галузі. Щодо викидів, то «поворотні точки» наявні, але не такі чіткі, як у попередньому випадку: перша точка досягнута за величини середнього номінального доходу в галузі на рівні 33252 грн. (2771 грн. / місяць у 2011 році, наступна – при величині 39732 грн. (3311 грн. / місяць) у 2013 році. Щодо обсягів утворення відходів, то рівня доходів 2011 року виявилось достатньо для стабільного досягнення «переломної» точки.

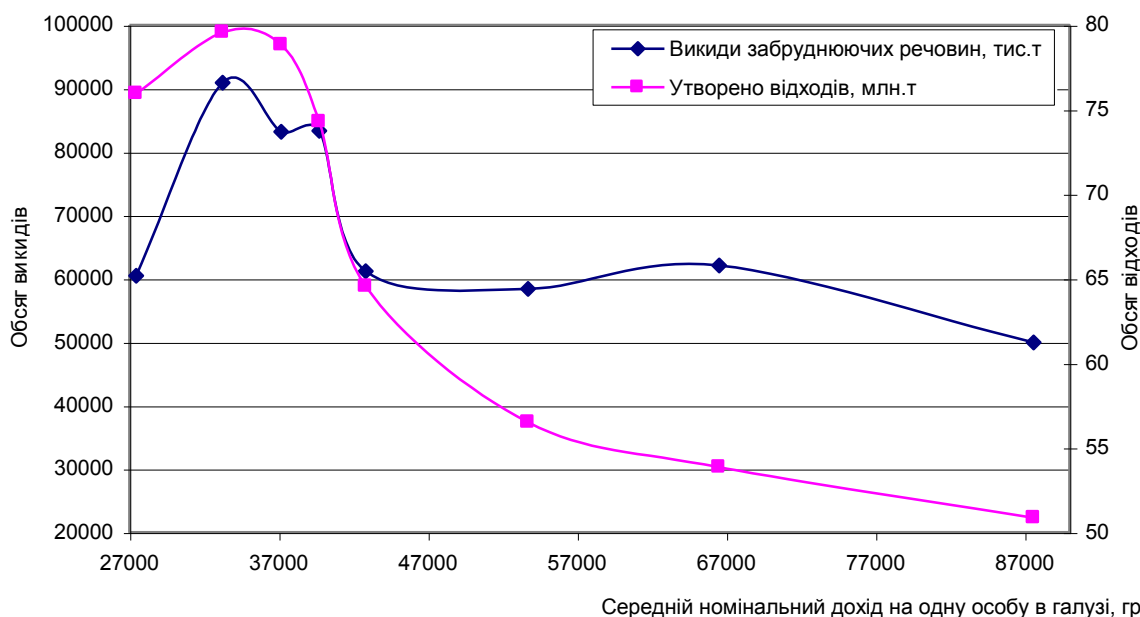


Рис. 7 – Динаміка взаємозв’язку між середнім номінальним доходом на одну особу у переробній галузі України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворення відходів впродовж 2010 - 2017 років

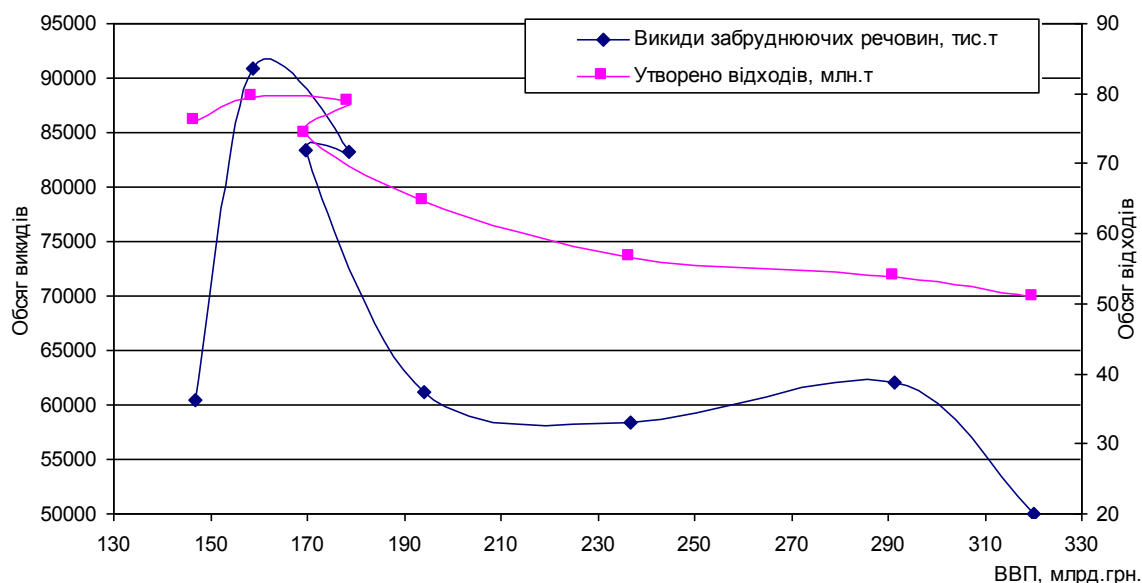
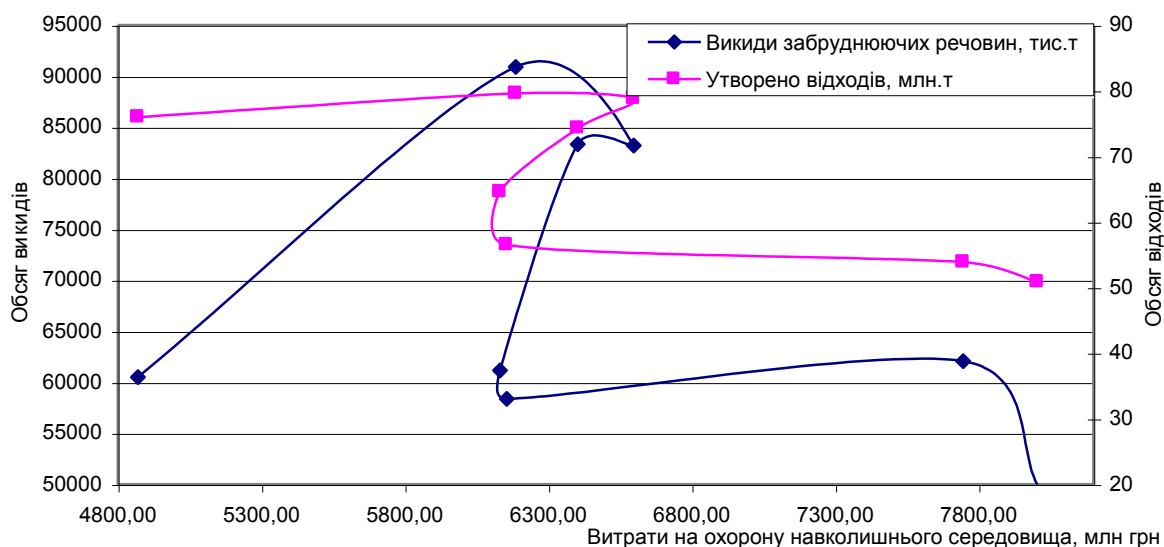
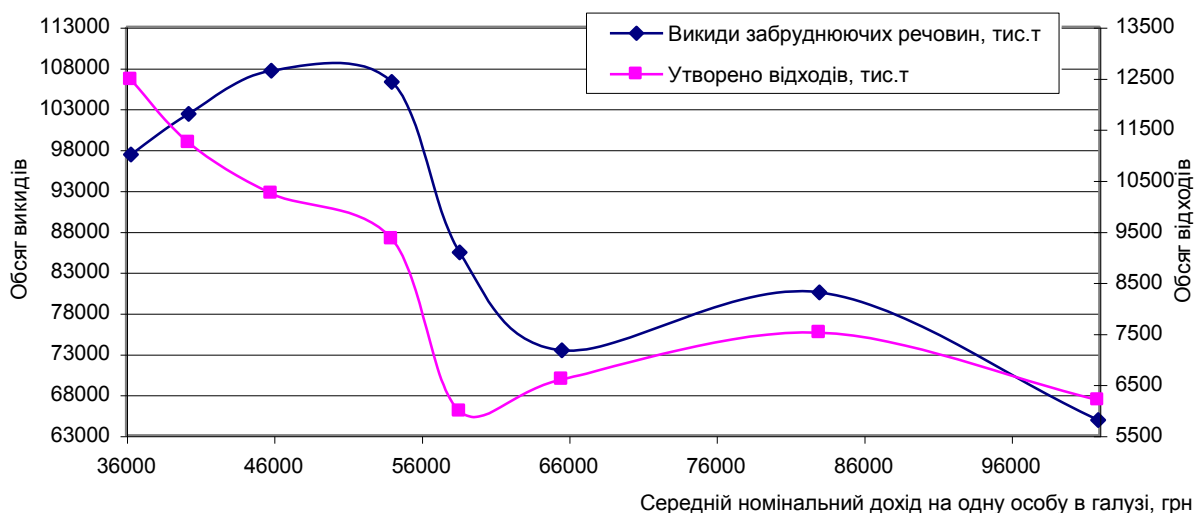


Рис. 8 – Динаміка взаємозв’язку між ВВП у переробній галузі України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворення відходів впродовж 2010 - 2017 років



**Рис. 9** – Динаміка взаємозв'язку між витратами на охорону навколишнього середовища у переробній галузі України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворення відходів впродовж 2010 – 2017рр.

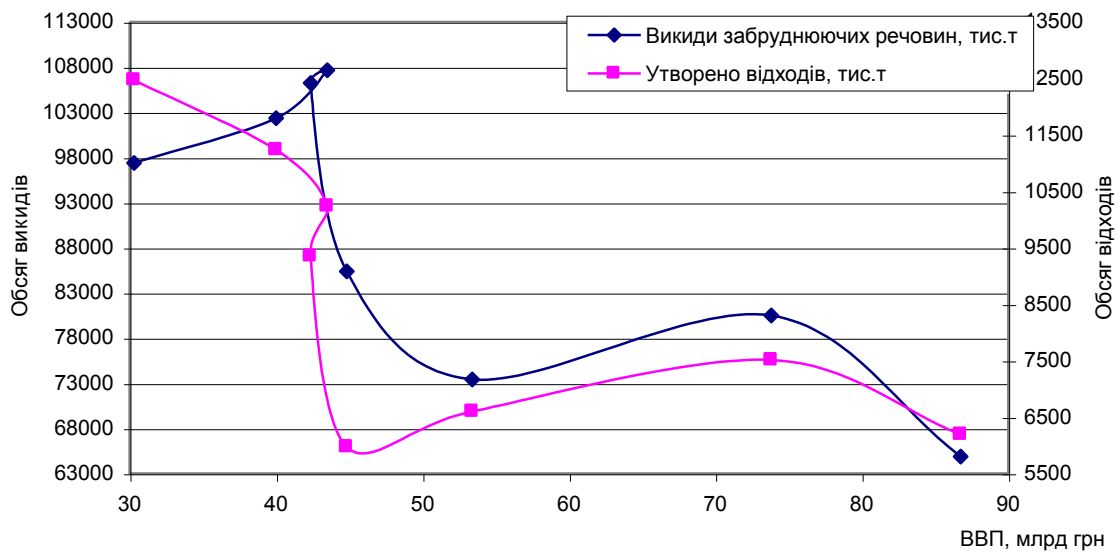


**Рис. 10** – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну особу у галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворення відходів впродовж 2010 - 2017 років

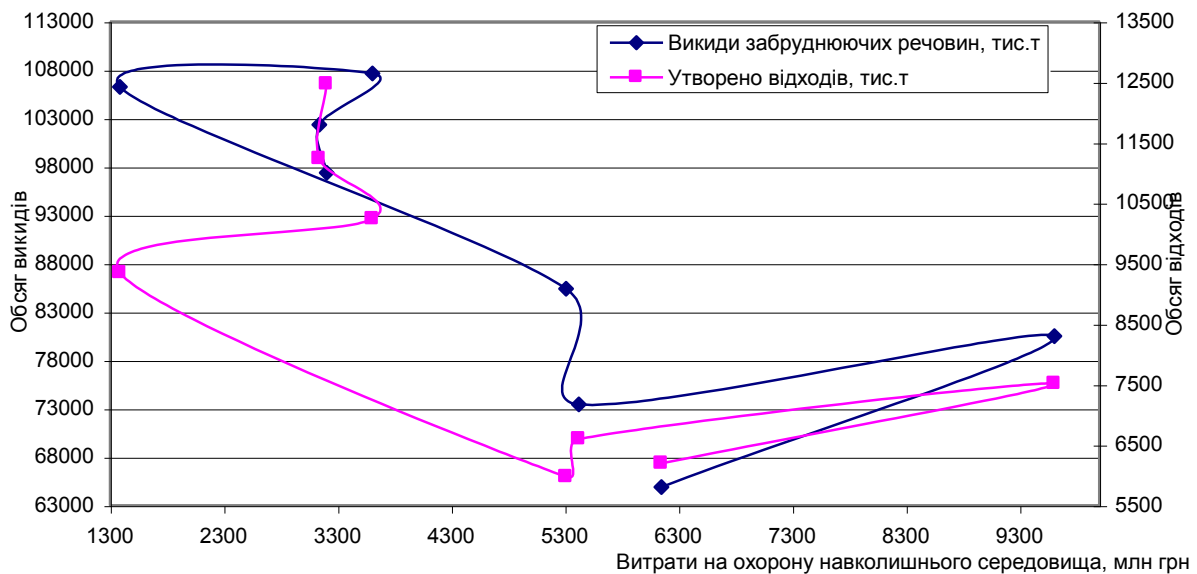
Щодо ВВП, то рівень 169,73 – 178,44 млрд. грн., досягнутий у 2012 – 2013 роках виявився достатнім для становлення стійких тенденцій на кривій ЕКК. У той же період (2013 р.) галузеві витрати на охорону навколишнього середовища становили 6402,47 млн. грн., їх зростання впродовж наступних років забезпечило позитивні тенденції, а рівень 7746,70 млн. грн. додатково стимулював зниження як викидів шкідливих речовин, так і утворення відходів. Це можливо пояснити суттєвим збільшенням обсягів витрат на охорону навколишнього середовища основним забруднювачем – металургією саме у ці роки з 3575,00 млн. грн. у 2015 році до 5015,05 млн. грн. у 2016 році.

На рис. 10 - 12 наведені взаємозалежності між викидами шкідливих речовин, утворенням відходів та рівнем середньомісячного номінального доходу на одну особу у галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря, галузевим ВВП та витратами на охорону навколишнього середовища в галузі.

Отримані залежності щодо середнього номінального доходу на одну особу та галузевого ВВП можливо вважати ЕКК для галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря. На них для викидів забруднюючих речовин спостерігаються дві «поворотні точки». Спочатку спад викидів



**Рис. 11** – Динаміка взаємозв'язку між ВВП у галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворення відходів впродовж 2010 - 2017 років



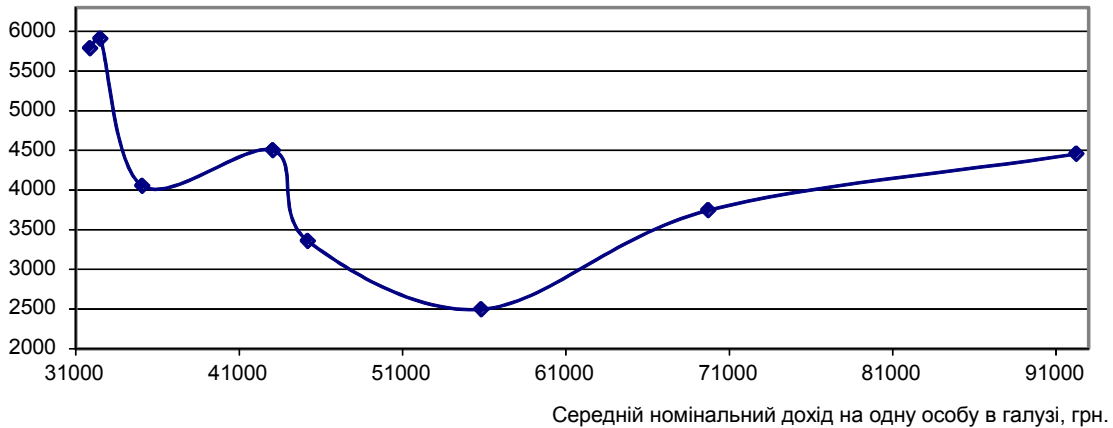
**Рис. 12** – Динаміка взаємозв'язку між витратами на охорону навколишнього середовища у галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворення відходів впродовж 2010 - 2017 років

почався за величини середнього номінального доходу в галузі на рівні 58620 грн. (4885 грн. /місяць) та галузевого ВВП 44,836 млрд грн (2014 рік), потім наступний спад спостерігався на величині 83016 грн. (6918 грн. /місяць) та ВВП 73,809 млрд. грн. у 2016 році. Отже у 2016 році величина середнього номінального доходу та ВВП у галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря виявилась достатньою для досягнення стійкої «поворотної точки». Значений результат, на нашу думку, був до-

сягнути також завдяки суттєвому збільшенню галузевих витрат на охорону навколишнього середовища (рис. 12). Так, якщо у 2013 році їх величина становила 1388,53 млн. грн., то у 2014 році спостерігалось суттєве зростання до 5312,20 млн. грн., у 2016 році їх величина становила 9605,10 млн. грн. Отже галузеві витрати можливо вважати додатковим позитивним фактором в досягненні «поворотної точки» на ЕКК.

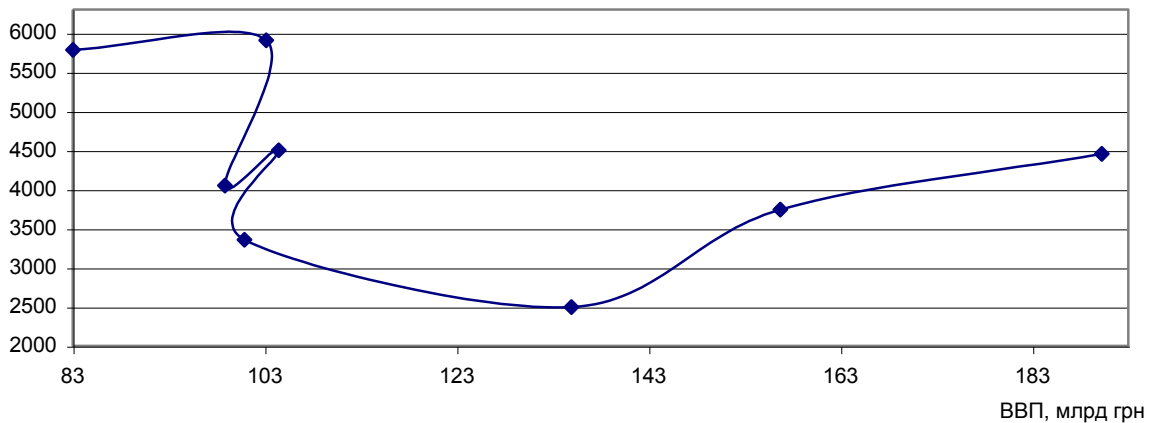
На рис. 13 - 15 наведені взаємозалежність між викидами шкідливих речовин, рів-

Викиди забруднюючих речовин (разом), тис.т



**Рис. 13** – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну особу у галузі транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської служби України, обсягами викидів забруднюючих речовин впродовж 2010 - 2017 років

Викиди забруднюючих речовин (разом), тис.т



**Рис. 14** – Динаміка взаємозв'язку між ВВП у галузі транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської служби України, обсягами викидів забруднюючих речовин впродовж 2010 - 2017 років

нем середньомісячного номінального доходу на одну особу та ВВП у галузі транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської служби.

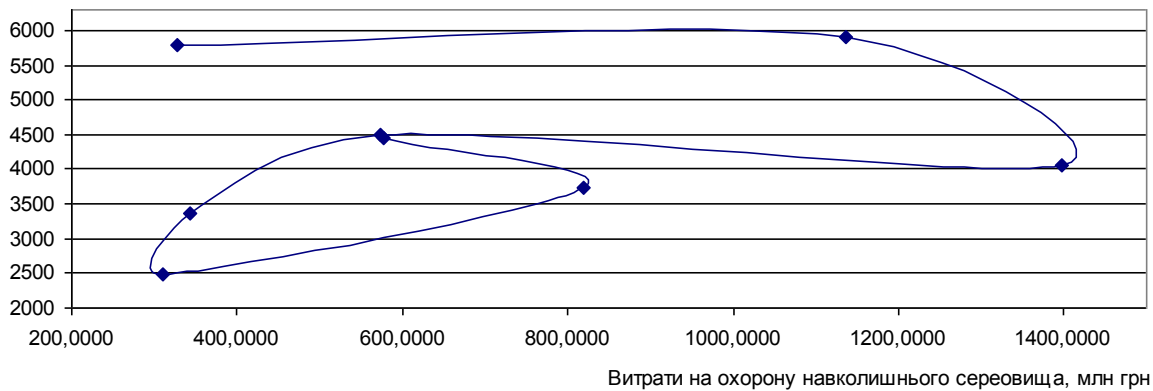
Її можливо вважати ЕКК для галузі транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської служби, на якій спостерігаються дві «поворотні точки»: перша за величини середнього номінального доходу в галузі на рівні 32508 грн. (2709 грн. / місяць) та ВВП 103,179 млрд. грн. у 2011 році; друга – величина середнього номінального доходу в галузі 39180 грн та ВВП на рівні 104,483 млн грн. у 2013 році. Нажаль, з 2016 року спостерігається порушення ЕКК по викидах. Його причина полягає в тому, що у галузі суттєво скоротились витрати на охорону навколиш-

нього середовища з 1367,30 млн грн у 2013 році до 576,30 млн грн у 2017 році (рис. 15).

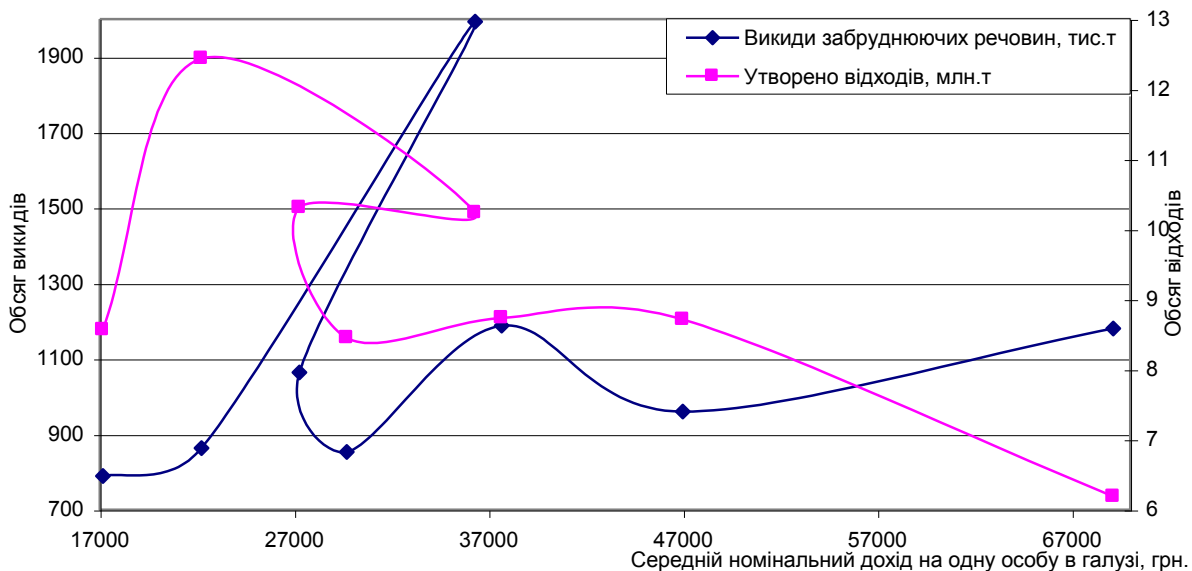
На рис. 16 –18 наведені взаємозалежності між викидами шкідливих речовин, утворенням відходів та рівнем середньомісячного номінального доходу на одну особу у галузі сільського, лісового та рибного господарства й галузевим ВВП.

Отриману залежність можливо вважати ЕКК для галузі сільського, лісового та рибного господарства тільки з 2014 року, що нами пов'язується із низьким рівнем доходів працюючих в галузі, «поворотна точка» була досягнута при величині середнього номінального доходу в галузі на рівні 37680 грн. (3140 грн./місяць). ЕКК щодо викидів шкідливих

Викиди забруднюючих речовин (разом), тис.т



**Рис. 15** – Динаміка взаємозв'язку між витратами на охорону навколишнього середовища у галузі транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської служби України, обсягами викидів забруднюючих речовин впродовж 2010 - 2017 років



**Рис. 16** – Динаміка взаємозв'язку між середнім номінальним доходом на одну особу у галузі сільського, лісового та рибного господарства України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворенням відходів впродовж 2010 - 2017 років

речовин по ВВП у сільському господарстві була досягнута раніше – у 2012 році при величині ВВП 113,245 млрд. грн., а по утворенню відходів – у 2011 році при величині ВВП на рівні 109,961 млрд. грн. На нашу думку, такі результати є наслідком того, що саме у ці роки зростали галузеві витрати на охорону навколишнього середовища з 96,167 млн. грн. у 2010 році до 147,15 млн. грн. у 2011 році; 200,11 млн. грн. у 2012 році та 544,17 млн. грн. у 2013 році. Деяке підвищення забруднення у наступні роки пов'язане з тим, що не дивлячись на підви-

щення ВВП, скоротились витрати на охорону навколишнього середовища у 2014 році до 172,12 млн. грн.. та 192,38 млн. грн. у 2015 роках.

З аналізу отриманих результатів можливо дійти висновку, що суттєвим фактором для досягнення ЕКК на галузевому рівні, як і на рівні країни в цілому, має не тільки рівень доходів працюючих, ВВП, а й витрати на охорону навколишнього середовища.

У таблиці 1 визначена частка та її динаміка щодо викидів забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю у зазначених галу-

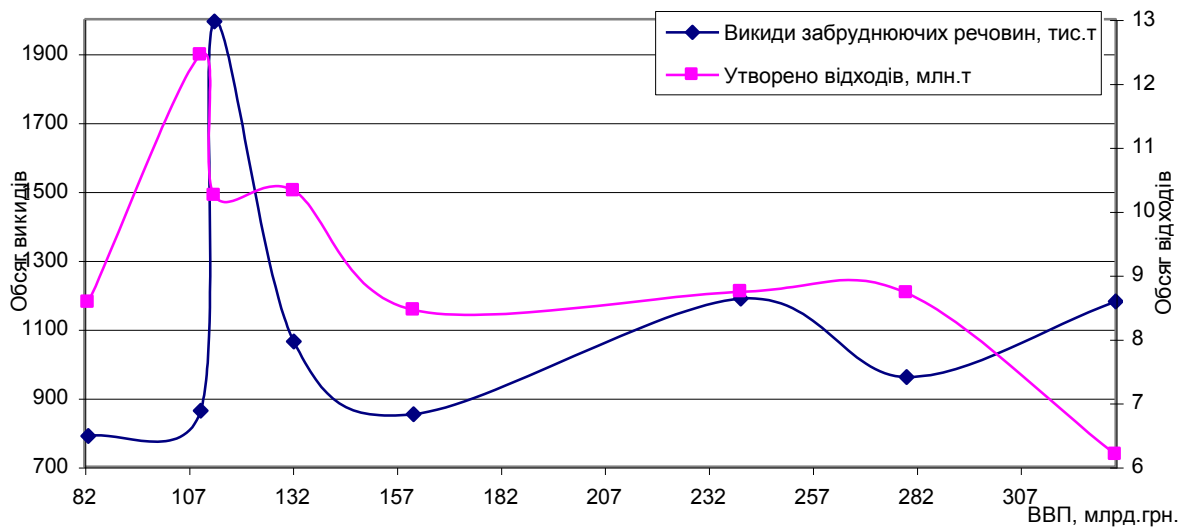


Рис. 17 – Динаміка взаємозв’язку між ВВП у галузі сільського, лісового та рибного господарства України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворенням відходів впродовж 2010 - 2017 років

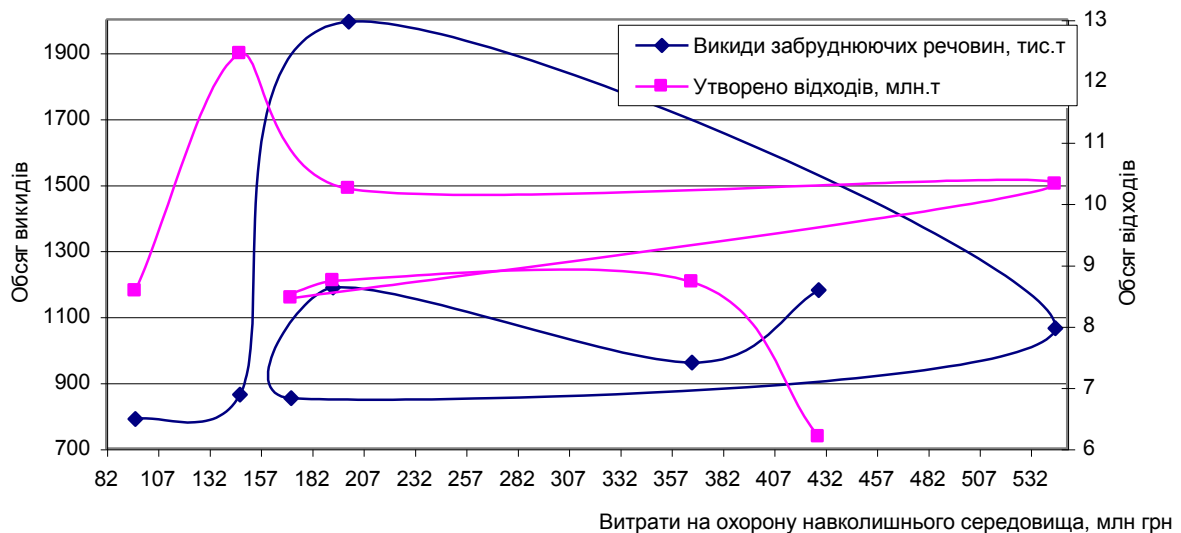


Рис. 18 – Динаміка взаємозв’язку між витратами на охорону навколишнього середовища у галузі сільського, лісового та рибного господарства України, обсягами викидів забруднюючих речовин та утворенням відходів впродовж 2010 - 2017 років

зях впродовж 2010-2017 рр. Як бачимо, найменший рівень викидів здійснює сільське господарство, найвищий – енергетика. У викидах переробної галузі суттєва частка належить металургії, тому аналізу ситуації щодо неї, буде приділена особлива увага.

Аналогічним чином нами було визначено співвідношення рівня середньомісячної номінальної зарплати в галузях із відповідним показником у середньому по Україні (табл. 2). Отже найбільший рівень зарплати є у добувній галузі, найнижчий – у сільському господарстві.

Щодо частки працюючих у аналізованих галузях, то вона станом на 2017 рік становить майже 40% від загальної чисельності зайнятого населення в Україні (табл. 3). Найбільша частка працюючих – у сільському господарстві, найменша – у добувній галузі.

Також здійснене порівняння частки валової доданої вартості (галузевий ВВП) аналізованих галузей у 2017 році від загального обсягу ВВП країни (табл. 4).

Найбільша частка ВВП вироблена у переробній галузі, найменша – у галузі постачання електроенергії, газу, пару та



Таблиця 1

Частки викидів забруднюючих речовин разом  
(викидів забруднюючих речовин/діоксиду вуглецю) від стаціонарних джерел  
за сферами економічної діяльності у загальному обсягу викидів в Україні, %

Роки	Сільське, лісове та рибне господарство	Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська служба	Добувна галузь та розроблення кар'єрів	Переробна галузь	Постачання електроенергії, газу, пару та кондиційованого повітря
2010	0,47 (1,7/0,4)	3,42 (4,7/3,4)	1,93 (20,6/1,5)	35,75 (32,6/35,8)	57,56 (38,8/58,0)
2011	0,42 (1,7/0,4)	2,86 (4,5/2,8)	2,25 (19,6/1,9)	43,99 (31,7/44,3)	49,54 (41,3/49,7)
2012	0,98 (1,8/0,4)	2,00 (3,8/1,2)	2,56 (20,4/2,2)	41,07 (29,4/41,3)	53,15 (43,4/53,4)
2013	0,53 (2,1/0,5)	2,23 (3,9/2,2)	2,58 (21,4/2,2)	41,26 (28,7/41,5)	52,62 (42,8/52,8)
2014	0,55 (2,4/0,5)	2,15 (3,9/2,1)	2,12 (17,5/1,8)	39,11 (30,4/39,3)	54,62 (43,8/54,7)
2015	0,84 (2,7/0,8)	1,76 (2,7/1,7)	2,12 (17,2/1,8)	41,17 (32,9/41,3)	51,78 (41,1/52,0)
2016	0,62 (2,7/0,6)	2,44 (2,0/2,4)	2,24 (15,1/2,0)	40,39 (31,7/40,6)	52,38 (46,0/52,5)
2017	0,93 (3,1/0,9)	3,51 (2,4/3,6)	3,03 (18,5/2,7)	39,40 (33,8/39,5)	51,16 (39,1/51,4)

Таблиця 2

Співвідношення середньомісячної номінальної зарплати в галузях із відповідним показником у середньому по Україні, %

Роки	Сільське, лісове та рибне господарство	Добувна галузь та розроблення кар'єрів	Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська служба	Переробна галузь	Постачання електроенергії, газу, пару та кондиційованого повітря
2010	63,87	158,06	118,71	102,19	135,24
2011	70,38	165,97	102,89	105,24	127,35
2012	68,27	161,30	96,63	102,35	126,27
2013	69,59	161,99	109,92	101,41	137,83
2014	71,15	156,47	108,28	102,59	140,37
2015	74,85	146,94	110,92	106,72	130,20
2016	75,55	143,97	112,10	106,95	133,47
2017	81,10	136,60	108,22	102,74	119,55

Таблиця 3

Частка працюючих в галузі від загальної чисельності зайнятого населення України, %

Роки	Сільське, лісове та рибне господарство	Добувна галузь та розроблення кар'єрів	Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська служба	Переробна галузь	Постачання електроенергії, газу, пару та кондиційованого повітря
2010	15,26	2,21	5,97	9,47	2,81
2011	16,72	2,21	6,01	9,26	2,84
2012	17,18	2,16	5,94	11,41	2,87
2013	17,53	2,10	5,99	11,15	2,79
2014	17,10	1,99	6,16	11,19	2,86
2015	17,46	1,59	6,07	11,19	2,88
2016	17,61	1,47	6,13	11,01	2,85
2017	17,71	1,36	6,14	10,99	2,76

Таблиця 4

Частка валової доданої вартості за видами економічної діяльності в обсязі ВВП України, %

Роки	Сільське, лісове та рибне господарство	Добувна галузь та розроблення кар'єрів	Транспорт, Складське господарство, поштова та кур'єрська служба	Переробна галузь	Постачання електроенергії, газу, пару та кондиціонованого повітря
2010	7,4	5,7	7,8	13,0	2,8
2011	8,1	6,3	8,0	11,8	3,1
2012	7,9	5,7	7,1	12,2	3,1
2013	8,7	5,4	7,2	11,2	2,9
2014	10,2	5,0	6,4	12,2	2,8
2015	12,1	4,8	6,8	11,9	2,7
2016	11,7	5,5	6,6	12,2	3,1
2017	12,1	5,6	6,7	12,1	2,9

кондиціонованого повітря. У 2017 році частки ВВП сільського, лісового і рибного господарства та переробної галузі – зрівнялись.

Отже у галузі, де найменші викиди шкідливих речовин та обсяги утворення відходів – сільське господарство, виробляється стільки ж доданої вартості (галузевого ВВП), як і в галузі – лідері забруднення – переробній (більша частка забруднення в ній утворює металургія). В той же час галузь, яка утворює найбільшу частку забруднення – енергетика, забезпечує найменшу частку ВВП у загальному показнику по країні.

Як видно з отриманих результатів, на ЕКК для України «поворотна точка» була досягнута у 2013 році (дохід становив 34264 грн., середній номінальний дохід на одного працюючого – 39180 грн.). Галузі, які досягли остаточно «поворотної точки» у 2013 році утворювали 46,07% викидів шкідливих речовин, де працювало близько 20% осіб від усієї кількості зайнятого населення України. Серед 20% зайнятих осіб 2,1% працювали у добувній галузі, де рівень оплати праці у 1,61 рази вищий за середній рівень; 11,5% – у перероб-

ній галузі, де дохід становив середній рівень; 5,9% – працювали на транспорті, де рівень доходів становив дещо вищий за середньо український рівень.

В той ж час у енергетиці та сільському господарстві чисельність зайнятих становить ті самі 20%, а шкідливих речовин утворюється майже та ж кількість – 53%, а поворотної точки вони досягли у 2014 – 2016 роках. Серед 20% зайнятих осіб 2,8% працювали у енергетиці, де рівень оплати праці у 1,5 рази вищий за середній рівень; 17,1% – у сільському господарстві, де дохід становив середній рівень.

Отже співставлення отриманих результатів свідчить про те, що в Україні «поворотна точка» на ЕКК була забезпечена 20% працюючого населення країни у галузях, що створюють 46% викидів шкідливих речовин за умови досягнення середнього по країні рівня номінальних доходів на одного працюючого та стійкого підвищення темпів зростання витрат на охорону навколишнього середовища впродовж як мінімум двох років.

#### Висновки

Моделювання параметрів сталого розвитку національного господарства за параметрами викидів шкідливих речовин та утворення відходів запропоновано використати галузевий підхід та модель екологічної кривої Кузнеця (ЕКК). Моделювання здійснене для таких галузей: переробна; добувна і розроблення кар'єрів; сільське, лісове та рибне господарство; постачання електроенергії, газу, пари та кондиціонованого повітря; транспорт, складське господарство, пошта та кур'єрська служба. Моделі будувались на основі взаємозв'язку між ВВП, середнім номінальним

доходом на одного працюючого, витратами на охорону навколишнього середовища та обсягами утворення відходів та кількістю шкідливих речовин на рівні національної економіки та її провідних галузей.

Доведено, що модель ЕКК доцільно використовувати не тільки для параметрів викидів шкідливих речовин, а й для обсягів утворення відходів. Крім того, необхідно враховувати показники не тільки на рівні країни, а й з урахуванням внеску провідних галузей національного господарства. Встановлено, що у досягнення «поворотної точки» на галу-

зевих ЕКК для утворення відходів та викидів шкідливих речовин залежить від рівня оплати праці в галузі, величини доданої вартості (галузевого ВВП) та обсягів галузевих інвестицій в охорону навколишнього середовища, відповідно до специфіки галузі.

Таким чином, основний висновок – галузева ЕКК відбиває прогрес на шляху до

сталого розвитку галузей, які формують основні надходження до бюджету та визначають рівень оплати праці в реальному секторі економіки. Моделювання параметрів ЕКК для відходів та викидів шкідливих речовин повною мірою відповідають тенденціям сталого зростання економіки та переходу її на інноваційний шлях розвитку.

### Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що публікація цього рукопису виконана у межах НДР 0120U102208 «Багатокритеріальне управління сталим розвитком природно-господарських систем». Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

### Література

1. Указ Президента України «Про Стратегію сталого розвитку «Україна – 2020» (від 12 січня 2015 р., № 5/2015). URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/5/2015> (дата звернення 04.02.2018).
2. Шубравська, О. В. Сталий економічний розвиток: поняття і напрям дослідження. *Економіка України*. 2005. №1. С.36-42.
3. Економічний розвиток України: інституціональне та ресурсне забезпечення / О.М.Алімов, А.І.Даниленко, В.М.Трегобчук та ін. – К.: Об'єднаний інститут економіки НАН України, 2005. 540 с.
4. Хвесик М. Сталий розвиток України: проблеми та перспективи. *Економіст*. 2011. №4. С.8-9.
5. Khlobystov, Ie., Horoshkova, L., Kozmenko, S., Trofymchuk, V. Econometric analysis of National Economy Sustainable Development on the basis of the Environmental Kuznets curve. *International Journal of Global Environmental Issues. Special Issue on: "Green Economy: Energy, Industry and Agricultural Aspects"*. 2019. in print.
6. Горошкова, Л. А., Хлобистов, С. В., Трофимчук, В. О. Взаємозв'язок економічного зростання та асиміляційного потенціалу довкілля у забезпеченні сталого розвитку національного господарства. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2019. № 1(69). С. 24-37. <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/69/3.pdf>
7. Горошкова, Л. А., Хлобистов, С. В., Трофимчук, В. О. Економіко-статистичне моделювання детермінант динаміки забруднення довкілля України. *Економіка і організація управління*. 2019. № 2 (34). С.46-55. URL: <http://jeou.donnu.edu.ua/article/view/7350>
8. Горошкова, Л. А., Хлобистов, С. В., Трофимчук, В. О. Фінансові механізми сталого використання територіальних ресурсів природно-господарських систем. *Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності: збірник наукових праць*. Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2018. № 18. С.275-284. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpaiv\\_2018\\_18\\_39](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpaiv_2018_18_39)
9. Міщенко В. С., Виговська Г. П., Маковецька Ю. М., Омеляненко Т. Л. Удосконалення системи управління відходами в Україні в контексті європейського досвіду. К.: Лазурит-Поліграф, 2012. 120 с.

### References

1. Decree of the President of Ukraine "On the Strategy of Sustainable Development "Ukraine-2020". (2015). URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/5/2015> (in Ukrainian).
2. Shubravskaya, O. V. (2005). Steady economic development: concept and direction of research. *Economy of Ukraine*, (1), 36-42 (in Ukrainian).
3. Alimov, O. M., Danilenko, A. I., Tregobchuk, V. M. & others. (2005). Economic development of Ukraine: institutional and resource providing. Kyiv: the Incorporated institute of economy of NAN of Ukraine (in Ukrainian).
4. Khvesik, M. (2011) Staliy development of Ukraine: problems and prospects. *Economist*, 4, 8-9.
5. Khlobystov, Ie., Horoshkova, L., Kozmenko, S., Trofymchuk, V. (2019). Econometric analysis of National Economy Sustainable Development on the basis of the Environmental Kuznets curve. *International Journal of Global Environmental Issues. Special Issue on: "Green Economy: Energy, Industry and Agricultural Aspects"*. in print.
6. Horoshkova, L. A., Khlobystov, Ie. V. & Trofymchuk, V. O. (2019). The relationship between economic growth and the assimilation potential of the environment in ensuring the sustainable development of the national economy. *Project management and production development*, (1(69)), 24-37. Retrieved from <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/69/3.pdf> (in Ukrainian).
7. Horoshkova, L. A., Khlobystov, Ie. V. & Trofymchuk, V. O. (2019). Economic and statistical modeling of determinants of the dynamics of environmental pollution in Ukraine. *Economics and organization of management*, (2 (34)), 46-55. Retrieved from <http://jeou.donnu.edu.ua/article/view/7350> (in Ukrainian).
8. Horoshkova, L. A., Khlobystov, Ie. V. & Trofymchuk, V. O. (2018). Financial mechanisms of sustainable use of territorial resources of natural economic systems. *Theoretical and practical aspects of economics and intellectual property: a collection of scientific papers*, (18), 275-284. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpaiv\\_2018\\_18\\_39](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpaiv_2018_18_39) (in Ukrainian).
9. Mishchenko, V. S., Vyhovska, G. P., Makovetska, Yu. M. & Omelyanenko, T. L. (2012). Improving the waste management system in Ukraine in the context of European experience. Kyiv: Lazurit-Poligraf. (in Ukrainian).  
Надійшла до редколегії 04.05.2020  
Прийнята 22.05.2020

A. N. NEKOS<sup>1</sup>, DSc (Geography), Prof., K. K. MYSHKIN<sup>1</sup>, A. V. VASIUKHA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>V. N. Karazin Kharkiv National University  
6, Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine

e-mail: [alnekos999@gmail.com](mailto:alnekos999@gmail.com)  
[dj.mycat@gmail.com](mailto:dj.mycat@gmail.com)  
[Vha.poltava@gmail.com](mailto:Vha.poltava@gmail.com)

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

## TABACCO SMOKING AS A SOCIAL AND ECOLOGICAL PROBLEM OF HUMANITY

The problem of smoking is almost the most common among human addictions, which is very difficult to give up. A person spends a lot of his life neglecting his health to buy cigarettes and get temporary pleasure. The issue of quality and environmental safety of cigarette components – tobacco, tissue paper and filters worries both cigarette consumers and environmentalists, doctors and others. specialists. Of course, the use of low-quality product from cigarette manufacturers harms not only the human body but also the environment.

**Purpose.** Determine the quality and environmental safety (presence of concentrations of heavy metals) of tobacco, cigarette paper and cigarette filters of domestic and foreign brands.

**Methods.** Methods of atomic absorption spectrometry using the atomic absorption spectrometer MGA 915 MD.

**Results.** Experimental studies by atomic absorption analysis on the concentrations of heavy metals in tobacco, cigarette filters and paper showed the presence of heavy metals: Mn, Zn, Cu, Cr, Cd, Pb. Studies of various tobacco brands have found that the highest concentrations of heavy metals were in the tobacco of the cheapest cigarettes (up to 150 mg / kg), in cigarette paper found only Mn, Zn. When comparing the content of the most toxic heavy metals Cd and Pb in the cigarettes "Parliament" and "Kyiv" and "LM" it was determined that in the tobacco of "Parliament" cigarettes HM concentrations are 7–10 times lower..

**Conclusions.** There is a tendency to decrease the concentration of heavy metals in the components of cigarettes depending on the price category of the tobacco product. Thus, for the most part, the components of cigarettes of domestic brands have tens of times higher concentrations of heavy metals than cigarettes of the American manufacturer.

**KEYWORDS:** cigarettes, tobacco, cigarette paper, cigarette filter, heavy metals

Некос А. Н.<sup>1</sup>, Мишкін К. К.<sup>1</sup>, Васюха О. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна

## ТЮТЮНОПАЛІННЯ ЯК СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА ЛЮДСТВА

Проблема тютюнопаління є майже найпоширенішою серед залежностей людства, від якої дуже важко відмовитися. Людина все життя, нехтуючи своїм здоров'ям, витрачає значні кошти на придбання цигарок та отримання тимчасового задоволення. Питання якості та екологічної безпеки складових цигарок – тютюну, цигаркового паперу та фільтрів непокоїть як самих споживачів цигарок, так і екологів, медиків і інших фахівців. Звісно, використання неякісного продукту від виробників цигарок шкодить не тільки організму людини, а й довкіллю.

**Мета.** Визначити якість та екологічну безпеку (наявність концентрацій важких металів) у тютюні, цигарковому папері та фільтрах цигарок вітчизняних і зарубіжних брендів.

**Методи.** Методи атомно-абсорбційної спектроскопії за допомогою атомно-абсорбційного спектрометра МГА 915 МД.

**Результати.** Експериментальні дослідження методами атомно-абсорбційного аналізу щодо концентрацій важких металів у тютюні, цигаркових фільтрах та папері показали наявність важких металів: Mn, Zn, Cu, Cr, Cd, Pb. Дослідження різних тютюнових брендів визначили, що найбільші концентрації важких металів – в тютюні найдешевших цигарок (до 150 мг/кг), у цигарковому папері виявлено лише Mn, Zn. При порівнянні вмісту найбільш токсичних важких металів Cd та Pb у цигарках «Parliament» та «Київ» і «LM» визначено, що у тютюні цигарок «Parliament» концентрації ВМ у 7–10 разів менші.

**Висновки.** Виявлено тенденцію до зменшення концентрації важких металів у складових цигарок у залежності від цінової категорії тютюнового продукту. За більшістю показників у складових цигарок вітчизняних брендів концентрації важких металів у десятки разів вище, ніж у цигарках американського виробника.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** сигарети, тютюн, сигаретний папір, фільтр сигарет, важкі метали

Некос А. Н.<sup>1</sup>, Мышкин К. К.<sup>1</sup>, Васюха А. В.<sup>1</sup>

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

#### **ТАБАКОКУРЕНИЕ, КАК СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

Проблема курения почти самая распространенная среди зависимостей человечества, от которой очень трудно отказаться. Человек всю жизнь, пренебрегая своим здоровьем, тратит значительные средства на приобретение сигарет и получения временного удовольствия. Вопрос качества и экологической безопасности составляющих сигарет – табака, сигаретной бумаги и фильтров беспокоит как самих потребителей сигарет, так и экологов, медиков и других специалистов. Конечно, использование некачественного продукта от производителей сигарет вредит не только организму, но и окружающей среде.

**Цель.** Определить качество и экологическую безопасность (наличие концентраций тяжелых металлов) в табаке, сигаретной бумаге и фильтрах сигарет отечественных и зарубежных брендов.

**Методы.** Методы атомно-абсорбционной спектроскопии с помощью атомно-абсорбционного спектрометра МГА 915 МД.

**Результаты.** Экспериментальные исследования методами атомно-абсорбционного анализа концентраций тяжелых металлов в табаке, сигаретных фильтрах и бумаге показали наличие тяжелых металлов: Mn, Zn, Cu, Cr, Cd, Pb. Исследование различных табачных брендов определили, что наибольшие концентрации тяжелых металлов обнаружены в табаке дешевых сигарет (до 150 мг / кг), в сигаретной бумаге только Mn, Zn. При сравнении содержания наиболее токсичных тяжелых металлов Cd и Pb в сигаретах «Parliament» и «Киев» и «LM» определено, что в табаке сигарет «Parliament» концентрации ВМ в 7–10 раз меньше.

**Выводы.** Выявлена тенденция к уменьшению концентрации тяжелых металлов в составных сигарет в зависимости от ценовой категории табачного продукта. Так по большинству показателей в составляющих сигарет отечественных брендов концентраций тяжелых металлов в десятки раз выше, чем в сигаретах американского производителя.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сигареты, табак, сигаретная бумага, фильтр сигарет, тяжелые металлы

#### **Introduction**

The problem of smoking and the negative effects of smoking on the body today is familiar in every country in the world and has been relevant for several centuries. According to the World Health Organization, 1/7 of the world's population has a habit of smoking, and this is about 1 billion smokers. Even though smoking is losing popularity in many parts of the world, the total number of smokers is growing. If in the 80s of the last century about 721 million people smoked, in 2012 967 million people had a habit of smoking, as evidenced by statistics from 187 countries.

Chinese philosophers as early as the seventeenth century claimed that smoking "burns the lungs." In Bhutan in 1729, the first law was issued banning smoking in all places of worship, which is still in force today. The first study of the effects of smoking on the human body was conducted in England in 1761 by John Hill. Despite considerable experience and knowledge about the negative effects of smoking on the human body and the fight against this habit, the

number of people who smoke around the world is growing steadily [1].

Scientists around the world agree that the increase of the number of smokers is connected with general increase of population. Thus, in the last 50 years, the world's population has almost doubled to 7 billion, and as a result, more people have the habit of smoking than in the past [1]. Today, however, there is a declining trend in smokers amount around the world. Now for 10 men three smoke, and from 20 women one smokes. In the 1980s, six men smoked for 10 men and one for 10 women.

Today, the worst smoking situation is in East Timor, a country in Southeast Asia where more than 60% of the population smokes. The most difficult smoking situation is also identified in countries such as Russia, Kuwait, China, Japan, Italy, Greece, Uruguay and Ireland, where smoking consumes a very large number of cigarettes. Researchers note that the best situation for solving the problem of cigarette smoking is on the islands of the Caribbean Sea, where only 5% of the population has a habit of smoking.

Canada, Iceland, Norway and Mexico are also the best smokers. There, through legislative measures and active propaganda, the authorities were able to persuade the population not to start or quit smoking [1].

Various publications emphasize that more human lives can be saved if the postulate "space is free of tobacco smoke" was observed. But this requires a tremendous amount of work, such as raising the tax on tobacco products, severely restricting public places for smoking, developing a number of effective measures and laws to restrict the rights of smokers, and constantly conducting anti-tobacco propaganda. In total, according to researchers, in 2012, smokers burned 6.25 trillion cigarettes compared to 4.96 trillion burned in 1980 [2].

As for Ukraine, the situation is improving almost every year, but the problem of smoking remains. According to official data, every fifth person in Ukraine smokes. The negative consequences of this process raise smoking to a socio-environmental problem that needs to be addressed [1]. Our country ranks 18th in terms of cigarette consumption, but the situation is improving every year, now 23% of the adult population smokes, instead of 43% eight years ago, when Ukraine was in the top 10 countries in terms of tobacco consumption. Currently, the total number of smokers in Ukraine is 8.2 million people [3, 4, 5].

We attribute this positive trend to an increase of the tax on tobacco products, which has made tobacco products significantly more expensive, to laws restricting smoking, to actively promote healthy lifestyles and to more environmentally friendly alternatives to smoking, such as e-cigarettes or sticks [6].

During the research, the authors conducted a sociological survey among young people in Kharkiv. The results show that the most important incentive to quit smoking is the price of cigarettes, which means that the increase of the tax on tobacco products gives positive results. The price of cigarettes has more than doubled since 2016 and is projected to rise, with 20% of those polled saying they will quit if the price rises, and another 25% saying they will smoke much less. On the one hand, this is a definite plus, and on the other hand, given the above, it can be argued that most Ukrainians prefer cheaper and more affordable cigarettes, putting their health at additional risk [7].

Scientists have determined that smoking causes dry distillation and incomplete combustion of dried tobacco leaves. Slow combustion emits smoke, which is an

inhomogeneous (heterogeneous) mixture consisting of an average of 60% of different gases and 40% of microscopic tar droplets (aerosols). The gas fraction of smoke contains, in addition to nitrogen (59%), oxygen (13, 4%), also carbon monoxide (IV) (13.6%), carbon monoxide (II) (4%), water vapor (1.2%), hydrogen cyanide (0.1%), nitrogen oxides, acrolein and other substances. Aerosol fraction of smoke includes water (1.4%), glycerin and alcohols (0.1%), aldehydes and ketones (0.1%), hydrocarbons (0.1%), phenols (0.003%), nicotine (0.002%) ) etc. According to the main action, harmful substances contained in tobacco smoke and affecting the body are grouped into 4 groups: carcinogenic substances; irritants; poisonous gases; poisonous alkaloids. Carcinogenic substances: aromatic hydrocarbons, benzopyrene, phenols, organic compounds (nitrosamine, hydrazine, vinyl chloride, toluidine, etc.), inorganic compounds of arsenic and cadmium, radioactive: polonium, tin and bismuth – 210. Irritant algae: (acrolein), carbon monoxide. Toxic gases: carbon monoxide, hydrogen sulfide, hydrogen cyanide, etc. Toxic alkaloids: only 12 (nicotine, nornicotine, nicotyrin, nicotine, nicotimine, etc.). Nicotine is one of the strongest poisons known to us that affect the nervous system. When a cigarette burns, it is only partially destroyed, by about 25%. The nicotine content in the smoke of the main stream of a cigarette is from 0.4 to 3 mg – only 20% of the total amount of nicotine in a cigarette. About 5% remains in the cigarette butt, and the other 50% gets into the air in the room where they smoke [8, 2].

Smoking can lead to serious disorders. The first large-scale study of the effects of smoking on the human body was conducted in 1951 in Britain. They were attended by 34,439 British male doctors. These studies have shown that smoking kills two-thirds of smokers. The same research was conducted by the American Cancer Society from 1959 to 1972. The results showed that the effect of smoking on women is much smaller than the effect on men. It was also noted that by giving up this habit, the morbidity and mortality rate decreases. Studies in the United States have shown that smoking between the ages of 15 and 70 can take more lives than drugs, homicide, suicide, AIDS, road accidents and alcohol combined [9]. In modern research, experts also agree that smoking harms the body and has no positive effects. Thus, as a result of research by I.S. Kremes to study the effects of smoking on the respiratory system, it was determined that in smokers, signs of vascular remodeling and microcirculation disorders were

detected, which were determined by endothelial dysfunction, increased bulk density and decreased capillary volume. I.A.Zakharova is also in solidarity with this issue, studying the ventilation functions of the lungs in young people. Studies have shown that tobacco smoke increases neutrophilic inflammation and leads to bronchial remodeling [10, 11, 12].

Physical and psychological dependence on nicotine develops much faster than on alcohol, says Bobko O. [13]. One of the researchers of smoking is a doctor A.V. Dzyubailo, who in 2007 conducted interesting research on the prevention and treatment of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). The experiment involved 151 people diagnosed with COPD, 86 of them – smokers aged 18 to 79 years. The comparison group consisted of 65 people who did not smoke but had risk factors for COPD. According to research, the average age of non-smoking men and women with COPD is 60 years, and in smokers, the average age was: 41 years for women and 48 years for men. This fact suggests that smoking significantly "rejuvenates" development of bronchopulmonary pathology [14].

During smoking, 250–300 chemical compounds and substances enter the body, 50 of which are toxic, for example in tobacco, there are heavy metals (HMs) such as Cd and Pb, that accumulate in the body and are toxic. Under the influence of tobacco smoke at the respiratory, vascular and hormonal systems. Pregnant women who have been exposed to nicotine are more likely to give birth to a child with various pathologies. HMs are accumulated in the brain, liver, spleen and kidneys. Because of high concentrations of Pb, the functioning of the brain and central nervous system is disrupted, that can cause coma, convulsions and even death. Cd can also cause serious illness. As a result of its accumulation, there is unbearable muscle pain, involuntary bone fractures (Cd is able to leach calcium from the body), skeletal deformity, dysfunction of the lungs, kidneys and other organs. Finally, cadmium excess can cause malignancies [15, 16].

There is also significantly negative phenomenon as passive smoking, which is thought being even more dangerous than

conventional smoking by experts. Sofia Vankovich, while studying the effects of passive smoking, has found that it causes asthma being developed by children, wheezing and decreased lung function, increasing the likelihood of developing asthma and respiratory diseases by children whose mothers were exposed to secondhand smoke during pregnancy, as well as passive smoking increases the risk of heart disease by 25% and lung cancer by 24%. For example, traces of a potent carcinogen, NSC, were found in the urine of non-smoking workers in the inpatient department of the Canadian Veterans Hospital, where smoking is allowed. Among all of 43 known carcinogens of tobacco smoke, there was the only one that appears only because of tobacco and cannot be caused by other sources [13, 17, 18, 19].

Based on economic issues, it is clear that the quality of tobacco and production technology of expensive cigarettes is better than cheap ones. It's also appropriate to mention the fact that in the pursuit of profit, not all manufacturers (especially not very well-known brands) can't adhere to the sanitary norms at their enterprises, violate production technologies, use cheap and low-quality raw materials, falsify or even hide the real composition of cigarettes.

Finally, we it's necessary to say about other problem of smoking, purely environmental – it's household waste by numbers of cigarette butts. Estimatedly, they are emitted at 5–7 million per year. This is a separate issue that needs to be considered by specialists in the field of waste disposal in the perspective of separate disposal and the possible use of cigarette butts as secondary raw materials.

In light of all the above, it was decided to conduct laboratory studies of the quality of cigarettes of native and foreign brands to determine the presence and concentration of one of the most dangerous indicators of human health – heavy metals (HMs) in tobacco, cigarette filters and paper.

**Purpose** – to determine the quality and environmental safety (presence of concentrations of heavy metals) in tobacco, cigarette paper and cigarette filters of native and foreign brands.

### *Objects and methods of research*

To study the quality of tobacco products (tobacco, filters and paper), three native brands of cigarettes were selected, identical by

availability and popularity, but different by price category. There are next cigarettes brands: Kyiv brand (UAH 25), LM (UAH 40) and



Рис. 1 – «Parliament»  
(50 UAH)



Рис. 2 – «LM»  
(40 UAH)



Рис. 3 – «Kyiv»  
(25 UAH)

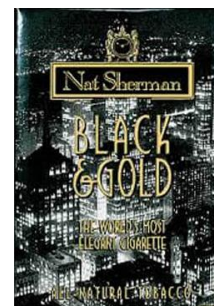


Рис. 4 – «Nat Sherman»  
(500 UAH)

Parliament (UAH 50). Premium cigarettes of the American company Nat Sherman (UAH 500) were selected for comparison of the concentration of HM in tobacco (Fig. 1 – 4).

The study of heavy metal concentrations in tobacco, filters and tissue paper were perfo-

rmed in the educational-scientific laboratory of analytical ecological research of the Karazin Institute of Environmental Sciences with the help of atomic absorption spectrometer – MGA 915 MD [20,21].

### Results and discussion

In the course of experimental laboratory studies, the concentration of HMs (Cr, Zn, Cu, Mn, Cd, Pb) in tobacco, cigarette paper and filters of three popular Ukrainian brands was determined: low price Kyiv trademark, middle price trademark "LM" and the high price trademark "Parliament". To compare the quality of tobacco, premium cigarettes from the American manufacturer Nat Sherman were used.

Tobacco quality. As a result of the performed researches, it was discovered that the highest concentration of Cr was in tobacco of the Kyiv brand cigarettes (0.056 mg / kg), which is 2 times more than in the the LM brand cigarettes (0.038 mg / kg) and 4 times more than Parliament brand cigarettes have (0.015 mg / kg). (Table 1) The highest concentration of Zn was found in "Kyiv" tobacco (18.446 mg / kg), which is almost 2 times higher than the concentration of "LM" (10.7454 mg / kg) and "Parliament" tobacco (8.134 mg / kg). The highest concentration of Cu was found in "Parliament"

tobacco (10.1688 mg / kg), which is 2.5 times higher than the concentration of "Kyiv" tobacco (6.457 mg / kg) and 1.5 times higher than LM tobacco (4.8835 mg / kg). The highest concentration of Mn was in "Parliament" tobacco (146,201 mg / kg), which is 1.5 times more than "LM" tobacco (88,137) and 1.15 times more than "Kyiv" tobacco (128 , 84). The highest concentration of Cd was found in " Kyiv" tobacco (1.9867 mg / kg), which is 20 times more than in "Parliament" tobacco (0.146) and 2.5 times more than "LM" ( 0.8801 mg / kg). The lowest concentration of Pb was found in "Parliament" tobacco (0.9645 mg / kg), which is 2 times less than the concentration of "LM" tobacco (1.9645 mg / kg) and 2.5 times less than in «Kyiv» tobacco (2.4560 mg / kg).

It was also determined that in American cigarettes HM concentrations are much lower (Cr – 300 times, Pb – 31, Zn – 233, Cu – more than 10 thousand times) than in Ukrainian, and

Table 1

The results of research of the quality of tobacco products of different brands, mg / kg

Names of tobacco products brands	Chemical elements					
	Cr	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb
Cigarettes «Kyiv»	0,056	18,446	6,457	128,84	1,9867	2,456
Cigarettes «LM»	0,038	10,7454	4,8835	88,137	0,8801	1,9645
Cigarettes «Parliament»	0,015	8,1234	10,1688	146,201	0,146	0,9645
Cigarettes «Nat Sherman»	0,00005	0,04	0,001	-	-	0,029



Cd is not determined at all. We can say that they are almost safe and do not adversely affect health. But the price of a pack in Ukraine is about \$ 25 (625 UAH), whether they are worth the money and whether to spend such funds on cigarettes, everyone decides for himself.

Carrying out experiments allowed us to stimulate the accumulative rows for visual operational analysis through the method of identification of the priority social associations in tobacco.

Cigarettes of the «Parliament» brand,  
mg / kg  
Mn (146,2) > Cu (10,2) > Zn (8,1) > Cr (0,015)  
> Cd (0,14) > Pb (0,9)

Cigarettes of the «LM» brand,  
mg / kg  
Mn (88,1) > Zn (10,74) > Cu (4,88) > Pb (1,96)  
> Cd (0,88) > Cr (0,038 )

Cigarettes of the « Kyiv » brand,

mg / kg  
Mn (128,84) > Zn (18,44) > Cu (6,46) >  
Pb (2,45) > Cd (1,98) > Cr (0,056)

Cigarettes of the «Nat Sherman» brand,  
mg / kg  
Zn (0,0362) > Pb (0,0290) > Cu (0,0010) >  
Cr (0,00005) > Cd (0)

An analysis of the accumulative series showed that the priority HM associations in cigarettes` tobacco of native brands have appeared Mn, Zn, Cu, otherwise Nat Sherman tobacco includes Zn,Cu and P. The first indicators of the concentration of HMs are identified in US cigars and the Cd is not marked. Unfortunately, the normative indicators for HMs have not been set in tobacco.

Paper quality. The results of studies on the determination of concentrations of heavy metals in cigarette paper has showed that in the paper of all types of cigarettes were found very small concentrations of only Zn and Mn (Table 2).

**Table 2**

**The results of research of the quality of tobacco products of different brands, mg / kg**

Names of tobacco products brands	Chemical elements					
	Cr	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb
Cigarettes «Kyiv» paper	0	0,0014	0	0,0005	0	0
Cigarettes «LM» paper	0	0,0006	0	0,0011	0	0
Cigarettes «Parliament» paper	0	0,0006	0	0,0004	0	0

For visual operational assessment of the obtained results, accumulative series were also constructed to determine the priority associations of heavy metals in the paper of cigarettes of Ukrainian brands.

Cigarettes of the «Parliament» brand,  
mg / kg  
Mn(0,0004) > Zn(0,0006) > Cr(0) –  
Cu(0) – Cd(0) – Pb(0)

Cigarettes of the «LM» brand,  
mg / kg  
Mn(0,0011) > Zn(0,0006) > Cr(0) –  
Cu(0) – Cd(0) – Pb(0)

Cigarettes of the « Kyiv » brand, mg / kg  
Zn(0,0014) > Mn(0,0005) > Cr(0) –  
Cu(0) – Cd(0) – Pb(0)

Analysis of accumulative series showed that the priority association of HM is Mn and Zn. The highest concentration of Zn was found in the paper of the cheapest cigarettes and it is 2 times more than in the paper of cigarettes of medium and high price category. The highest Mn was found in the paper of medium price cigarettes, which is 2 times more than in the paper of cigarettes of low and high price category. These Mn and Zn concentrations are so small that they can be neglected. And the concentrations of Cr, Cu, Cd, Pb of different price categories are not defined in the cigarette paper of cigarettes at all. Thus, to some extent it can be argued that the cigarette paper of the most popular brands of Ukraine of different price categories contains almost no heavy metals and can be considered safe.

**Quality filters.** When studying samples of filters of different types of cigarettes, it was

found that the cheapest cigarettes have only one conventional filter (without carbon) compared to cigarettes of medium and high price category. Medium and high price cigarettes use two filters: regular and charcoal. If we compare conventional filters, the content of Cr in the filters of cigarettes "LM" and "Parliament" is approximately the same, and in the filters of cigarettes of low price category – 1.5 times more; Zn content in the filters of expensive cigarettes is 2 times lower than in the filters of low-cost cigarettes and 20 times lower than in the filters of cigarettes of the middle price category. (Table 3) Cu content is the lowest in the

filters of the most expensive cigarettes. and 4 times more than the cheap ones. The content of Mn in the filters of the most expensive cigarettes is 6 times lower than in the filters of medium-cost cigarettes and almost 5 times lower than in the filters of cheap cigarettes. Cd content in all types of cigarettes is almost the same. The highest content of Pb was found in the filters of cigarettes of the middle price category, which is not much more than in the filters of expensive cigarettes and 2.5 times more than in the filters of the cheapest. And also for operative analytical assessment of

Table 3

The results of research on the quality of tobacco products of different brands, mg / kg

Names of tobacco products brands	Chemical elements					
	Cr	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb
Cigarettes «Kyiv» ordinary filter	0,0015	2,0064	0,1384	14,756	0,8045	0,0006
Cigarettes «LM» ordinary filter	0,0009	20,164	0,01678	18,135	0,6641	0,0015
Cigarettes «LM» charcoal filter	0,00104	0,0005	0,00012	10,145	0,0008	0,0004
Cigarettes «Parliament» ordinary filter	0,001	1,112	0,0064	3,1645	0,605	0,0012
Cigarettes «Parliament» charcoal filter	0,0009	0,00083	0,0001	5,1214	0,0001	0,00012

quality of filters of the Ukrainian cigarettes of a different price category and definition of priority associations of concentrations of HM in filters of these cigarettes accumulator series were constructed.

«Kyiv» cigarette filters,  
mg / kg

Mn (14.75)> Zn (2.006)> Cd (0.804)> Cu  
(0.1384)> Cr (0.0015)> Pb (0.0006)

«LM» cigarette filters,  
mg / kg

Mn (14.14)> Zn (10.082)> Cd (0.332)> Cu  
(0.0169)> Pb (0.0019)> Cr (0.00097)

«Parliament» cigarette filters,  
mg / kg

Mn (4.14295)> Zn (0.5564)> Cd (0.3)> Cu  
(0.003)> Cr (0.0019)> Pb (0.00066)

The analysis of accumulator series showed that the priority association of HMs accumulation in cigarette filters of different price categories is Mn, Zn, Cd, which have the highest concentrations, and chemical elements such as Cr, Pb, close the accumulator series and have the lowest concentrations. Studies have also shown a tendency to reduce the concentration of heavy metals depending on the cost of tobacco products – the higher the price of cigarettes, the lower the average concentration of HM in the filters.

### Conclusions

Smoking is a socio-environmental problem that is familiar to mankind for centuries. Among the negative consequences: the direct impact of tobacco smoke on human health, passive smoking of those who are close to the smoker, the environmental problem – significant amounts of unused cigarette butts.

Compounds in tobacco smoke, heavy metals, cause serious damage to the body and can be fatal.

Research on the quality and environmental safety of the components of tobacco cigarettes, cigarette paper and filters of three popular and affordable domestic brands of

cigarettes of different price categories "Kyiv", "LM", "Parliament" and elite American cigarettes "Nat Sherman". During the experiment, the concentration of Cr, Zn, Cu, Mn, Cd, Pb in the tobacco, filters and paper of these cigarettes was determined.

According to research, there is a tendency to improve the quality depending on the price, the higher the price, the better the quality of tobacco products. Thus, in most indicators of HM concentrations in tobacco, filters and paper. Parliament cigarettes are better than their domestic counterparts – Kyiv. "LM", this is especially

evident when comparing the concentrations of the most toxic heavy metals Cd and Pb, the concentration of which is 7–10 times lower.

Tobacco of American cigarettes "Nat Sherman" turned out to be much better than in "Parliament", and the concentration of heavy metals is tens and hundreds of times lower, and Cd was not detected at all.

So, it is safe to say that the quality of cigarettes directly depends on the price, and whether you need to spend 50 or even 500 UAH (Nat Sherman) to smoke, everyone decides for himself.

### Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this manuscript. In addition, the ethical issues, including plagiarism, informed consent, misconduct, data fabrication and/or falsification, double publication and/or submission, and redundancies have been completely observed by the authors.

### References

1. Lebed, R. O. (2014). The number of smokers in the world is approaching a billion. *Air Force Ukraine*. 5–6 (in Ukrainian).
2. Bugaenko, V. (2018). Through tobacco smoke into history. *The center of tourism and adventure Kherson*. (26), 2-8 (in Ukrainian).
3. Myshkin, K. K. & Vasyukha, O. V. Ecological safety of consumer goods - the quality of tobacco products. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium SVED2020: Sustainable development status and prospects*. Lviv-Slavske, 2020, 2-15 December (p. 207). Lviv, Lviv Polytechnic National University (in Ukrainian).
4. Brovinskaya, M. (2019). To dispel smoke: how the Ukrainian cigarette market works. Retrieved from [https://project.liga.net/projects/cigarette\\_market1/](https://project.liga.net/projects/cigarette_market1/) (in Ukrainian).
5. In Ukraine, nearly a quarter of the population smokes. Delo.ua Retrieved from <https://delo.ua/economyandpoliticsinukraine/v-ukraine-pochti-chetvert-naselenija-kurit-issle-347877/>.
6. Musiyezdov, O. O., Lisovenko, D. O. (2015). Features environmental awareness Ukraine. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 23(1-2), 129-133. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/3913> (in Ukrainian).
7. Titenko, A. V. & Shyrokostup, S. M. (2017). Approaches to the solution of solid waste disposal in the system of ecological management of territories. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 27(1-2), 136-142. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/9180> (in Ukrainian).
8. Nekos, A. N., Vasyukha, O. V. & Myshkin K. K. (2019). Human ecology - factors influencing health. *Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference: Information systems and technologies in medicine*, Kharkiv, 2019, February 28–29 (pp. 94). Kharkiv: National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute" (in Ukrainian).
9. Bugaenko, V. (2018). Through tobacco smoke into history. *The center of tourism and adventure Kherson*. (26), 2–8.
10. Andreeva, T. I. & Krasovsky K. S. (2004). *Tobacco and health*. Kiev: Polygraph Center TAT. Retrieved from [http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/1238/Andreeva\\_Krasovsky\\_Tobacco%20and%20Health.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/1238/Andreeva_Krasovsky_Tobacco%20and%20Health.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (in Russian).
11. Kremis, I. S., Bukreeva E. B., Gereng, E. A., Boyarko, V. V., Bulanova, A. A., & Zenger, G. V. (2018). Morphometric characteristics of microvasculature vessels of the bronchial tree in smokers with and without chronic obstructive pulmonary disease. *The Siberian medical journal*, 33(1). 53–54. Retrieved from <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2018-33-1-79-85> (in Russian).
12. Zakharova I. A. (2015). The effect of smoking on the ventilation function of the lungs at a young age. *Clinical medicine*, 93(3), S. 44–48. Retrieved from <http://www.medlit.ru/journalsview/clinicalmedicine/view/journal/2015/issue-3/339-vliyanie-kureniya-na-ventilyacionnyu-funkciyu-legkih-v-molodom-vozraste/> (in Russian).
13. Bobko, O. O. & Usata V. Ya. (2011). Research of the influence of tobacco smoking on the body of VNTU students. *Proceedings of "III All-Ukrainian Congress of Ecologists with International Participation"*.

- Vinnytsia, 2011. 2, 706–709. Retrieved from <http://eco.com.ua/content/doslidzhennya-vplivu-tyutyunopalynnya-na-organizm-studentiv-vntu> (in Ukrainian).
14. Vankovich S. Smoking or a healthy future? Retrieved from <http://epl.org.ua/pravo/klinichna-programa/doslidzhennya/>
  15. Vasyukha, O.V. & Myshkin, K. K. Ecological safety and quality of cigarette filters. *Proceedings of the international scientific conference of young scientists: Ecology, neo-ecology, environmental protection and sustainable use of nature*, Kharkiv, 2019, November 28-29 (pp. 129-130). Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv National University (in Ukrainian).
  16. Nekos, A. N., Mishkin, K. K. & Vasyukha, O. V. (2020). Ecological safety of consumer goods on the example of tobacco products. *Materials of the All-Ukrainian competition of student scientific works*, Poltava, 2020, March 18–20 (p.44). Poltava, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (in Ukrainian).
  17. Passive smoking: how tobacco smoke "kills" people's health. (2019). Institute of Education. Retrieved from [https://24tv.ua/pasivne\\_kurinnya\\_yak\\_tyutyunoviy\\_dim\\_vbivaye\\_zdorovya\\_lyudey\\_n1123735](https://24tv.ua/pasivne_kurinnya_yak_tyutyunoviy_dim_vbivaye_zdorovya_lyudey_n1123735) (in Ukrainian).
  18. Sereda, S. (2019). Smoke is an invisible killer ": why is passive smoking a health risk ?. *Radio Liberty*. Retrieved from <https://www.radiosvoboda.org/a/pasyvne-kurinnia-ryzyk-dlia-zdorovja/29836738.html>
  19. Is passive smoking harmful?(2020). Докторпро+ <https://doctorpro.ua/uk/articles/chi-shkidlive-pasivne-kurinnya> (in Ukrainian).
  20. Dzubailo, A. V. (2006). Psychology of the treatment process of nicotine addiction in smokers with chronic obstructive pulmonary disease. *Bulletin of SamsU*. 4–5 (in Russian).
  21. Nekos A. N. & Garbuz A. G. (2012). Ecological assessment of environmental objects and food products. Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv National University (in Russian).

Надійшла до редколегії 05.05.2020

Прийнята 22.05.2020

UDC 504+628.381.1

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-33-12>

**YE. V. SKRYLNYK<sup>1</sup>**, DSc (Agriculture), **N. V. MAKSYMENKO<sup>2</sup>**, DSc (Geography), Prof.,  
**YA. S. RYZHKOVA<sup>1</sup>**, PhD (Agriculture), **N. I. CHERKASHYNA<sup>2</sup>**, **P. A. DOBRONOS<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *National Scientific Center «O. N. Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry Research»*  
st. Tchaikovsky, 4, 61024, Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup> *V. N. Karazin Kharkiv National University*  
Svoboda Square, 6, 61022, Kharkiv, Ukraine

e-mail: [orgminlab@gmail.com](mailto:orgminlab@gmail.com)  
[nadezdav08@gmail.com](mailto:nadezdav08@gmail.com)  
[orgminlab@gmail.com](mailto:orgminlab@gmail.com)  
[n.cherka@gmail.com](mailto:n.cherka@gmail.com)  
[dobronos.pavlo@gmail.com](mailto:dobronos.pavlo@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8642-8547>  
<http://orcid.org/0000-0002-7921-9990>  
<https://orcid.org/0000-0002-4066-2530>

## **AGRO-ENVIRONMENTAL RATIONALE OF SEWAGE SLUDGE PROCESSING AND APPLICATION**

Conservation agriculture is becoming a priority for Ukraine as well as for many countries of the world. It is a known fact that high content of heavy metals in the soil impairs fertility and carries the risk of crops translocation. An agroecological effect of obtaining and applying organic-mineral fertilizers has been insufficiently studied so far.

The **purpose** of the work is to determine possibilities to produce new organic-mineral fertilizers based on sewage sludge with enhanced adsorbing properties, to establish their agroecological efficiency.

**Methods.** Field, laboratory-analytical, statistical-mathematical.

**Results.** From the agroecological point of view, the production process of organic-mineral fertilizers based on the sewage sludge of Kharkiv is justified. It allows us to expand functional capabilities of reagents, enhancing adsorbing properties of heavy metals. It is proved the advantage of organic-mineral fertilizers over the traditional ones on chernozem typical. After fertilization, the content of total carbon in the soil increased, the content of humic acids increased by 1,5 – 2,8 times, fulvic acids – by 1,1 – 1,7 times, the total sum of humic substances – by 1,3 – 2,1 times compared with no fertilizer option. It is established that application of organic-mineral fertilizers promotes blocking of heavy metals in soil and prevents translocation to plant. Maximum yields of corn were obtained after the local application of granular organic-mineral fertilizers – the yield increase was 41% compared to the control, after introduction of bulk fertilizers – 32% compared to the control. Profit was \$ 23 -36 per hectare.

**Conclusions.** The process of organic-mineral fertilizers production on the basis of sewage sludge in Kharkiv is substantiated from the agro-ecological point of view. Agroecological and agrochemical efficacy of sewage sludge use as compared to organic and mineral fertilizers applied in equivalent doses separately was established on the typical heavy loam chernozem. After introduction of organic-mineral fertilizers based on sewage sludge a significant increase in the concentration of trace elements and heavy metals was found in the black soil but these indicators did not exceed the established maximum permissible concentrations. The implementation of the proposed technology will reduce bioavailability of heavy metals and their mobility in the soil which, in turn, impedes their accumulation in products. It is expected to increase soil fertility, crop yields and obtain environmentally friendly and safe products due to the stable composition of innovative fertilizers.

**KEYWORDS:** efficiency, heavy metals, organo-mineral fertilizers, plant, soil

Скрильник Є. В.<sup>1</sup>, Максименко Н. В.<sup>2</sup>, Рижкова Я. С.<sup>1</sup>, Черкашина Н. І.<sup>2</sup>, Добронос П. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

<sup>2</sup>Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна,

### АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

Екологізація землеробства стає пріоритетним напрямком його розвитку в Україні та у багатьох країнах світу. Відомо, що надмірна кількість у ґрунті важких металів погіршує родючість та несе ризик транслокації у рослинницьку продукцію. Вкрай недостатньо досліджень, спрямованих на одержання та застосування органо-мінеральних добрив, які мають агроекологічний ефект.

**Мета.** Визначити можливості одержання нових органо-мінеральних добрив на основі осадів стічних вод з підвищеними адсорбуючими властивостями, встановити їхню агроекологічну ефективність та надати рекомендації щодо екологобезпечного застосування у сільському господарстві.

**Методи.** Польовий, лабораторно-аналітичний, статистично-математичний.

**Результати.** З агроекологічної точки обґрунтовано зору процес виробництва органо-мінеральних добрив на основі осадів стічних вод м. Харкова, який дає змогу розширити функціональні можливості реагентів з посиленням адсорбуючих властивостей до важких металів. На чорноземі типовому встановлено агроекологічну та агрохімічну ефективність органо-мінеральних добрив. Доведено перевагу органо-мінеральних добрив перед традиційними добривами. Після внесення добрив збільшився вміст загального вуглецю в ґрунті, вміст гумінових кислот збільшився у 1,5 - 2,8 рази, фульвокислот – у 1,1 – 1,7 рази, сума гумусових речовин – у 1,3 – 2,1 рази порівняно з варіантом без внесення добрив. Після внесення органо-мінеральних добрив розширюється співвідношення С<sub>гк</sub>/С<sub>фк</sub> і зростає ступінь гуміфікації. Встановлено, що внесення органо-мінеральних добрив, завдяки підвищеному вмісту в їхньому складі гумінових і фульвокислот, сприяє блокуванню важких металів у ґрунті та перешкоджає транслокації у рослинницьку продукцію. Максимальні врожаї кукурудзи одержано після локального внесення гранульованих органо-мінеральних добрив – приріст урожаю становив 41 % порівняно з контролем, після внесення сипучої форми добрив – 32 % порівняно з контролем Чистий прибуток становив від 534 до 848 грн. з 1 га. Розроблені рекомендації щодо виробництва органо-мінеральних добрив та їх застосування у сільському господарстві, важливо, у першу чергу, впровадити на комплексі біологічної очистки «Безлюдівський».

**Висновки.** Обґрунтовано з агроекологічної точки зору процес виробництва органо-мінеральних добрив на основі осадів стічних вод м. Харкова. На чорноземі типовому важкосуглинковому встановлено агроекологічну та агрохімічну ефективність застосування органо-мінеральних добрив порівняно з органічними і мінеральними добривами, які вносили в еквівалентних дозах окремо. Доведено перевагу органо-мінеральних добрив перед традиційними добривами. Встановлено, що внесення органо-мінеральних добрив, завдяки підвищеному вмісту у їх складі гумінових і фульвокислот і органічної речовини, сприяє блокуванню важких металів у ґрунті та перешкоджає їхньому накопиченню у рослинницької продукції. За рахунок стабілізованого складу інноваційного добрива очікується підвищення родючості ґрунту, урожайності культур та отримання екологічно чистої і безпечної продукції, тобто мають агроекологічний ефект.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ефективність, важкі метали, органо-мінеральні добрива, рослина, ґрунт

Скрильник Є. В.<sup>1</sup>, Максименко Н. В.<sup>2</sup>, Рижкова Я. С.<sup>1</sup>, Черкашина Н. І.<sup>2</sup>, Добронос П. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені А. Н. Соколовського», вул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, площадь Свободы, 6, г. Харьков, Украина, 61022

### АГРОЕКОЛОГІЧЕСЬКЕ ОБОСНОВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРАБОТКИ І ПРИМЕНЕННЯ ОСАДКІВ СТОЧНИХ ВОД

Екологізація землеробства становить пріоритетним напрямком його розвитку в Україні і во многих странах мира. Известно, что избыточное количество в почве тяжелых металлов ухудшает плодородие и несет риск транслокации в растениеводческую продукцию. Крайне недостаточно исследованной, направленных на получение и применение органо-минеральных удобрений, которые имеют агроэкологический эффект.

**Цель.** Определить возможности получения новых органо-минеральных удобрений на основе осадков сточных вод с повышенными адсорбирующими свойствами, установить их агроэкологическую эффективность и дать рекомендации по экологобезопасному применению в сельском хозяйстве.

**Методы.** Полевой, лабораторно-аналитический, статистическо-математический.

**Результаты.** С агроэкологической точки зрения обоснованно процесс производства органо-минеральных удобрений на основе осадков сточных вод г. Харькова, который позволяет расширить функциональные возможности реагентов с усилением адсорбирующих свойств к тяжелым металлам. На черноземе типичном установлено агроэкологическую и агрохимическую эффективность органо-минеральных удобрений. Доказано преимущество органо-минеральных удобрений перед традиционными удобрениями. После внесения удобрений увеличилось содержание общего углерода в почве, содержание гуминовых кислот увеличилось в 1,5 – 2,8 раза, фульвокислот – в 1,1 – 1,7 раза, сумма гуминовых веществ – в 1,3 – 2,1 сравнительно с вариантом без внесения удобрений. После внесения органо-минеральных удобрений расширяется соотношение  $C_{гк}/C_{фк}$  и возрастает степень гумификации. Установлено, что внесение органо-минеральных удобрений, благодаря повышенному содержанию в их составе гуминовых и фульвокислот, способствует блокированию тяжелых металлов в почве и препятствует транслокации в растениеводческую продукцию. Максимальные урожаи кукурузы получено после локального внесения гранулированных органо-минеральных удобрений - прирост урожая составил 41% по сравнению с контролем, а после внесения сыпучей формы удобрений – 32% по сравнению с контролем. Чистая прибыль составила от 534 до 848 грн. с 1 га. Разработаны рекомендации по производству органо-минеральных удобрений и их применение в сельском хозяйстве. Важно, в первую очередь, внедрить на комплексе биологической очистки «Безлюдовский».

**Выводы.** Обоснованно с агроэкологической точки зрения процесс производства органо-минеральных удобрений на основе осадков сточных вод г. Харьков. На черноземе типичном тяжелосуглинистом установлено агроэкологическую и агрохимическую эффективность применения органо-минеральных удобрений по сравнению с органическими и минеральными удобрениями, которые вносили в эквивалентных дозах отдельно. Доказано преимущество органо-минеральных удобрений перед традиционными удобрениями. Установлено, что внесение органо-минеральных удобрений, благодаря повышенному содержанию в их составе гуминовых и фульвокислот и органического вещества, способствует блокированию тяжелых металлов в почве и препятствует их накоплению в растениеводческой продукции. За счет стабилизированного состава инновационного удобрения ожидается повышение плодородия почвы, урожайности культур и получения экологически чистой и безопасной продукции, то есть имеют агроэкологический эффект.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** эффективность, тяжелые металлы, органо-минеральные удобрения, растение, почва

### *Introduction*

Soil cover is one of the major environmental components that performs vital functions of the biosphere. Soils are the main means of agricultural production. They regulate composition of atmospheric air, the quality of surface and groundwater, being the habitat of most living organisms on the land surface, providing favorable environment for humans. It is known that the loss of soil fertility deprives plants of the ecological basis for their existence. Restoration of degraded soils is the preservation of the ecology of the territory, upset by man as a result of irrational economic activity [1, 2, 3]. Greening of agriculture is becoming a priority area of its development in Ukraine and in many countries of the world, connected with increasing anthropogenic impact on the environment and human health [4, 5]. One of the results of human activity is soil contamination with heavy metals (HM) [6, 7]. It has been determined that excessive amount of HM in the soil worsens physical, physical-chemical, microbiological and agrochemical properties, increasing the content of HM in plant production [8, 9, 10].

Due to this situation, rational use of various natural raw materials (sapropel, peat) and waste of organic origin (first of all, avian manure, cattle manure, sewage sludge, etc.) and production on their basis of composts and complex organic-mineral fertilizers (OMFs) with high adsorption properties is necessary [11, 12, 13, 14, 4]. A lot of attention has been paid in current literature to sewage sludge due to its increasing amount and problem with its disposal. Many researchers reported positive effects of using sewage sludge in agriculture [15, 16]. The importance of sewage sludge as a valuable source of matter and energy has been appreciated, as well as a potential risk related to the application of those strategies [17]. Research on the scientific and practical substantiation of sewage sludge (SS) processing into complex organic-mineral fertilizers (OMFs) with increased adsorption properties and their application in agricultural production, given the current state of soils in Kharkiv region, is relevant. The use of these fertilizers will help increase the crops productivity,

improve their quality by reducing incoming heavy metals into plant products, preserving soil fertility, decreasing environmental pollution by toxicants. The purpose of the work is to determine possibilities to obtain new organic-mineral fertilizers based on sewage sludge with enhanced adsorbing properties, to establish their agroecological efficiency and to make recommendations for environmentally safe application

in agriculture. The research was conducted in 2018 (technological and part of laboratory experiments) and in 2019 (field experiment) at the National Scientific Center "O.N. Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry Research" in the laboratory of organic fertilizers and humus (Certificate of compliance of the measurement system with the requirements of DSTU ISO 10012: 2005 No. 01-0104 / 2017).

### Materials and methods

Model-technological experiments were carried out on the working hypothesis of obtaining fertilizers of prolonged action by physical-chemical and chemical interaction of components of different origin to obtain OMFs on the basis of SS, to reduce nutrient losses, increase the content of humic substances (humic and fulvic acids) to enhance the adsorption properties of new fertilizers [18]. The algorithm for calculation of OMFs production by individual technological stages is given in the schemes and Eqs. 1 to 7.

Step 1. Quality control → Organic raw materials (sewage sludge, peat) → Conditioning and synchronization of the mixture with mineral and organic components → Calculation of the number of source components:

#### Mineral fertilizers

$$N = \frac{N_X}{C_N} \cdot 100 - N_C, \quad (1)$$

$$P = \frac{P_X}{C_P} \cdot 100 - P_C, \quad (2)$$

$$K = \frac{K_X}{C_K} \cdot 100 - K_C, \quad (3)$$

#### Organic component

$$O = 1000 - N - P - K - N_C - P_C - K_C, \quad (4)$$

Step 2. Managed aero-composting of organic-mineral mixture → Enrichment by a starting complex of nutrients → Calculation of quantity of starting components for enrichment of nutrients starting complex

Step 3. Quality control → Calculation of total nutrient content in the final fertilizer:

$$N_Z = \frac{O \cdot O_N}{100} + \frac{N \cdot C_N}{100} + \frac{N_C \cdot C_N}{100}, \quad (5)$$

$$P_Z = \frac{O \cdot O_P}{100} + \frac{P \cdot C_P}{100} + \frac{P_C \cdot C_P}{100}, \quad (6)$$

$$K_Z = \frac{O \cdot O_K}{100} + \frac{K \cdot C_K}{100} + \frac{K_C \cdot C_K}{100}, \quad (7)$$

where:  $N$  is the physical mass of nitrogen fertilizers for the main complex, kg;

$P$  – physical mass of phosphorus fertilizers for the main complex, kg;

$K$  – physical mass of potassium fertilizers for the main complex, kg;

$O$  – physical mass of the organic component (kg);

$N_X$  – the planned content of nitrogen active substance of mineral fertilizers in 1 ton of final fertilizer, kg;

$P_X$  – the planned content of active phosphorus substance of mineral fertilizers in 1 t of final fertilizer, kg;

$K_X$  – the planned content of the active substance of potassium mineral fertilizers in 1 ton of final fertilizer, kg;

$C_N$  – content of nitrogen active substance in nitrogen fertilizers, %;

$C_P$  – content of active substance of phosphorus in phosphorus fertilizers, %;

$C_K$  – content of potassium active substance in potassium fertilizers, %;

$N_C$  – physical mass of nitrogen fertilizers for the starting complex, kg;

$P_C$  – physical mass of phosphorus fertilizers for the starting complex, kg;

$K_C$  – physical mass of potash fertilizers for the starting complex, kg;

$N_Z$  – total content of nitrogen active substance in 1 ton of final fertilizer, kg;

$P_Z$  – total content of active substance of phosphorus in 1 ton of final fertilizer, kg;

$K_Z$  – total content of the active substance of nitrogen in 1 t of the final fertilizer, kg;



$O_N$  – content of active ingredient nitrogen of organic component in 1 ton of final fertilizer, kg;

$O_P$  – content of active ingredient of organic phosphorus component in 1 t of final fertilizer, kg;

$O_K$  – content of active ingredient of organic potassium component in 1 ton of final fertilizer, kg;

$C$  – is the proportion of starting active substance in the total mass of active substance of the corresponding element (%);

100 – conversion rate from percent to kilograms;

1000 – OMFs mass, which is being calculated, kg.

SS from the biological treatment complex "Bezlyudivsky" in Kharkiv, lowland peat, liquid mineral fertilizers (technical ammonia water, liquid complex fertilizers) were used in the research. Doses of SS and fertilizers application were calculated according to accepted methods, taking into account the reduction of pollution by heavy metals, without disturbing the balanced nutrition of plants.

Agro-ecological efficiency of OMFs activity was studied on the basis of sewage sludge using different methods of application of corn on silage, production quality, elements of soil fertility and new fertilizers' impact on the processes of heavy metals transformation in the system of fertilizer – soil – plant at Slobozhans'kyi experimental field» O. N. Sokolovsky Institute of Science and Technology in field experience according to the following scheme:

*Scheme of the experiment*

1. Without fertilizers (control)
2. Organic Component (SS) – Scattered (Comparison Option) at  $N_{60}$  dose
3. Organic component (SS) – locally (comparison option) at a dose of  $N_{60}$
4. OMFs – dose rate calculation based on  $N_{60}P_{60}K_{60}$
5. OMFs – locally at a dose of  $N_{60}P_{60}K_{60}$
6. NPK Mineral Fertilizer – Scattered (Comparison Option) at a Dose of  $N_{60}P_{60}K_{60}$
7. NPK mineral fertilizer – locally (comparison option) at a dose of  $N_{60}P_{60}K_{60}$

The experiment repeated – 4 times. The size of the accounting area – 10 m<sup>2</sup>.

Soil – chernozem typical heavy-loam with total nitrogen content – 0.23 – 0.27%, total phosphorus – 0.20 – 0.24%, mobile forms of phosphorus – 58.6, potassium – 88.9 mg/kg soil, nitrogen in mineral form – 22.0 mg/kg of soil, pH – 6.8.

The dose of sewage sludge according to the content of heavy metals was calculated by Eq. 8 [19].

$$N_{mm} = ((MPC - F) \times 3 \times 10^3) / C, \quad (8)$$

where:  $N_{mm}$  is the SS dose by HM content, t/ha; MPC – maximum permissible concentration of metal in soil, mg/kg; F – background content of metal in soil, mg/kg;  $3 \times 10^3$  – mass of arable soil, t/ha; C – metal content in SS, mg / kg.

Analyses of soil, plants, sewage sludge, lowland peat and organic-mineral fertilizers on their basis were performed according to the current regulatory documents, namely: the mass fraction of moisture was determined by gravimetric method according to DSTU ISO 11465 [20]; determination of the reaction of the medium (pH) according to DSTU ISO 10390 [21]; mass fraction of total carbon was determined oxidimetrically according to DSTU 4289 Soil quality [22]; group and fractional composition of humus according to the method of I.V. Tyurin in the modification of V.V. Ponomareva and T.A. Plotnikova according to DSTU 7828 [23]; mass fractions of moving compounds of trace elements and heavy metals– by atomic absorption method on a Saturn-4 spectrophotometer according to DSTU 4770.1– DSTU 4770.9 [24-27]; the total mass fraction of nitrogen and mass fraction of ammonium nitrogen according to DSTU 7911 [23]; phosphate mass fraction according to DSTU ISO 5316 (DSTU, 2003); mass fraction of total potassium according to DSTU 7949 [28]; mass particles of trace elements and heavy metals by atomic emission spectrometry according to DSTU ISO 11885 [22]; mass particles of common forms of nitrogen, phosphorus, potassium according to MVB 31-497058-019. The results obtained during the research were processed by methods of mathematical statistics using standard programs Excel and Statistica 6.0.

**Results and discussion**

Scientific research has shown as significant agro-potential of sewage sludge to be used in

agricultural production. Positive SS effect on agrochemical, biological, water-physical, physi-

cal-chemical parameters in different soils has been established [29]. The high content of organic matter in sediment contributes to the increase in humus reserves while improving its quality in the soil, as well as carbon sequestra-

tion, which will favourably influence the environment. The agrochemical composition of SS from the biological treatment complex "Bezlyudivsky" in Kharkiv is shown in Table 1.

**Table 1**

**Agrochemical composition of SS from the complex of biological treatment "Bezlyudivsky" in Kharkiv**

№	Index	Actual content,% on dry matter			
		1	2	3	Average
1	Dry matter	45,56	42,21	44,39	44,05
2	Organic matter	57,25	54,36	52,11	54,57
3	Total carbon, C <sub>total</sub>	21,44	22,01	22,54	21,99
4	Total nitrogen, N	2,95	2,84	3,24	3,01
5	Total phosphorus, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,53	4,97	4,75	4,42
6	Total potassium, K <sub>2</sub> O	0,20	0,27	0,22	0,23
7	pH	6,4	6,7	6,5	6,5

It has been found that the content of organic matter in the SS is 54% on average, the total basic nutrients of plants is 7.66%. It should be noted that this waste is characterized by a low content of potassium, its content is only 3% of the amount of nutrients. In general, the investigated sewage sludge meets the requirements of the current DSTU 7369 [19] according to agrochemical parameters. It is known that the main factor limiting the use of sludge for fertilizer crops is the content of heavy metals [24 – 27]. According to the results of analytical work, it has been found that the content of heavy metals and trace elements does not exceed the permissible concentrations

in the studied sediments from the biological treatment complex "Bezlyudivsky" in Kharkiv (Table 2).

Model-technological work to obtain OMFs on the basis of SS was carried out in laboratory conditions. To obtain organic fertilizers, the starting components were mixed in appropriate proportions. According to the calculation, the initial composition was as follows: sewage sludge 70%, lowland peat 20%, ammonia water 5%, and liquid mineral fertilizers 5%. Agroecological and agrochemical evaluation of OMFs after composting are shown in Table 3.

**Table 2**

**Agroecological evaluation of SS on the content of trace elements and heavy metals in Kharkiv and compliance with normative requirements DSTU 7369 [19]**

S.№	Index	Content (mg/kg)				Valid values for SS DSTU 7369		
		1	2	3	Average	Group 11	Group 22	Group 33
1	Co	7,63	8,02	7,97	7,87	5-20	20-50	50-100
2	Cu	712,33	720,81	734,93	722,69	100-300	300-700	700-1500
3	Mn	611,05	621,54	629,75	620,78	250-750	750-1500	1500-2000
4	Ni	59,45	62,78	61,98	61,38	50-75	75-150	150-200
5	Zn	1096,77	1091,05	1100,92	1096,25	300-1000	1000-2000	2000-2500
6	Pb	5,95	6,54	6,09	6,19	100-200	400-600	600-750
7	Cd	14,07	15	14,72	14,59	3-5	5-15	15-30
8	Cr	60,12	58,68	59,66	59,48	100-400	400-600	600-750

1. Use (or production of compost) in doses adequate to standard fertilizers
2. Use at a dose of 3-4 t / ha annually or no more than 10 t / ha every three years
3. Use at a dose of 5-6 t / ha on dry matter once every 5 years with mandatory control of the background content of the elements in the soil.

Table 3

Agroecological and agrochemical evaluation of OMFs on the basis of SS

S.№	Index	Actual content on dry matter
1.	Dry matter (%)	51,56
2.	Organic matter (%)	79,27
3.	Humic acids (%)	5,88
4.	Fulvic acids (%)	2,74
5.	Humus substances (%)	8,62
6.	Total nitrogen, N (%)	4,84
7.	Total phosphorus, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	4,75
8.	Total potassium, K <sub>2</sub> O (%)	4,57
9.	Cu (mg/kg)	826,55
10.	Fe (mg/kg)	18004,0
11.	Mn (mg/kg)	731,95
12.	Zn (mg/kg)	1112,15
13.	Ni (mg/kg)	53,78
14.	Pb (mg/kg)	7,05
15.	Cd (mg/kg)	11,15
16.	Cr (mg/kg)	59,50
17.	pH	6,9

It has been established that after aerobic composting and activation of organic peat with nitrogen-containing compounds in the OMFs the content of humic substances (humic and fulvic acids) increased significantly. This fact indicates an increase in the adsorption properties of the new fertilizer to block the flow of heavy metals to crop production and complex formation in the soil. In the field experiment on heavy-loam typical chernozem we have established agrochemical and agro-ecological effectiveness of OMFs on the basis of SS in Kharkiv on soil fertility elements, corn yield on silage

and output quality. The advantages of OMFs were compared with traditional mineral fertilizers and SS, which were introduced separately. Maximum yields of corn silage were obtained after the local application of granular OMFs - the yield increase was 11,7 t / ha or 41% compared to the control, after introduction of bulk fertilizers – 9,0 t / ha or 32% compared to the control (Table 4 ).

After introduction of the initial SS, the yield of corn silage in the spread-out way was 30, 4 t / ha or 7% compared to the control, in local application – 32,5 t / ha or 16%. After

Table 4

Effectiveness of OMFs based on SS on the yield of corn silage

S.№	Variant	Yield (t/ha)			Average yield (t/ha)	Increase in control	
		1	2	3		t/ha	%
1	Without fertilizers (control)	25,8	29,6	29,5	28,3	-	-
2	SS	27,7	31,8	31,7	30,4	2,1	7
		28,8	34,3	34,3	32,5	4,2	15
3	OMFs loose	30,3	38,4	38,1	35,6	7,3	26
		31,1	39,2	41,5	37,3	9	32
4	OMFs granular	31,2	34,6	41,8	35,8	7,5	26
		37,7	37,6	44,8	40	11,7	41
5	NPK	27,9	32,9	36,6	32,5	4,2	15
		32,8	35	38,6	35,5	7,2	25

Note: Above the line – spread of fertilizer; under the line - fertilizing locally

fertilizer application, the yield of corn silage was at the level of 4,2 to 7,2 t / ha or 15 - 25%. In a field experiment, it has been found that the introduction of OMFs on the basis of SS actively affects the transformation of humus qualitative composition in typical chernozem (Table 5).

Application of organic-mineral fertilizers based on sewage sludge has been found to significantly increase the content of organic matter and improve its qualitative composition in the upper layer of typical chernozem. After fertilization, the content of total carbon in the soil increased, the content of humic acids increased by 1,5 – 2,8 times, fulvic acids - by 1,1 – 1,7 times, the total sum of humic substances - by 1,3 – 2,1 times compared with no fertilizer option. After OMFs introduction, the ratio of *Thc/Tfc* expands and the degree of humification increases.

These processes are primarily due to the organic component contained in the fertilizers. They indicate that the fertilizers have good adsorbing properties with respect to the pollutants and, therefore, are of agro-ecological value. The use of sewage sludge and fertilizers on their basis is limited by the content of heavy metal salts in their composition. However, it is known that the main thing is not the presence of the element, but its concentration. Copper, cobalt, zinc, manganese are classified as heavy metals, but their role is very important in shaping crop yields and product quality. Soil is not always a complete source of trace elements for plants. Thus, the content of these elements in fertilizers is considered a positive factor. However, the use of sewage sludge and fertilizers

based on it in crop production involves a monitoring system of heavy metals accumulation in soil and products. In the field experiment we determined the OMFs effect based on SS on the content of mobile forms of trace elements and heavy metals in the typical chernozem (content after application Locally; denominator – content after Scattering) (Table 6).

In plants, the accumulation of heavy metals depends on many factors: biological features of species (their ability to transform metal compounds into a physiologically inactive state), the content of organic matter in the soil and its quality, the reaction of soil solution, soil buffer, etc.

The effects of long-term application of sewage sludge on metal distribution in the soil profile, the response of crop yields, and the bioavailability of metals were reviewed, using results from field trials. It has been established that introduction of OMFs based on SS did not inhibit the growth and development of maize plants. The content of trace elements and heavy metals in the corn silage did not exceed maximum permissible levels in coarse and juicy feeds for farm animals (Table 7).

Agrochemical measures must be economically viable and energy-justified in agriculture. After application of bulk organic fertilizers in corn on silage, a conditionally net profit was obtained from UAH 694 to 822 per 1 ha, granular fertilizers – at the level of UAH 534 – 848 per 1 ha. At local application of organic-mineral fertilizers net income was 1.2 – 1.6 times higher than the application of fertilizers in spread. The review (Huang and Yuan, 2016)

**Table 5**  
Changes in quality indicators of humus of black soil typical under the influence of OMFs based on SS

S.№	Variant	C <sub>total</sub> (%)	Humic acids, %	Fulvic acids, %	Humines, %	Total humic and fulvic acids, %	Thc/Tfc
1	Without fertilizers (control)	1,75	0,61/1,09	0,81/1,70	0,33	1,42/2,79	0,7
2	SS	2,22	1,03/1,85	0,89/1,87	0,3	1,92/3,72	1,2
3	OMFs loose	3,48	1,71/3,08	1,36/2,86	0,41	3,07/5,94	1,3
4	OMFs granular	2,6	0,92/1,66	0,92/1,93	0,76	1,84/3,59	1
5	NPK	1,52	0,31/0,56	0,78/1,64	0,43	1,09/2,20	0,4

Note: Before the line - carbon content, after the line - content of the substance

Table 6

The content of mobile forms of microelements and heavy metals in the chernozem typical after local application of OMFs on the basis of SS

S.№	Variant		Content , mg/kg in soil							
			Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
1	Without fertilizers (control)		0,06	0,47	0,69	0,35	45,72	0,66	0,44	0,98
2	SS	Locally	0,17	0,58	0,79	0,44	47,34	0,88	0,54	1,65
		Scattering	0,15	0,53	0,77	0,41	47,36	0,81	0,58	1,69
3	OMFs loose	Locally	0,1	0,59	0,74	0,38	54,73	0,75	0,41	1,82
		Scattering	0,09	0,54	0,77	0,36	53,82	0,73	0,42	1,9
4	SS granular	Locally	0,08	0,51	0,72	0,37	58,36	0,77	0,4	1,72
		Scattering	0,07	0,5	0,8	0,36	57,39	0,8	0,45	1,77
5	NPK	Locally	0,05	0,32	0,5	0,29	40,03	0,55	0,3	0,91
		Scattering	0,04	0,41	0,55	0,38	41,42	0,5	0,38	0,92
6	HIP <sub>05</sub>	Locally	0,03	0,1	0,02	0,01	1,1	0,12	0,05	0,21
		Scattering	0,02	0,09	0,05	0,02	1,6	0,13	0,03	0,19
7	MPC (mg/kg) in soil		-	5	6	3	-	4	6	37

Table 7

Effect of OMFs based on SS on the content of microelements and heavy metals in corn silage (content after application Locally; denominator - content after Scattering)

S.№	Variant		Content, mg/kg of dry substance, average from 3 repetitions						
			Cu	Fe	Zn	Ni	Co	Cd	Pb
1	Without fertilizers (control)		5,8	34,9	5,5	0,7	0,45	0,09	0,56
2	SS	Locally	10,64	50,54	20,64	2,95	0,95	0,63	3,21
		Scattering	10,59	50,47	20,44	2,84	0,78	0,59	3,33
3	OMFs loose	Locally	9,76	49,75	19,98	1,22	0,62	0,28	2,25
		Scattering	9,21	49,43	19,77	1,01	0,66	0,29	2,58
4	OMFs granular	Locally	8,57	48,91	18,32	1,78	0,68	0,29	1,84
		Scattering	8,48	48,62	18,35	1,34	0,54	0,30	2,06
5	NPK	Locally	12,03	34,83	9,03	0,95	0,55	0,30	3,15
		Scattering	12,39	34,65	9,65	0,82	0,52	0,34	3,01
6	MPC in maize, mg/kg of dry substance		30,0	100,0	50,0	3,0	1,0	0,3	5,0

discussed the migration and transformation behaviors of heavy metals from the following aspects: the effect of reaction temperature, the effect of additives (catalysts and other biomass), the effect of the solvent type and reac

tion time. It has been found that after introduction of OMFs based on SS in chernozem typical the concentration of trace elements and heavy metals increased, but these indicators did not exceed the established MPC.

### Conclusion

The process of OMFs production on the basis of SS in Kharkiv is substantiated from the agro-ecological point of view. The study of sewage sludge from sludge sites of wastewater treatment plants has showed that a sufficiently high content of organic matter (more than 70%) and basic nutrients (common forms of nitrogen, phosphorus) determines the prospects of using the investigated SS as fertilizers. Low humidity of the samples (48%) is a very important factor in saving transportation costs and greatly simplifies agricultural practices for the introduction of SS into the soil. Processing of organic raw materials based on a conceptual model of humus compounds formation in the process of conditioning has been developed in contrast to traditional approaches. It allows us to expand the functionality of the reagents by enhancing the adsorbing properties of fertilizers in relation to pollutants (heavy metals). Agroecological and agrochemical efficacy of SS use as compared to organic and mineral fertilizers applied in equivalent doses separately was established on the typical heavy loam chernozem. SS advantage over traditional fertilizers has been proved. Economic efficiency of organic-mineral fertilizers was higher in case

of their local application. The granular SS form had advantage over bulk fertilizers of similar composition as to their effectiveness and impact on crop yields. Introduction of SS, due to the increased content of humic and fulvic acids and organic matter, helps block heavy metals in the soil and prevents their accumulation in plant products. After introduction of organic-mineral fertilizers based on sewage sludge a significant increase in the concentration of trace elements and heavy metals was found in the black soil but these indicators did not exceed the established MPCs. In our opinion, the increased content of quality organic matter in the composition of fertilizers has played a positive role in these processes, namely, humic substances (humic and fulvic acids), which improve the adsorbing properties of fertilizers. The implementation of the proposed technology will reduce bioavailability of heavy metals and their mobility in the soil which, in turn, impedes their accumulation in products. It is expected to increase soil fertility, crop yields and obtain environmentally friendly and safe products due to the stable composition of innovative fertilizers.

### Acknowledgement

The authors express special gratitude to the staff of the Organic Fertilizers and Humus Laboratory, National Scientific Center "O.N. Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry Research" for their assistance in organizing and conducting sample analysis.

### Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this manuscript. In addition, the ethical issues, including plagiarism, informed consent, misconduct, data fabrication and/or falsification, double publication and/or submission, and redundancies have been completely observed by the authors.

### References

1. Development strategy. (2015). Kharkiv region for the period up to 2020. Kharkiv Regional State Administration, 110-112. Retrieved from <http://old.kharkivoda.gov.ua/documents/%2016203%20/%201088.pdf> (in Ukrainian).
2. Maksymenko, N. & Klieshch, A. (2017). Directions for optimization of natural resource use in environmental management for local areas. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 25(2), 81-88. Retrieved from <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111722> (in Ukrainian).
3. Sonko, S. & Maksymenko, N. (2014). Spatial and temporal mechanisms of anthropogenic expansion of the agrolandscape. *Visnyk of the V.N. Karazin Kharkiv National University Series "Ecology"*, (1054), 13-22. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/799> (in Ukrainian).
4. Tripathi, G. & Bhardwaj, P. (2004) Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg). *Bioresource Technology*, 92, 275-278. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852403002372?via%3Dihub>

5. Tripetchkul, S., Pundee, K., Koonsrisuk, S. & Akeprathumchai, S. (2012). Co-composting of coir pith and cow manure: initial C/N ratio vs physico-chemical changes. *International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 1, 15. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1186/2251-7715-1-15#auth-1>
6. Kulyk, M.I., Lisnyak, A.A. & Torma, S. (2016). Determination of soil pollution by heavy metals, introduced by waste motor oils. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, 15, 122-127. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/7897> (in Ukrainian).
7. Lisnyak, A.A. (2016). Content Of Heavy Metals In The Unproductive Lands Of The Kharkiv Region Removed From Agricultural Processing Accepted For Afforestation. *Man and Environment. Issues of Neocology*, (1-2), 83-87. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/6318> (in Ukrainian).
8. Nekos, A.N. (2014). Cumulative Properties Of Plants As A Factor Of Environmental Safety Plant Food (For Example, Kharkiv Region). *Man and Environment. Issues of Neocology*, (1-2), 100-107 (8 pages). Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/928> (in Ukrainian).
9. Sonko, S.P., Maksymenko, N.V., Peresadko, V.A., Sukhanova, I.P., Vasylenko O.V. & Nikitina O.V. (2018). Concept of environmentally protective farming for the forest-steppe zone. *Visnyk of the V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology, Geography. Ecology"*, (48), 161-172. Retrieved from <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2018-48-14>
10. Skrylnyk, Ye.V., Maksymenko, N.V., Ryzhkova, Ya.S. & Ryzhkov, V.A. (2018). Agroecological characteristics of sewage sludge in Kharkiv. *Man and environment. Issues of neocology*, (1-2), 112-118. Retrieved from <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2018-29-12> (in Ukrainian).
11. Caron, P., Biénabe, E. & Hainzelin, E. (2014). Making transition towards ecological intensification of agriculture a reality: the gaps in and the role of scientific knowledge. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 44–52. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877343514000475?via%3Dihub>
12. Chattopadhyay, G.N. (2012). Use of vermicomposting biotechnology for recycling organic wastes in agriculture. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 1. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1186/2251-7715-1-8>
13. Frank, S., Schmid, F. & Havlík, P. (2015). The dynamic soil organic carbon mitigation potential of European cropland. *Global Environmental Change*, 35, 269–278. Retrieved from <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/11371/>
14. Semenov, V.M., Tulina, A.S., Semenova, N.A. & Ivannikova L.A. (2013). Humification and nonhumification pathways of the organic matter stabilization in soil: A review. *Eurasian Soil Science*, 46, 355-368. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1134/S106422931304011X>
15. Kominko, H., Gorazda, K. & Wzorek, Z. (2017). The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. *Waste and Biomass Valorization*, 8 (5), 1781–1791. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-016-9805-9>
16. Mtshali, J.S., Tiruneh, A.T. & Fadiran, A.O. (2014). Characterization of sewage sludge generated from waste water treatment plants in Swaziland in relation to agricultural uses. *Resour. Environ*, 4 (4), 190–199. Retrieved from <http://article.sapub.org/10.5923.j.re.20140404.02.html>
17. Kacprzak, M., Neczaja, E., Fijałkowska, K., Grobelaka, A., Grosser, A., Worwag, M., Rorat, A., Bratbob, H., Almás, Á., & RamSingh, B. (2017). Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. *Environmental Research*, 156, 39-46. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28314153>
18. Skrylnik, Ye.V. (2016). The impact of different fertilization systems on content, composition, energy intensity of organic matter in chernozem soil. *Agricultural Science And Practice*, 3 (2), 49-55. <https://doi.org/10.15407/agrisp3.02.049>
19. NSU. (2014). Sewage. Requirements for wastewater and its sediment for irrigation and fertilization: DSTU 7369: 2013 - [Effective 2014-01-01]. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine. Retrieved from [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=67921](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=67921) (in Ukrainian).
20. NSU. (2003). Soil quality. Determination of dry matter and humidity by mass. Gravimetric method (ISO 11465: 1993, IDT): DSTU ISO 11465–2001. - [Valid from 2003-01-01]. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine. Retrieved from [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=55865](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=55865) (in Ukrainian).
21. NSU. (2012). Soil quality. PH determination (ISO 10390: 2005, IDT): DSTU ISO 10390-2007. - [Effective from 2009-10-10]. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine. Retrieved from <https://metrology.com.ua/ntd/skachat-iso-iec-ohsas/iso-dstu-iso-10390-2007/> (in Ukrainian).
22. NSU. (2005). Soil quality. Methods for determining organic matter: DSTU 4289: 2004. - [Effective from 2005–07–01]. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine. Retrieved from [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=56400](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=56400) (in Ukrainian).
23. NSU. (2016). Soil quality. Determination of group and fractional composition of humus by the Tyurin method in modification V.V. Ponomarev and TA Plotnikova: DSTU 7828: 2015 - [Valid from 2016-07-01]. Kyiv: UkrNDNTS. Retrieved from [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=62383](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62383) (in Ukrainian).
24. NSU. (2009). Soil quality. Determination of the content of mobile cadmium compounds in soil in ammonium acetate buffer with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry: DSTU 4770.3: 2007. - [Effective from 2009-01-01].

- Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine. Retrieved from [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=58852](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58852) (in Ukrainian).
25. NSU. (2009). Soil quality. Determination of the content of mobile cobalt compounds in soil in buffer ammonium acetate extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry: DSTU 4770.5: 2007. - [Effective from 2009-01-01]. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine. Retrieved from [http://gost-snip.su/download/dstu\\_4770\\_5\\_2007\\_yakist\\_gruntu\\_viznachennya\\_vmistu\\_ruhomih\\_s](http://gost-snip.su/download/dstu_4770_5_2007_yakist_gruntu_viznachennya_vmistu_ruhomih_s) (in Ukrainian).
  26. NSU. (2009). Soil quality. Determination of the content of mobile manganese compounds in soil in buffer ammonium acetate extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry: DSTU 4770.1: 2007. - [Effective from 2009-01-01]. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine. Retrieved from [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=58849](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58849) (in Ukrainian).
  27. NSU. (2009). Soil quality. Determination of the content of mobile nickel compounds in soil in buffer ammonium acetate extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry: DSTU 4770.7: 2007. - [Effective from 2009-01-01]. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine. Retrieved from [http://gost-snip.su/download/dstu\\_4770\\_6\\_2007\\_yakist\\_gruntu\\_viznachennya\\_vmistu\\_ruhomih\\_s](http://gost-snip.su/download/dstu_4770_6_2007_yakist_gruntu_viznachennya_vmistu_ruhomih_s) (in Ukrainian).
  28. NSU. (2015). Organic fertilizers. Method for the determination of organic matter: DSTU 8454: 2015.- [Valid from 2017-07-07]. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNTS". Retrieved from [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=82646](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82646) (in Ukrainian).
  29. Argunov, N.D., Abramov, Ya.K., Salomatin, N.A., Veselov, V.M., Zalevskiy, V.M. & Merzlaya G. E. (2012). Means of increasing soil fertility based on sewage sludge. *Agrozurnal*, (17), 1–13. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/sredstvo-povysheniya-plodorodiya-pochv-na-osnove-osadka-stochnyh-vod> (in Russian).
  30. Huang, H. & Yuan, X. (2016). The migration and transformation behaviors of heavy metals during the hydrothermal treatment of sewage sludge. *Bioresource Technology*, 200, 991-998. Retrieved from <https://europepmc.org/article/med/26577578>

Надійшла до редколегії 24.04.2020

Прийнята 22.05.2020



А. Б. АЧАСОВ<sup>1</sup>, д-р с.-г. наук, проф., А. О. АЧАСОВА<sup>2</sup>, канд. біол. наук, доц.

<sup>1</sup>Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна

<sup>2</sup>Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського»  
вул. Чайковського, 4, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: [achasov.ab@gmail.com](mailto:achasov.ab@gmail.com)  
[achasova@ukr.net](mailto:achasova@ukr.net)

ORCID ID : <http://orcid.org/0000-0002-5009-7184>  
<https://orcid.org/0000-0002-6294-2445>

## ОСОБЛИВОСТІ ВІЗУАЛЬНОГО ДЕШИФРУВАННЯ ПРОЯВІВ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

**Мета.** Ааналіз особливостей візуального дешифрування еродованих ґрунтів та ерозійних процесів за даними дистанційного зондування.

**Методи.** Дистанційні дослідження, польовий, порівняльно-географічний, історичний, картографічний, ГІС-аналіз.

**Результати.** Основна увага в статті приділяється особливостям візуального дешифрування лінійних форм ерозії. Як показує порівняльний аналіз аерофотознімків 1943р та сучасних космічних знімків для території Харківського району, в другій половині ХХ сторіччя ріст ярів на території України був майже зупинений завдяки масштабним протиерозійним заходам, що проводилися. Зараз основні ерозійні втрати припадають на невеликі лінійні форми. В статті наведений перелік дешифрувальних ознак, за якими визначають лінійні форми ерозії на знімках. Та показано, які складнощі можуть виникати при автоматичному дешифруванні. Як приклад артефактних утворень, що потребує участі людини-аналітика при дешифруванні, показаний так званий «Турецький вал», сліди якого можуть похибково діагностуватися, як прояв лінійної ерозії

**Висновки.** Автоматичне дешифрування процесів водної ерозії та інвентаризація ерозійних форм рельєфу потребує обов'язкового контролю кваліфікованого аналітика для виключення похибок ідентифікації об'єктів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** візуальне дешифрування, дистанційне зондування, ерозія ґрунтів, лінійна ерозія, поховані ґрунти

Achasov<sup>1</sup>A. B., Achasova<sup>2</sup>A. O.

<sup>1</sup>V. N. Karazin Kharkiv National University, Svoboda Square, 6, Kharkiv, 61022, Ukraine

<sup>2</sup>National Scientific center «A. N. Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry», Tchaikovsky St., 4, Kharkiv, 61024, Ukraine

### FEATURES OF VISUAL DECODING OF WATER EROSION BY REMOTE SENSING DATA

**Purpose:** analysis of the features of visual decoding of eroded soils and erosion processes according to remote sensing data.

**Methods.** Remote sensing, field, comparative geographical, historical, cartographic, GIS analysis.

**Results.** The main attention in the article is paid to the features of visual decoding of linear forms of erosion. Comparative analysis of aerial photographs of 1943 and modern satellite imagery for the Kharkov region shown that in the second half of the 20th century the growth of gullies was almost stopped due to large-scale anti-erosion measures carried out at that time. Currently the main erosion losses occur in sheet erosion and small gully erosion. The article provides a list of decoding features that determine linear forms of erosion in the images. It is shown problems that can arise during automatic decoding. As an example of artifact formations requiring the participation of a human analyst in the decryption process, the so-called "Turkish Wall" is shown, the traces of which can be erroneously diagnosed as a manifestation of linear erosion

**Conclusions.** Automatic decoding of water erosion processes and an inventory of erosion landforms requires the obligatory monitoring of a qualified analyst to eliminate object identification errors.

**KEYWORDS:** visual interpretation, remote sensing, soil erosion, linear erosion, buried soil

Ачасов А. Б.<sup>1</sup>, Ачасова А. А.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского», ул. Чайковского, 4, 61024, г. Харьков, Украина

## ОСОБЕННОСТИ ВИЗУАЛЬНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Цель.** Анализ особенностей визуального дешифрирования эродированных почв и эрозионных процессов по данным дистанционного зондирования.

**Методы.** Дистанционный, полевой, сравнительно-географический, исторический, картографический, ГИС-анализа.

**Результаты.** Основное внимание в статье уделяется особенностям визуального дешифрирования линейных форм эрозии. Как показывает сравнительный анализ аэрофотоснимков 1943 и современных космических снимков для территории Харьковского района, во второй половине XX века рост оврагов был почти остановлен благодаря проведенным в это время масштабным противоэрозионным мероприятиям. В настоящее время основные эрозионные потери приходятся на площадную эрозию и небольшие линейные формы. В статье приведен перечень дешифровочных признаков, по которым определяют линейные формы эрозии на снимках. И показано, какие сложности могут возникать при автоматическом дешифрировании. В качестве примера артефактных образований, требующих участия человека-аналитика в процессе дешифрирования показан так называемый «Турецкий вал», следы которого могут ошибочно диагностироваться, как проявление линейной эрозии

**Выводы.** Автоматическое дешифрирование процессов водной эрозии и инвентаризация эрозионных форм рельефа требует обязательного контроля квалифицированного аналитика для исключения ошибок идентификации объектов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** визуальное дешифрирование, дистанционное зондирование, эрозия почв, линейная эрозия, погребенные почвы

### Вступ

Водна ерозія ґрунтів є однією з найгостріших проблем України. При цьому це не лише екологічна, а й економічна проблема, в світовому масштабі ерозія ґрунтів спричиняє щорічне зниження виробництва продовольства на 33,7 млн. тон. [1]. У грошовому вираженні збитки від ерозії оцінюються в досить широких межах [2], та незважаючи на розбіжність оцінок – сягають за щонайменше декілька мільярдів доларів США на рік. Ерозія ґрунту визнається однією з найсерйозніших глобальних екологічних проблем [3, 4]. В Україні площа земель, вражених процесами водної ерозії становить 13,3 млн. га, площа ярів становить 141,1 тис. га, а їх кількість перевищує 500 тисяч. Економічні збитки внаслідок ерозії перевищують 6 млрд. дол. США в рік. [5] Ця проблема може бути вирішена лише за умови наявності актуальної та кількісної інформації про стан ґрунтового покриву країни та темпи сучасних ерозійних процесів.

На сьогодні в світі добре пророблена методологія оцінки потенційного ризику ерозії ґрунтів, що базується на використанні методів математичного моделювання та експертних оцінок ризику ерозії [3, 5, 6, 7, 8]. Цьому питанню присвячені численні публікації, кількість яких щорічно зростає.

В той же час оцінка фактичної еродованості ґрунтів, особливо для великих земельних масивів, являє собою не менш актуальний і важливий напрям досліджень, якому на теперішній час приділяється значно менше уваги. Масштабна оцінка прояву просторово виражених процесів, таких, як водна ерозія ґрунтів, не можлива без застосування даних дистанційного зондування – зокрема, космічних знімків або аерофотозйомки [9, 10, 11].

Дані космічного зондування є надійною основою для моніторингу ґрунтових ресурсів, що обумовлюється високою деталістю та оглядовістю знімків, можливістю їх оперативного оновлення, відносній дешевизні отримуваних даних [12]. В той же час відомо, що космічний знімок сам по собі є «напівфабрикатом», який набуває справжньої тематичної інформативності лише після інструментальної обробки фахівцем з використанням спеціального технічного та програмного забезпечення, тобто – дешифрування [13]. При цьому найбажанішим та найскладнішим є варіант автоматизованого дешифрування даних дистанційного зондування, за яким виділення та інтерпретація об'єктів на знімку виконується комп'ютером при незначному втручанні людини.

Хоча повна автоматизація процесу залишається поки що теорією, перші кроки до неї вже здійснено. Наприклад, Veguería (2006) виділив еродовані території в межах водозбору шляхом використання поліноміальної логістичної регресії як методу класифікації знімків. До аналізу разом зі знімками космічного апарату Landsat TM була залучена також інформація про геологічні та геоморфологічні умови досліджуваної території [14]. Кагамі з співавторами [15] оцінював лінійну ерозію по знімках супутника IRS-P6 за допомогою попиксельного та об'єктно-орієнтованого методів автоматизованої класифікації. В роботі [10] наводиться алгоритм автоматизованого виділення зон площинної ерозії на основі вико-

ристання даних дистанційного зондування, цифрових моделей рельєфу та архівних ґрунтових карт.

Втім відмітимо, що ерозійне космічне дешифрування має багато «підводних каменів», які обумовлюються складністю повної формалізації таких дешифрувальних ознак як форма об'єкту, його структура, текстура та ін. На даному етапі будь-який метод автоматизованого дешифрування має підтверджуватись як даними польових досліджень, так і візуальним аналізом космічних зображень.

Метою статті є аналіз особливостей візуального дешифрування еродованих ґрунтів та ерозійних процесів на космічних знімках видимого діапазону.

### Методи дослідження

Дослідження проводились на землях Липкуватівського аграрного коледжу (рис.1) що розташовані у Нововодолазькому районі Харківської області на протязі 2009-2015 років. За цей термін тут було проведено три довготермінові навчальні практики з картографії ґрунтів зі студентами ХНАУ ім. В.В. Докучаєва та проведено декілька наукових експедицій щодо дослідження стану ґрунтів і сільськогосподарської рослинності за допомогою даних дистанційного зондування [16, 17]

Дешифрування ерозійних процесів та їх наслідків проводилось по знімках високої роздільної здатності не менш 10 м у дина-

міці за декілька років (сервіс GoogleEarth). Для уточнення результатів дешифрування застосовувалися архівна ґрунтова (масштаб 1:10000) і топографічна карти (масштаб 1:10000). Обидві карти були прив'язані до системи географічних координат у програмному забезпеченні ArcGIS.

Польові дослідження проводились згідно з існуючими методиками. Було встановлено, що ґрунтовий покрив досліджуваної території представлений в основному чорноземами типовими та опідзоленими, а також темно-сірими опідзоленими важкосуглинковими ґрунтами різного ступеня еродованості.

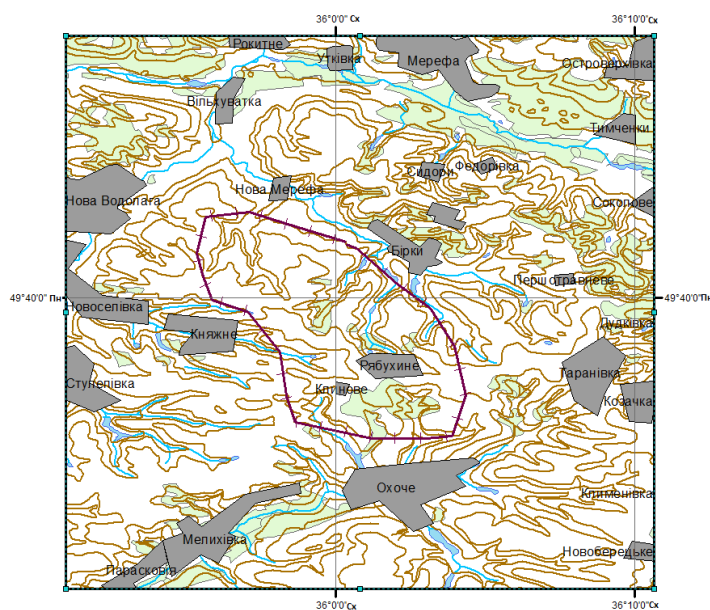


Рис. 1 – Територія досліджень

Методична схема досліджень складалась з таких етапів:

1. Виділення в результаті попереднього візуального дешифрування космічних знімків ймовірних територій з наслідками ерозійних процесів.

2. Камеральна перевірка та відбракування цих територій за допомогою аналізу додаткових матеріалів (грунтова та топографічна карти).

3. Польове обстеження відібраних об'єктів.

Візуальне дешифрування є найстарішим видом дешифрування, яке виникло одночасно з першими спробами підйому людини у повітря. Його суть полягає в ідентифікації на аерокосмічних зображеннях об'єктів реального світу за їх характерними

особливостями без використання якогонебудь спеціального обладнання або програмного забезпечення [13].

Під час візуального дешифрування використовуються геометричні, оптичні і структурні характеристики об'єктів (прямі дешифрувальні ознаки), а також різноманітні взаємозв'язки та взаємозалежності між ними (непрямі дешифрувальні ознаки). «Впізнання» об'єктів відбувається в результаті складного логіко-інтуїтивного процесу, на який здатен лише людський мозок. Саме складність формалізації цього процесу обумовила той факт, що, незважаючи на всі сучасні прилади та розвинуте програмне забезпечення, візуальне дешифрування залишається дуже дієвим засобом аналізу ДДЗ.

### **Результати досліджень та обговорення**

Як відомо водна ерозія поділяється на площинну (поверхневу) та лінійну (яружну).

Лінійна ерозія є результатом значної концентрації води у природних пониженнях наслідком чого є утворення лінійних розмивів ґрунту.

Поверхнева ерозія відбувається у випадку відносно рівномірного змиву ґрунту невеликими струмками по всій поверхні ділянці. Її наслідком є утворення значних площ достатньо рівномірно еродованих ґрунтів без значних проявів лінійної ерозії.

Діагностика площинної ерозії по космічних знімках ґрунтується на спектральних властивостях змитих ґрунтів – як правило вони є значно світлішими за кольором наслідок виходу на поверхню перехідних слабогумусованих горизонтів ґрунту. Алгоритм дешифрування площинної ерозії складається з таких етапів:

1. Виділення візуально або за допомогою чисельного аналізу NDVI індексу полів з відкритим ґрунтом.
2. Переконавання, що ґрунт на момент зйомки був у повітряно-сухому стані. За даними метеостанцій перевіряють чи не було опадів на досліджуваній території принаймні за три-чотири доби до дати зйомки.
3. Автоматична класифікація знімка. Можуть використовуватись як методи «з вчителем», так і «без вчителя». Вибір залежить від наявності навчаючих вибірок. Результатом етапу є створення першого варіанту карти еродованості.
4. Співставлення першого варіанту карти еродованості з цифровою моделлю рельєфу та архівною ґрунтовою картою.

Останнє необхідно для відокремлення дійсно змитих ґрунтів від силових неповнорозвинених, опідзолених або ж ґрунти, що сформувались на легких материнських породах. Результат - другий варіант карти еродованості.

5. Перевірка другого варіанту карти в польових умовах.

6. Створення третього варіанту карти еродованих ґрунтів.

Даний алгоритм і результати його дії детально викладені в роботах [10, 18], тому в цій статті ми зосередимось на особливостях дешифрування активної лінійної ерозії.

З усіх класифікаційних одиниць лінійної ерозії на нашу думку найбільш потребують уваги промоїни та мікроулоговини (із сучасних ланок гідрографічної мережі) та улоговини і лощини (зі стародавньої). Активні процеси яроутворення, що були поширені на теренах лісостепу України ще у середині минулого століття, були успішно зупинені завдяки масштабному застосуванню агролісомеліоративних та гідротехнічних протиерозійних заходів в після Другої світової війни.

Переконатись в цьому можна порівнявши німецьку військову аерозйомку з сучасними загальнодоступними знімками сервісу GoogleEarth (рис.2). Як видно на знімках, представлених на рис.2, в 1943 році для північних околиць м. Чугуєва була характерна велика кількість ярів, які знаходились у фазі активного росту, на що вказує загострена форма вершин ярів та їх відвершків. Сучасні знімки показують, що ці яри на да-



а) Фрагмент аерофотознімку околиць м. Чугуїв, 1943 р. [19]



б) Сучасний вигляд тієї ж території на космічних знімках (© Google)

**Рис. 2** – Порівняння розвитку лінійних форм ерозії на північній околиці м. Чугуїв за матеріалами аерофотозйомки 1943 року та космічної зйомки 2018 року

ний час закріплені та захищені створеними в повосенні часи протиерозійними лісонасадженнями. На даний час яри не ростуть, а

деякі з них взагалі засипані та заорані. Практика свідчить, що в сучасних умовах основні ерозійні втрати приходяться на поверх-

неву (площинну) ерозію та її невеликі лінійні форми. Однак положення може швидко змінитися враховуючи сучасний економічний і соціальний стан країни та витікаючи з цього негативні екологічні наслідки – інтенсивне вирубування лісосмуг. Адже небезпека поновлення росту ярів при знищенні захисних лісонасаджень зберігається, та з кожним роком нехтування питаннями інвентаризації та відновлення протиерозійних лісонасаджень стає все більшою.

При дешифруванні даних дистанційного зондування (в першу чергу, космічних знімків) індикація лінійної ерозії проводиться за такими ознаками:

- характерна криволінійна форма;
- розмір об'єкту – він має бути порівняний з розмірами полів;
- дендровидна структура лінійних елементів;
- приуроченість розривів к давнім ерозійними формам – балкам, які діагностуються на знімках дуже чітко;
- повторюваність форми у часі;
- характерне комбіноване світле/темне забарвлення;
- контраст яскравості зображення між проміжною і сусідніми об'єктами (полями).

Сприйняття всіх цих ознак, з чим людина інтуїтивно вдало справляється, для комп'ютера може викликати значні труднощі.

Наведемо приклад розпізнавання лінійної ерозії по космічним знімкам високого дозволу. На рисунку 3 наведені знімки

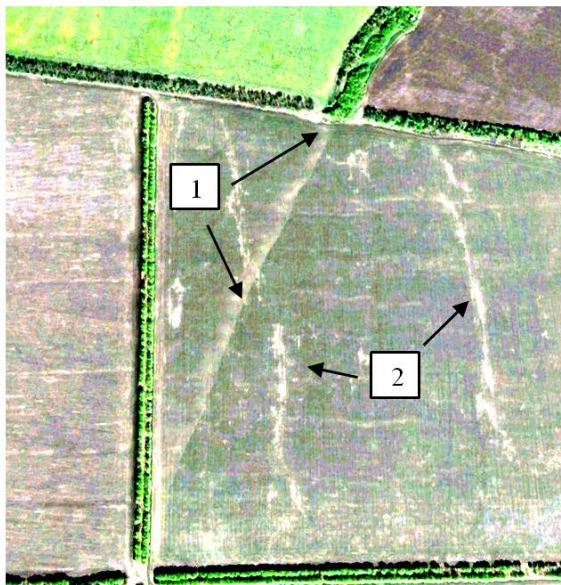
одного з полів (координати: 49.691678 п.ш., 35.9872871с.д.) досліджуваної території, що отримані 5.06.2007 (рис.3а) і 3.09.2016 (рис.3б). На рис.3а ми бачимо декілька світлих лінійних об'єктів. Об'єкт №1 це улоговина, що обробляється. Про це свідчить майже повний набір вищенаведених дешифрувальних ознак. Об'єкти №2 не відносяться до ерозійних проявів. Доказом цього є:

1) відсутність повторюваності форми об'єктів у часі,

2) відсутність тіньового контуру, який з'являється у від'ємних форм рельєфу в результаті нахилу сонця при зйомці,

3) перехрещення вказаних об'єктів, що неприпустиме для дендровидної топології гідрографічної мережі.

При автоматичному дешифруванні як прояви лінійної ерозії, так і антропогенні об'єкти можуть бути віднесені до одного класу за такими ознаками, як лінійність чи контрастність забарвлення, навіть, повторюваність в часі (наприклад, для автошляхів), тому для розділення антропогенних та природних об'єктів використовуються спеціальні алгоритми, що дозволяють виключити тимчасові об'єкти (неоднорідність обробітку, рослинні залишки тощо), антропогенні лінійні об'єкти – шляхи, трубопроводи та інше. Однак, в деяких випадках без експертної оцінки людиною виявлених на знімках артефактів не обійтися.



а) 5.06.2007



б) 3.09.2016

Рис. 3 – Лінійні елементи різного походження на космічних зображеннях (© Google)

Проаналізуємо зображення на рис. 4 (координати: 49.6443486, п.ш., 35.9630185,993 с.д.). На рисунку позначені лінійні об'єкти №3 і №4. На перший погляд їх також можна охарактеризувати як елементи лінійної ерозії – повторюваність у часі, світлий колір, значні розміри. Але детальний аналіз змушує засумніватися у цьому. Відміни на перший погляд несуттєві: трохи прямиша форма об'єкту; різкий контраст за кольором; порушення логіки топології. Все

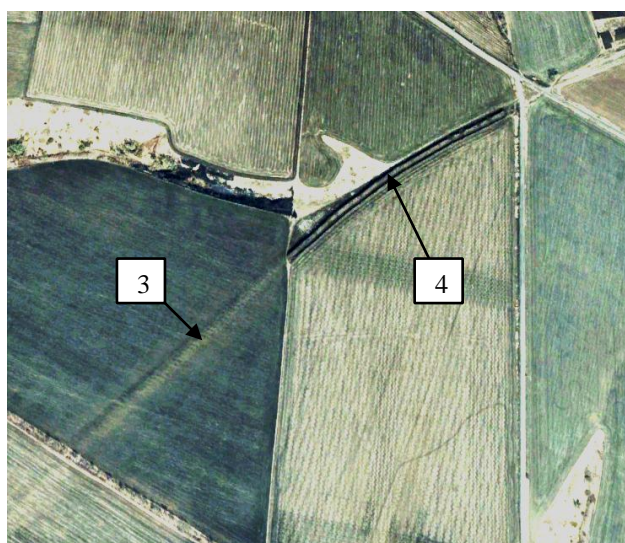
це разом формує відчуття "артефактності" даного утворення.

Дійсно, так воно насправді і є – це стародавній скіфський захисний вал, який місцеві мешканці називають «турецьким». Об'єкт №4 представляє собою частину валу, яка збереглася до наших часів, а об'єкт №3 – результат знесення іншої частини валу.

На карті Харківської губернії, яка датується 1869 роком цей вал має назву «Рябий» (рис.5). На карті ясно видно, що це саме вал, і що він перетинає два природні яри.



а) 5.06.2007



б) 3.09.2016

Рис. 4 – Видял «Турецького валу» на космічному знімку (© Google) видимого діапазону

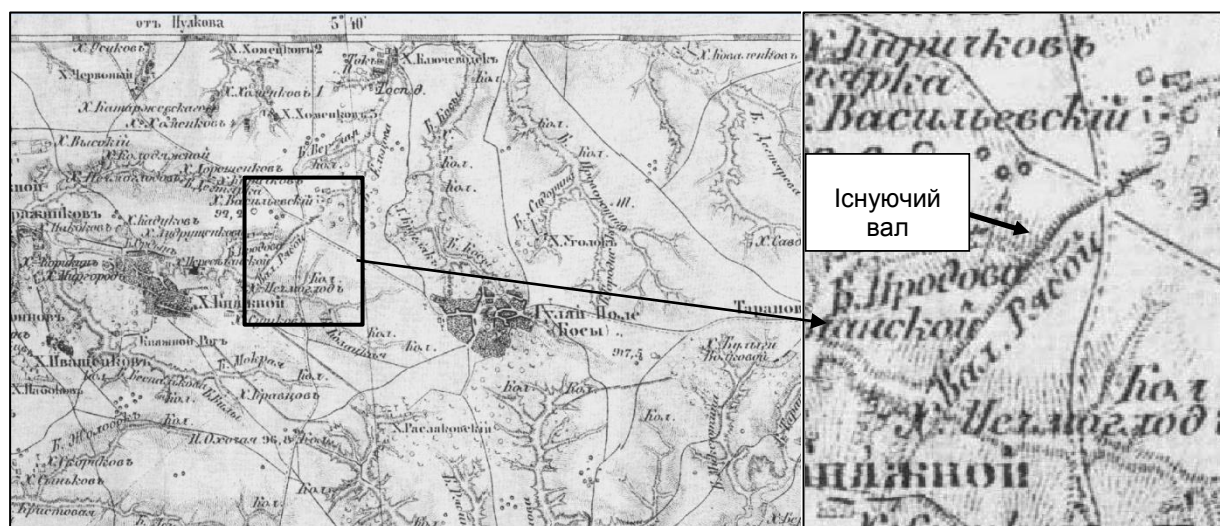


Рис. 5 – Фрагмент військово-топографічної карти Російської Імперії Ф.Ф. Шуберта (1869 р.) [20] Масштаб: 3 версти в 1 дюймі



Рис. 6 – Сучасний вигляд «Турецького валу»

На сьогодні залишки валу мають висоту до 5 м, він поріс травною (рис. 6), що обумовлює його насичений зелений колір на знімку.

Об'єкт 3 на рис. 4 являє собою слід від зруйнованої частини валу – ясно-сіру смугу 8-12 м завширшки. Поле, на якому розташована ця смуга, обробляється. Ясно-сірий колір об'єкту різко контрастує з оточуючим ґрунтовим покривом, що може пояснюватись відмінами в генезисі цих ґрунтів. Консультації з археологами дозволили датувати вік створення валу V сторіччям до н.е. Аналіз архівних матеріалів показав, що знесення частини валу відбулось приблизно 50-60 років тому, отже, логічно припустити, що ґрунти, які складають вищеописану смугу, були "законсервовані" на 2500 років і характеризують умови ґрунтоутворення часів створення валу.

Польові дослідження похованих під валом ґрунтів довели, що вони відносяться до ясно-сірих лісових ґрунтів, які безперечно є нетиповими для Харківської області зараз, але вочевидь мали достатнє поширення раніше. Ґрунти, що розташовані поруч з валом, класифікуються як темно-сірі опідзолені. Отже, на цій підставі можна припустити, що за 2500 роки існування валу, внаслідок зміни природно-кліматичних умов на прилеглий території відбулась еволюція ґрунту від ясно-сірого до темно-

сірого опідзоленого ґрунтів. Зрозуміло, що цей висновок є попереднім і потребує подальших досліджень. Однак, на користь цього припущення свідчить відміна у будові профілів ґрунту поля, по якому проходив вал, та ґрунту, що був весь цей час законсервований під валом (рис.5).

Для цього ґрунту властивий не лише менший вміст гумусу, що може бути пояснено дегуміфікацією за рахунок мікробіологічного руйнування органічної речовини, а й зовсім інша будова профілю (рис.7) – наявність яскраво виражених елювіального (E) та ілювіального (I) горизонтів (рис. 5), що відсутні в темно-сірому ґрунті прилеглих територій. Саме завдяки зниженому вмісту гумусу та збагаченості кремнеземом (SiO<sub>2</sub>) цей ґрунт виділяється на космічних знімках як світла смуга.

Ґрунт самого валу, сформований з насипного ґрунту, трансформованого за 2500 років під лучно-степовою рослинністю в умовах підвищеного, порівняно з вирівняною поверхнею навколишніх полів, ксероморфізму (за рахунок прискореного сніготанення та стікання вологи зі схилів) має морфологічні ознаки чорнозему типового.

Моноліт похованого ґрунту (рис. 7), відібраний С.В. Крохіним та А.Б.Ачасовим під час проведення польової практики з картографії ґрунтів із студентами ХНАУ імені В. В. Докучаєва нині зберігається в



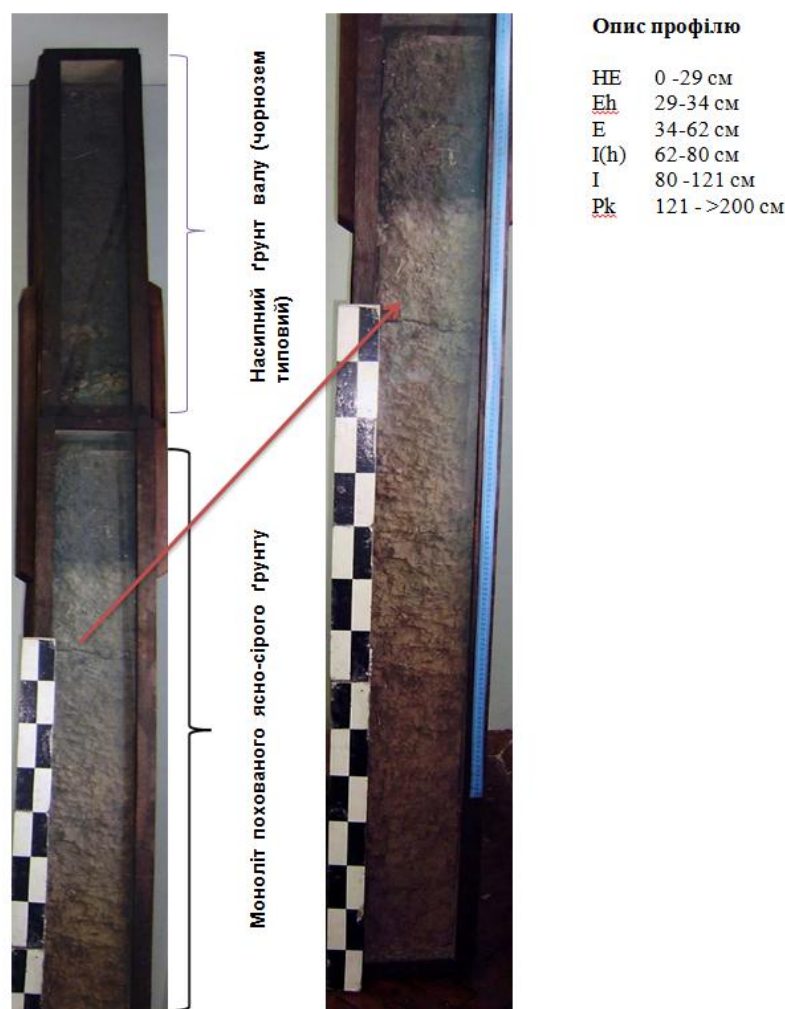


Рис. 7 – Моноліт похованого ґрунту, відібраний під «Турецьким валом» у 2009 році.

Музеї генезису і картографії ґрунтів ХНАУ ім. В.В. Докучаєва [21].

Відмітимо, що досліджені об'єкти 2 і 3 формально відповідають всім дешифрувальним ознакам елементів яружно-балкової мережі і в ході автоматизованого дешифрування даних дистанційного зондування можуть бути помилково класифіковані як елементи гідрографічної мережі.

Наведений приклад підтверджує той факт, що дешифрування аерокосмічних знімків має обов'язково проводитись під контролем оператора. При цьому оператором має бути людина з належною освітою, широким кругозором і достатньою кваліфікацією, що забезпечить можливість вирішення навіть таких нетривіальних ситуацій.

### Висновки

Автоматичне дешифрування процесів водної ерозії та інвентаризація ерозійних форм рельєфу на сьогодні знаходиться на початковому етапі та потребує обов'язкового контролю кваліфікованого аналітика для виключення похибок ідентифікації об'єктів. Як слушно сказав в своєму інтерв'ю для блогу ESRI Ф. Авіла, директор комерційного відділу виявлення та оцінювання GEOINT NGA (Національного агентства геопросторової розвідки США), авто-

матичне дешифрування даних дистанційного зондування - це не стільки заміна людини машиною, скільки зміна того, на чому має зосередитися людина-аналітик. Автоматизація процесу дешифрування знімків за допомогою комп'ютерів дозволяє не звільнити людей, а вивільнити час фахівців-аналітиків для того, щоб виконувати когнітивні і більш складні завдання, які, за його досвідом, людина виконує краще, ніж машина [22].

### Конфлікт інтересів

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

### Література

1. Sartoria M. et al. A linkage between the biophysical and the economic: Assessing the global market impacts of soil erosion. *Land Use Policy*. 2019. V. 86. P. 299-312. URL: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.014>
2. Ачасова А. Сучасні підходи до еколого-економічної оцінки збитків від ерозії ґрунтів. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*, 2020. Вип. 22. С. 8-20. URL: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-22-01>
3. Outcome document of the Global Symposium on Soil Erosion. Rome. FAO, 2019. 28 с. URL: <http://www.fao.org/3/ca5697en/ca5697en.pdf>
4. Eswaran H., Lal R., Reich P.F. Land degradation: an overview. Response to land degradation/ E.M. Bridges et al., Sombatanit S. (Eds.) Science Publishers Inc, Enfield, NH, USA. 2001. P. 20-35.
5. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні. Харків, 2010. 460 с.
6. Panagos P. et al. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environment Science & Policy*. 2015. V.54. P. 438–447. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>
7. Benavidez R., Jackson B., Maxwell D., Norton K. A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R)USLE): With a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2018. Vol.22. P. 6059–6086. URL: <https://doi.org/10.5194/hess-22-6059-2018>
8. Bayramin U., Denguz O., Bakan O., Parlak M. Soil Erosion Risk Assessment With ICONA Model; Case Study: Beypazari Area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2003. Vol. 27. P.105-116
9. Luleva M.I., van der Werff H., van der Meer F., Jetten V. Gaps and opportunities in the use of remote sensing for soil erosion assessment. *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*. 2012. Vol. 21. N 5. P. 748-760.
10. Ачасов А. Б., Ачасова А. О., Булигін С. Ю. та ін. Великомасштабне картографування ґрунтів за допомогою інтегрального аналізу даних дистанційного зондування й цифрових моделей рельєфу. Методичні рекомендації. Харків, ХНАУ. 2010. 47 с.
11. Кучма Т., Ілієнко, Т., Сиротенко О., Тараріко О., Минкевич Н., Мудрик С. Методичні рекомендації з визначення та ідентифікації водної ерозії ґрунтів в агроландшафтах за даними космічного знімання високого просторового розрізнення. К., 2013. 31с. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1401255>
12. Seutloali, K.E., Dube, T. & Mutanga, O. Assessing and mapping the severity of soil erosion using the 30-m Landsat multispectral satellite data in the former South African homelands of Transkei (viewed 06 June 2017). *Physics and Chemistry of the Earth*. 2017. 100. 296-304. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2016.10.001>
13. Некос А. Н., Ачасов А. Б., Кочанов Е. О. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: дистанційні методи. Харків, 2017. 244 с.
14. Beguería, S. Identifying erosion areas at basin scale using remote sensing data and GIS: a case study in a geologically complex mountain basin in the Spanish Pyrenees. *International Journal of Remote Sensing*. 2006. Vol. 27 (20), P. 4585-4598. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160600735640>
15. Karami A., Karami A., Khorani A., Noohegar A.; Shamsi S. R. F., Moosavi V. Gully erosion mapping using object-based and pixel-based image Classification methods. *Environmental and Engineering Geoscience*. 2015. Vol. XXI. N 2 P. 101–110. URL: <https://doi.org/10.2113/gseegeosci.21.2.101>
16. Ачасов А. Б., Ачасова А. О., Тітенко Г. В. Селіверстов О. Ю., Седов А. О. Щодо використання БПЛА для оцінки стану посівів. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. сер. Екологія*. 2015. вип. 13. С. 13-18. URL: <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/5546>
17. Achasova A. Evaluating crop characteristics in the visible range. 23.02.2016 URL: <http://www.50northspatial.org/otsinka-stanu-posiviv/>
18. Ачасов А.Б. Протиерозійна оптимізація агроландшафтів: геоінформаційний підхід. Харк. нац. аграр. ун-т. Х., 2016. 409 с
19. Аэрофотосъёмка Второй Мировой Войны. Харьков. URL: <http://warfly.ru/?lat=49.983903&lon=36.240807&z=12>
20. Військово-топографічна карта Російської Імперії 1846-1863 рр. Створена під керівництвом Ф.Ф. Шуберта і П.А. Тучкова. М.: 3 версти на дюйм. Ряд: XXIV, лист: 14. URL: <http://www.etomesto.ru/shubert-map/24-14/>
21. Музеї «генезису і картографії ґрунтів». Сайт: Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва. 8-07-2013. URL: <https://knau.kharkov.ua/muzey-henezusu.html>
22. Wheeler C. Discovering the context of complex problems. *Faces of GIS/esri.com/arcuser*. Winter 2020 URL: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcuser/discovering-the-context-of-complex-problems/>

### References

1. Sartoria, M., Philippidis, G., Ferrari, T., Borrelli, P., Lugato, E., Montanarella, L. & Panagos, P. (2019). A linkage between the biophysical and the economic: Assessing the global market impacts of soil erosion. *Land Use Policy*. 86. 299-312. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.014>.
2. Achasova, A. (2020). Modern approaches to environmental and economic estimation of damage from water erosion of soil. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, 22, 8-20. Retrieved from <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-22-01> (in Ukrainian).
3. Outcome document of the Global Symposium on Soil Erosion. (2009). FAO. Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ca5697en/ca5697en.pdf>
4. Eswaran, H., Lal, R. & Reich, P. F. (2001). Land degradation: an overview. In: Bridges, E.M., Hannam, I.D., Oldeman, L. R., Penning de Vries, F.W.T., Scherr, S.J. & Sombatpanit, S. (Eds.). *Response to land degradation* (pp.20-35). Science Publishers Inc, Enfield, NH, USA.
5. Balyuk, S. A. & Tovazhnyansky, L.L. (Eds.). (2010). *Scientific and applied bases of soil protection from erosion in Ukraine*. Kharkiv: NTU "KPI" (in Ukrainian).
6. Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L. & Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environment Science & Policy*. 54, 438-447. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>
7. Benavidez, R., Jackson, B., Maxwell, D. & Norton, K. (2018). A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R)USLE): With a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 6059-6086. <https://doi.org/10.5194/hess-22-6059-2018>
8. Bayramin, U., Denguz, O., Bakan, O., Bayramin, U., Denguz, O., Bakan, O. & Parlak, M. (2003). Soil Erosion Risk Assessment With ICONA Model; Case Study: Beypazari Area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 27. 105-116.
9. Luleva, M. I., van de Werff, H., van der Meer, F. & Jetten, V. (2012). Gaps and opportunities in the use of remote sensing for soil erosion assessment. *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*, 21 (5), 748-764.
10. Achasov, A. B., Achasova, A. O., Bulygin, S. Yu., Tikhonenko, D. G. & Astakhov, E. A. (2010). Large-scale mapping of soils by integrated analysis of remote sensing data and digital terrain models. Guidelines. Kharkiv: KhNAU (in Ukrainian).
11. Kuchma, T., Iliencko, T., Syrotenko, O., Tarariko, O., Mynkevych, N. & Mudryk, S. (2013). Guidelines for detection and identification of water erosion in agricultural landscapes according to the data of space survey of high spatial resolution. Kyiv. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1401255> (in Ukrainian).
12. Seutloali, K. E., Dube, T. & Mutanga, O. (2017). Assessing and mapping the severity of soil erosion using the 30-m Landsat multispectral satellite data in the former South African homelands of Transkei (viewed 06 June 2017). *Physics and Chemistry of the Earth*. 100, 296-304. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2016.10.001>
13. Nekos, A. N., Achasov, A. B. & Kochanov, E. O. (2017). Methods of measuring environmental parameters: remote sensing methods. Kharkiv: V. N. Karazin KhNU (in Ukrainian).
14. Beguería, S. (2006). Identifying erosion areas at basin scale using remote sensing data and GIS: a case study in a geologically complex mountain basin in the Spanish Pyrenees. *International Journal of Remote Sensing*Int. 27 (20), 4585-4598. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160600735640>
15. Karami, A., Khorani, A., Noohegar, A., Shamsi, S.R.F. & Moosavi, V. (2015). Gully erosion mapping using object-based and pixel-based image Classification methods. *Environmental and Engineering Geoscience*. 21 (2). 101-110. <https://doi.org/10.2113/gseegeosci.21.2.101>
16. Achasov, A. B., Achasova, A. O., Titenko, A. V., Seliverstov, O. Yu. & Sedov, A. O. (2015). UAV usage for crop estimation. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series «Ecology»*, 13, 13-18. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/5546> (in Ukrainian).
17. Achasova, A. (2016). Evaluating crop characteristics in the visible range. Retrieved from <http://www.50northspatial.org/otsinka-stanu-posiviv/>
18. Achasov, A. B. (2016). Anti-erosion optimization of agrolandscapes: geoinformation approach. Kharkiv: KhNAU Dep. in the State Scientific Library of Ukraine (in Ukrainian).
19. Aerial photography of World War II. Kharkov. Retrieved from <http://warfly.ru/?lat=49.983903&lon=36.240807&z=12>
20. Schubert, F. F. & Tuchkov, P. A. (Eds). Military topographic map of the Russian Empire in 1846-1863. M. : 3 versts per inch. Series: XXIV, sheet: 14. Retrieved from <http://www.etomesto.ru/shubert-map/24-14/>
21. Museums of "genesis and cartography of soils". (2013). V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University.. Retrieved from <https://knau.kharkov.ua/muzey-henezusu.html> (in Ukrainian).
22. Wheeler, C. (2020). Discovering the context of complex problems. *Faces of GIS/esri.com/arcuser*. Winter 2020. Retrieved from <https://www.esri.com/about/newsroom/arcuser/discovering-the-context-of-complex-problems/>

**М. П. ФЕДЮШКО<sup>1</sup>**, канд. с-г. наук, доц., **Ю. М. ФЕДЮШКО<sup>2</sup>**, д-р техн. наук, проф.,  
**Д. В. КОВАЛЕНКО<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького  
вул. Гетьманська, 20, м. Мелітополь, Запорізька область, 72312, Україна

<sup>2</sup>Приазовський державний технічний університет  
вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87555, Україна

E-mail: [marinafedushko@gmail.com](mailto:marinafedushko@gmail.com)  
[fedushko26@rambler.ru](mailto:fedushko26@rambler.ru)  
[dashuliakovalenko30@gmail.com](mailto:dashuliakovalenko30@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2028-5459>  
<https://orcid.org/0000-0002-1320-2993>  
<https://orcid.org/0000-0002-6138-3549>

## БІОІНДИКАЦІЯ АНТРОПОГЕННОГО ТИСКУ НА АГРОБІОРИЗНОМАНІТТЯ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО ПРИАЗОВ'Я УКРАЇНИ

**Мета.** Визначення інформаційної цінності видів-біоіндикаторів з числа мисливських тварин для оцінки екологічного стану агроландшафтів та рівня трансформації в них біологічного різноманіття.

**Методи.** Польові (шумового прогону, маршрутний); еколого-аналітичні, статистичні, методи матричної алгебри).

**Результати.** В умовах Північного Приазов'я України ключовими антропогенними факторами, які визначають чисельність популяції: для куріпки сірої – структура агроландшафту; для зайця-русака – структури посівних площ, чисельності хижаків та стан сонячної активності. Вперше встановлено значний кореляційний зв'язок між чисельністю популяцій індикаторних видів та пестицидним навантаженням на територію як на регіональному, так і локальному рівнях. В динаміці популяцій індикаторних видів виявлено короткі та довгі хвилі чисельності. В умовах пестицидного пресингу найбільш вразливим є регулюючий вплив зоофагів на консументів нижчих порядків. Тому при збільшенні пестицидного навантаження регулюючий вплив хижаків на ряд представників фітофагів буде зменшуватися, що пояснює явище збільшення чисельності деяких фітофагів при загальному токсичному впливі пестицидів.

**Висновки.** Висока щільність населення та густа інфраструктурна мережа є істотними факторами трансформації біорізноманіття у межах регіону. Загальний стан біологічного різноманіття в регіоні визнано як дуже напружений. Екологічне обґрунтування потенційних видів-індикаторів дозволяє на основі досліджених закономірностей динаміки їх популяцій різного рівня просторової організації запропонувати метод біоіндикації екологічних порушень в агроландшафтах. При цьому інформативним показником антропогенного тиску є поточна чисельність популяції індикаторного виду польової дичини.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** агроландшафт, моніторинг, біорізноманіття, індекс MSA, біоіндикатор, пестициди

**Fedyushko M. P.<sup>1</sup>, Fedyushko Y. M.<sup>2</sup> Kovalenko D. V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Hetmanska St., 20, Melitopol, Zaporizhia region, 72312, Ukraine

<sup>2</sup>Pryazovskyi State Technical University, Universytetska St., 7, Mariupol, 87555, Ukraine

## BIONDICATION OF ANTHROPOGENIC LOAD ON AGROBIODIVERSITY IN THE NORTHERN AZOV REGION OF UKRAINE

**Purpose.** Determination of informative value of types of bioindicators from a number hunting animals for the estimation of the ecological state of agricultural landscapes and level of transformation in them of biological variety.

**Methods.** The field (noise tuning-up, rout); ecological-analytical, statistical, methods of matrix algebra.

**Results.** It is set that in the conditions of Northern Azov region of Ukraine by key anthropogenic factors that determine the quantity of population : for a partridge grey is a structure of agricultural landscapes; for the European hare-hare - structure of sowing areas, quantity of predators and state of sunny activity. Considerable cross-correlation connection is first set between the quantity of populations of indicator kinds and pesticide loading on territory as on regional, so on local levels. In the dynamics of populations of indicator kinds found

out the short and long waves of quantity. In the conditions of the pesticide pressure the most vulnerable is regulative influence of zoophages on consumers of more subzero orders. Therefore at megascopic pesticide loading regulative influence of predators will diminish on the row of representatives of phytophages, that explains the phenomenon of increase of quantity of some phytophages at general toxic impact from pesticides.

**Conclusions.** A high closeness of population and thick infrastructural network are the substantial factors of transformation of biovariety within the limits of region. The general of biological variety in a region as very tense. The ecological ground of potential kinds-indicators allows on the basis of investigational conformities to law the dynamics of their populations of different level of spatial organization to offer the method of bio-indication of ecological violations in agricultural landscapes. Thus the informing index of anthropogenic pressure is a current quantity of population of indicator type of the field fowl.

**KEYWORDS:** agricultural landscapes, monitoring, biodiversity, MSA index, bioindicator, pesticides

**Федюшко М. П.<sup>1</sup>, Федюшко Ю. М.<sup>2</sup>, Коваленко Д. В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого, ул. Гетманская, 20, г. Мелитополь, Запорожская область, 72312, Украина

<sup>2</sup>Приазовский государственный технический университет, ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, 87555, Украина

### **БИОНДИКАЦИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АГРОБИОРАЗНООБРАЗИЕ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИАЗОВЬЯ УКРАИНЫ**

**Цель.** Определение информационной ценности видов-биоиндикаторов из числа охотничьих животных для оценки экологического состояния агроландшафтов и уровня трансформации в них биологического многообразия.

**Методы.** Полевые (шумовой прогонки, маршрутный); эколого-аналитические, статистические методы матричной алгебры.

**Результаты.** В условиях Северного Приазовья Украины ключевыми антропогенными факторами, которые определяют численность популяции: для куропатки серой – структура агроландшафта; для зайца-русака – структуры посевных площадей, численности хищников и состояния солнечной активности. Впервые установлена значительная корреляционная связь между численностью популяций индикаторных видов и пестицидной нагрузкой на территорию, как на региональном, так и локальному уровнях. В динамике популяций индикаторных видов обнаружены короткие и длинные волны численности. В условиях пестицидного прессинга наиболее уязвимым является регулирующее воздействие зоофагов на консументов низших порядков. Поэтому при увеличении пестицидной нагрузки регулирующее влияние хищников на ряд представителей фитофагов будет уменьшаться, что объясняет явление увеличения численности некоторых фитофагов при общем токсическом воздействии пестицидов

**Выводы.** Высокая плотность населения и густая инфраструктурная сеть являются существенными факторами трансформации биоразнообразия в пределах региона. Общее состояние биологического разнообразия в регионе признано как очень напряженное. Экологическое обоснование потенциальных видов-индикаторов позволяет на основе исследованных закономерностей динамики их популяций различного уровня пространственной организации предложить метод биондикации экологических нарушений в агроландшафтах. При этом информативным показателем антропогенного давления является текущая численность популяции индикаторного вида полевой дичи.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** агроландшафт, мониторинг, биомногообразие, индекс MSA, биоиндикатор, пестициды

### **Вступ**

В Україні агроландшафти займають переважну частину території і мають домінуючий вплив як на загальну екологічну ситуацію, так і на ефективність та сталість аграрного виробництва. До останнього часу стан біорізноманіття агроландшафтів та його роль в сучасному сільському господарстві, а також глобальну динаміку природних процесів, фактично не досліджували [1].

Біорізноманіття лежить в основі всіх проявів життя. Воно починається з генетичного різноманіття, яке вже на рівні популяції має космічні масштаби. Про це

свідчить екологічний «Закон генетичного різноманіття» [2, 3]. Для біологів біорізноманіття – це різноманіття видів, глобальний рівень якого майже не відомий [4]. Для екологів біорізноманіття – це різноманіття тісної взаємодії як усередині виду, так і між різними видами. У кожній екосистемі біота є частиною цілого, яка взаємодіє не тільки з іншою біотою, але також з повітрям, водою й ґрунтом, які створюють навколишнє середовище.

Різноманіття біологічних структур і процесів є базою організації біосфери в усіх її глобальних проявах [5]. Одне із визначень

біорізноманіття, що найбільш часто використовується екологами, звучить як «Сукупність генів, видів та екосистем в регіоні». Це визначення дозволяє використовувати уніфікований підхід до різних рівнів організації біоти [6]. На основі біорізноманіття створюється структурна і функціональна організація живої речовини біосфери та складників її екосистем, що визначає стабільність і стійкість останніх до зовнішніх впливів.

Науковою основою дослідження біорізноманіття та функціонування природних та антропогенно-трансформованих екосистем в степовій зоні України є вчення О. Л. Бельгарда (1971) про лісове степознавство та принципи сільськогосподарської екології М. Т. Масюка (1989). Ідею взаємозв'язку між ландшафтним, видовим та морфологічним різноманіттям ми знаходимо в концепції життєвих форм – біоморф М. П. Акімова (1947).

Біорізноманіття є природним капіталом, ключовим чинником забезпечення екологічної рівноваги довкілля, біогеохімічних циклів та стійкості екосистем (McArthur,

Wilson, 1967; Odum, 1983). Актуальність проблеми збереження біорізноманіття обґрунтована у 1992 році на Всесвітньому саміті в Ріо-де-Жанейро, де уряди 153 країн підписали Конвенцію про біорізноманіття, яка була ратифікована Україною у 1994 р. Україна займає менше 6 % площі Європи, але має не менше 35 % її біорізноманіття, і може розглядатися як один з резерватів для його відновлення у межах всієї Європи. Більшу частину території України займають агроекосистеми. Природну динаміку біорізноманіття агроландшафтів України досліджують такі відомі вітчизняні екологи, як Ю. Шеляг-Сосонко (2003), О. Созінов (2005), В. Чайка (2005), В. Придатко (2005), Р. Бурда (2005), О. Демидов, А. Кобець, Ю. Грицан, О. Жуков (2013), М. Харитонов (2005, 2013) та деякі інші.

**Мета** дослідження полягає у визначенні інформаційної цінності видів-біоіндикаторів з числа мисливських тварин для оцінки екологічного стану агроландшафтів та рівня трансформації в них біологічного різноманіття.

#### Методи дослідження

Для визначення чисельності досліджених видів тварин використовувались методи обліку мисливської дичини – польові (шумового прогону, маршрутний); еколого-аналітичні (дослідження та аналіз результатів таксації, структури агроландшафтів, даних дистанційного зондування Землі,

статистичних звітів, агроекологічних паспортів районів та комп'ютерного моделювання стану популяцій агробіорізноманіття); математико-статистичні (кореляційний, регресійний, автокореляційний аналізи, моделювання структурних рівнянь); математичні (методи матричної алгебри).

#### Результати дослідження

В країнах Європейської спільноти для аналізу стану біорізноманіття широко використовується індикативний підхід, в тому числі – індекс MSA (Alkemade et al., 2009). Індекс розраховується як добуток типологічних одиниць агроландшафту з урахуванням відповідних показників впливу на стан біорізноманіття ( $MSA_i$ ):

$$MSA_i = MSA_{LU} * MSA_I * MSA_F * MSA_N * MSA_{CC}, \quad (1)$$

де:  $MSA_{LU}$  – зміни у землекористуванні (*land cover/land use*);  $MSA_I$  – вплив інфраструктури (*infrastructural development*);

$MSA_F$  – показник фрагментації (*fragmentation*);

$MSA_N$  – атмосферні випадіння азоту (*atmospheric N deposition*);

$MSA_{CC}$  – кліматичні зміни – функція від зміни середньої глобальної температури (*climate change*).

При розрахунках індексу використовували рекомендовані показники очікуваних значень впливу на біорізноманіття чинників антропогенного та природного походження [7, 8, 9].

Очікувані значення впливу для агроландшафтів, лук, водно-болотних угідь залежно від відстані до доріг наступні [10]:

- 0,5 – при відстані 0,0–0,5 км (високий рівень дії);
- 0,75 – при відстані 0,5–1,5 км (середній рівень впливу);
- 0,90 – при відстані при відстані 1,5–5,0 км (помірний рівень дії);
- 1,0 – при відстані  $\geq 5$  км. (вплив відсутній)

Показник  $MSA_F$  (фрагментація) залежно від площі фрагменту природної екосистеми може набувати наступних значень:

- ✓  $1 \text{ км}^2 - 0,55$ ;
  - ✓  $10 \text{ км}^2 - 0,75$ ;
  - ✓  $100 \text{ км}^2 - 0,85$ ;
  - ✓  $1000 \text{ км}^2 - 0,95$ ;
- Більше  $10000 \text{ км}^2 - 1$ .

$MSA_{CC}$  як функція від зміни середньої глобальної температури обчислювали за наступною формулою:

$$MSA_{CC} = 1 - S * \Delta t, \quad (2)$$

де  $\Delta t$  – зсув температур (для 2010 року це передбачення склало  $0,759^\circ\text{C}$  за даними моделі IMAGE);

$S$  – сенситивність (чутливість) біому.

Індекс чутливий до довготривалих чинників впливу і не реагує на короткочасні, які можуть призводити до кризи біорізноманіття, такі як застосування пестицидів, агрохімікатів тощо. Недолік цього індикативного підходу нівелюється за жорсткого виконання чинного законодавства із збереження навколишнього природного середовища. В умовах України оптимальним шляхом визначення екологічних порушень може бути використання методів біоіндикації на основі систем моніторингу біоти агроландшафтів. В Україні функціонує два види моніторингу стану агробіорізноманіття: фітосанітарний моніторинг та облік чисельності тварин і птахів, які є об'єктами полювання. Відомо, що зміни екологічних умов впливають на видове різноманіття та чисельність багатьох видів птахів, угруповання яких є найбільш чутливими до змін навколишнього природного середовища [11]. Специфіка екологічного статусу шкідливих організмів та труднощі їх таксономічного визначення значно обмежують використання їх у якості можливих індикаторів агробіорізноманіття.

Вплив типу ландшафтного покриву й типу використання земель на показник різноманіття  $MSA_{LU}$  наведено на рисунку 1.

Як видно з даних, представлених на рисунку, найсприятливіші для біорізноманіття ландшафтно-екологічні умови склалися в Генічеському, Якимівському та Новотроїцькому районах (індекс  $MSA_{LU}$  для них становить 0,58, 0,46 та 0,46 відповідно). У цілому, чітко простежується градієнт зі

сходу на захід збільшення індексу  $MSA_{LU}$ . Чернігівський та Куйбишевський райони характеризуються найменшими значеннями цього показника (0,20 та 0,19 відповідно), що пов'язане з найбільшою площею, що займають у цих адміністративних одиницях землі сільськогосподарського призначення.

Вплив доріг як інфраструктурного фактора модулюється щільністю населення. Очевидно, інтенсивність використання доріг, а таким чином, і рівень впливу інфраструктури на біорізноманіття, буде тим вище, чим вище щільність населення. Вплив інфраструктурного розвитку на біорізноманіття оцінено за допомогою моделі GLOBIO 2 [12, 13]. Зі збільшенням щільності населення й близькістю до дорожніх мереж індекс  $MSA_I$  сильно зменшується. Для просторового відображення дії інфраструктурних факторів більш зручним є не табличне, а аналітичне подання залежності. Для цього нами проведений регресійний аналіз. У якості залежної змінної виступає індекс  $MSA_I$ , що змінюється в діапазоні 0–1, тому для проведення лінійної регресії цей індекс був логіт-перетворений:

$$\text{Logit}(MSA) = \ln\left(\frac{MSA}{1 - MSA}\right) \quad (3)$$

Змінні-предиктори були попередньо логарифмовані. Результати аналізу представлені в таблиці 1.

Для практичного застосування регресійну функцію необхідно піддати зворотному логіт-перетворенню, у результаті чого отримане рівняння для оцінки  $MSA_I$ :

$$MSA_I = \frac{1}{1 + \exp(0,81Pop - 2,19Dist - 1,90)}, \quad (4)$$

де  $Pop$  і  $Dist$  – логарифми щільності населення та дистанції від дороги відповідно.

Проведений аналіз дозволив встановити, що середнє значення індексу  $MSA_I$  у межах регіону становить 0,61. У найменшому ступені інфраструктура знижує біорізноманіття в західних районах, а в найбільшому – у східних, а також у Мелітопольському і Якимівському районах. Діапазон мінливості індексу  $MSA_I$  становить 0,18–0,73. Це свідчить про те, що в ряді випадків густа інфраструктурна мережа й висока щільність населення можуть бути ключовими факторами зниження різноманіття.

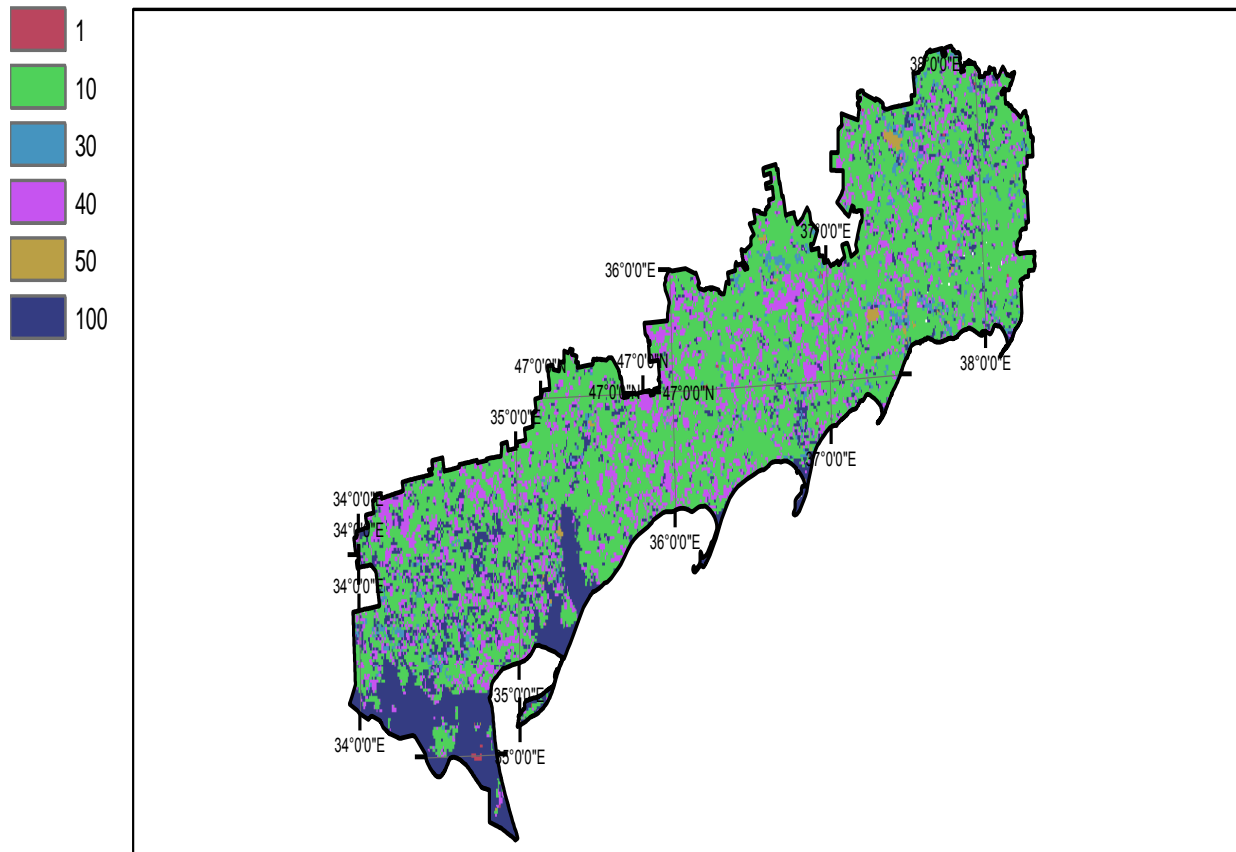


Рис. 1 – Просторова мінливість індексу  $MSA_{LU}$  (в %)

Таблиця 1  
Регресійний аналіз залежності логіт–перетвореного індексу  $MSA_t$  від інфраструктурних факторів

Показник	Beta	Стат. помилка Beta	B	Стат. помилка B	t(б)	p-рівень
Коефіцієнт	–	–	1,90	0,03	55,36	0,00
Логарифм щільності населення, чіл./км <sup>2</sup>	–0,48	0,01	–0,81	0,02	–33,29	0,00
Логарифм дистанції від дороги, км	1,11	0,01	2,19	0,03	76,67	0,00

*Примітка:* Beta – нормований коефіцієнт регресії;  
B – ненормований коефіцієнт регресії.

При оцінці впливу фрагментації ландшафтів звичайно беруть до уваги тільки природні типи ландшафтного різноманіття [10, 14, 15]. Ми вважаємо, що фрагментація антропогенних територій також призводить до зниження різноманіття та її варто враховувати при оцінці загального значення індексу MSA. Значна роль сільськогосподарських угідь у ландшафтному різноманітті регіону робить необхідним облік ролі фрагментації як природних, так і антропогенних

ландшафтів у формуванні біологічного різноманіття. Аналіз фрагментарності структури ландшафтного (біогеоценотичного) покриття як фактора формування біорізноманіття в умовах регіону розкриває два аспекти. Це охорона залишків природного покриття з урахуванням необхідності підтримки або відтворення локусів необхідної довжини й сполученої мережі острівних природних місцеперебувань, які б мали функціональну потенцію підтримки необхідного рівня біо-



логічного різноманіття. Другий аспект – використання ресурсу антропогенно–трансформованих біогеоценозів для підтримки біорізноманіття.

Глобальне підвищення температури негативно впливає на біорізноманіття. Прогнозне підвищення середньомісячних температур в межах досліджуваного регіону відносно передіндустріального періоду демонструє закономірні просторові патерни. Важливо відзначити, що така динаміка відіб'ється як на регіональному біорізноманітті, так і на функціонуванні природних і антропогенно–трансформованих екосистем. Значимість урахування динаміки потепління клімату навіть у короткостроковій перспективі підкреслюється регулярністю встановлених просторових патернів приросту середньорічних локальних температур.

Отримані результати свідчать про те, що наростання температур більшою мірою ймовірно в східній частині регіону. У цій же частині регіону спостерігається збільшення помісячної варіабельності приростів температур. Таким чином, збільшення температури у зв'язку із глобальними змінами

клімату сполучене зі збільшенням варіабельності цього показника.

Результати оцінки індексу MSA у межах регіону представлені на рисунку 2.

Установлено, що у межах досліджуваної території оцінка індексу MSA варіює у межах 0–0,76, а середнє значення індексу для регіону становить 0,10. Таким чином, загальний стан біологічного різноманіття в регіоні варто визнати як дуже напружений. Аналіз зональних статистик (характеристик адміністративних одиниць) дозволяє встановити тренд зменшення різноманіття із заходу на схід. Найбільшим рівнем різноманіття за індексом MSA характеризуються західні райони – Новотроїцький (0,16), Іванівський (0,15), Генічеський (0,14) і Якимівський (0,13). Найменшим різноманіттям відрізняється індустріальний центр Маріуполь (0,03) і східні райони – Першотравневий, Волноваський, Новоазовський, Тельманівський і Старобешівський (для всіх районів індекс MSA становить 0,07).

Результати розрахунків індексу MSA по підзонам регіону досліджень, усереднених показників чисельності популяцій об'єктів моніторингу наведено в таблиці 2.

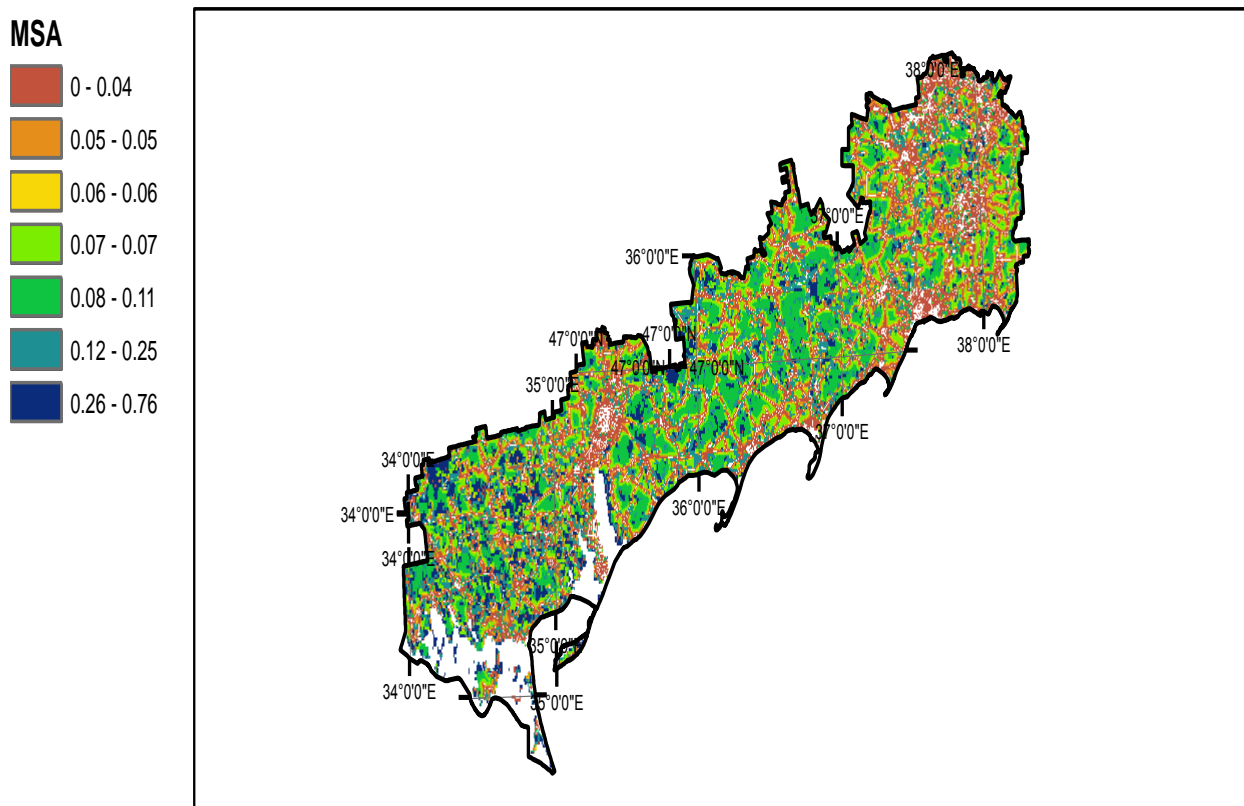


Рис. 2 – Просторова мінливість та зональні статистики по адміністративним одиницям індексу MSA

Таблиця 2

Щільність популяцій видів-індикаторів асоційованого агробіорізноманіття за підзонами (за період 2001–2017 р.)

Підзона	Вид	Статистичні показники				
		Середня	Медіана	Мінімум	Максимум	CV, %
Східна (MSA = 0,07)	Сіра куріпка	2,03	2,03	1,72	2,41	9,10
	Фазан звичайний	1,22	1,30	0,27	1,83	35,84
	Перепілка	3,15	3,10	2,08	4,31	22,05
	Заєць-русак	3,08	3,08	2,58	3,78	9,66
Центральна (MSA = 0,10)	Сіра куріпка	2,75	2,72	2,44	3,13	7,82
	Фазан звичайний	2,15	2,11	1,42	2,94	22,05
	Перепілка	2,59	2,51	1,32	3,90	23,37
	Заєць-русак	3,28	3,23	2,07	4,38	16,91
Західна (MSA = 0,15)	Сіра куріпка	2,42	2,38	1,20	4,26	39,19
	Фазан звичайний	0,19	0,20	0,08	0,33	32,53
	Перепілка	2,01	1,98	1,39	3,00	17,21
	Заєць-русак	2,94	2,45	1,24	5,62	51,48

Встановлена залежність законів розподілу видів-індикаторів асоційованого агробіорізноманіття від рівня антропогенного навантаження (рис. 3). Чітко простежується закономірність, що на територіях, які зазнали значного антропогенного тиску, динаміка чисельності тварин описується моделлю лог-серій. На територіях з меншим антропогенним тиском динаміка тварин описується моделями Ципфа або Ципфа-Мандельброта [16].

Аналіз динаміки чисельності видів у часі дозволило знайти системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\Delta x_1}{\Delta t} = a_{11}x_1 + \dots + a_{1i}x_i \\ \dots \\ \frac{\Delta x_i}{\Delta t} = a_{i1}x_1 + \dots + a_{ii}x_i \end{cases} \quad (5)$$

Кожне з рівнянь відображає характер впливу на швидкість зміни чисельності певного виду чисельності цього виду та інших видів угруповання.

Нижче наведена динамічна матриця для угруповання східної підзони:

$$A_e = \begin{pmatrix} -0.67 & -0.12 & -0.02 & -0.04 \\ 0.31 & -0.80 & 0.43 & 0.03 \\ 0.19 & 0.46 & -0.82 & -0.36 \\ 0.01 & 0.10 & -0.06 & -0.70 \end{pmatrix} \quad (6)$$

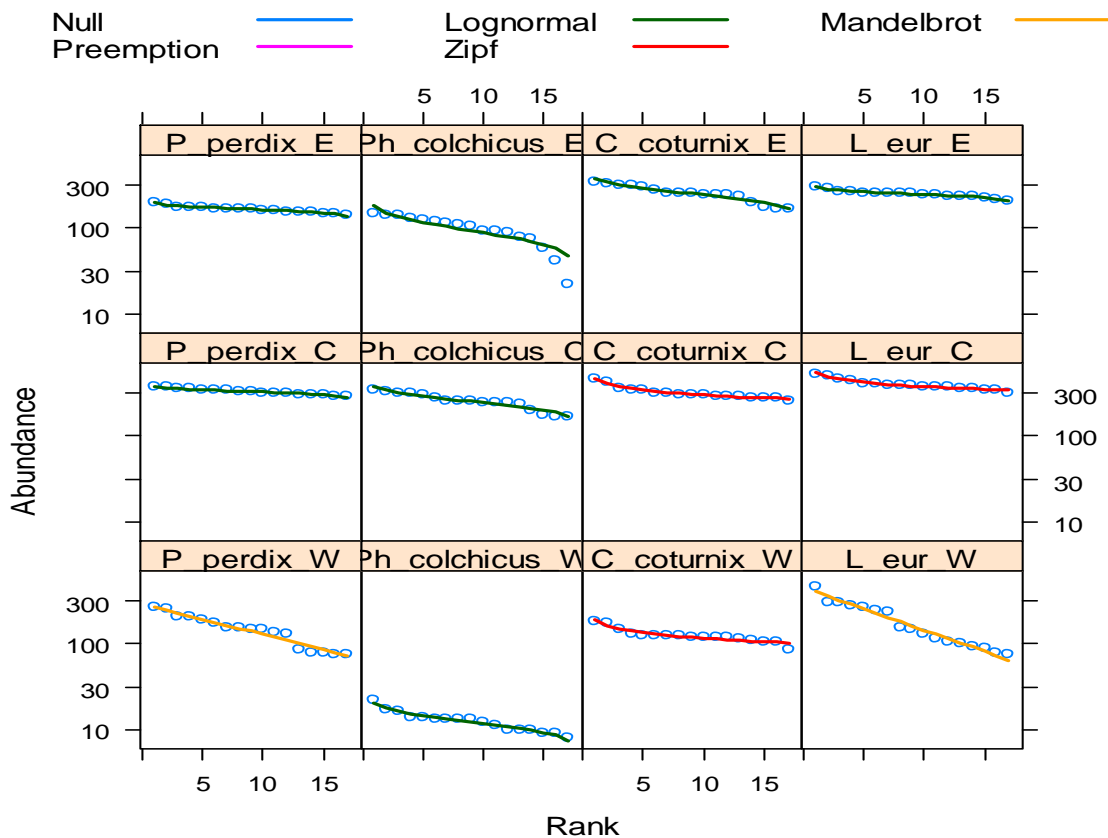
У цій матриці та інших у рядках та стовбцях такий порядок видів: сіра куріпка, фазан, перепілка, заєць-русак. Слід відзначити, що діагональні елементи матриці, які позначають вплив чисельності відповідного виду на його швидкість зміни чисельності, всі негативні. Це свідчить про наявність авторегулюючих механізмів на рівні окремих видів.

Динамічна матриця для центральної підзони має вигляд:

$$A_c = \begin{pmatrix} -0.53 & -0.36 & -0.36 & -0.23 \\ 0.06 & -0.53 & 0.17 & 0.08 \\ 0.03 & -0.37 & -0.78 & -0.06 \\ 0.23 & 0.39 & -0.12 & -0.77 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Між матрицями  $A_e$  та  $A_c$  є певні кількісні розбіжності, але у якісному плані вони є дуже подібними. Під якісною подібністю матриць ми розуміємо напрямок зв'язку (позитивний або негативний), який відображається матрицями. Знаки біля коефіцієнтів цих матриць майже однакові, за винятком характеру впливу фазана на перепілку. Динамічна подібність матриць свідчить про цілісність угруповань тварин у східній та центральній підзонах Північного Приазов'я України.

Динамічна матриця для західної підзони має вигляд:



**Умовні позначки:** верхній ряд – східна підзона, середній – центральна, нижній – західна; P\_perdix – сіра кірпичка; Ph\_colchicus – фазан; C\_coturnix – перепілка; L\_eur – заєць-русак; по осі абсцис – ранги дат за чисельністю, по осі ординат – їх чисельність; точки – експериментальні дані, лінії – модельні залежності; для усіх видів східної підзони, сірої куріпки та фазана в центральній підзоні та фазана в західній підзоні показаний розподіл лог-серій, для перепілки та зайця-русака центральної підзони та перепілки західної – модель Ципфа, для сірої куріпки та зайця-русака західної підзони – Ципфа-Мандельброта.

**Рис. 3** – Розподіли видів ранг-достаток за допомогою теоретичних моделей

$$A_w = \begin{pmatrix} -0.71 & 0.28 & -0.44 & 0.02 \\ 0.00 & -0.34 & -0.12 & 0.55 \\ 0.19 & -0.16 & -0.76 & -0.09 \\ -0.37 & 0.20 & 0.65 & -0.41 \end{pmatrix} \quad (8)$$

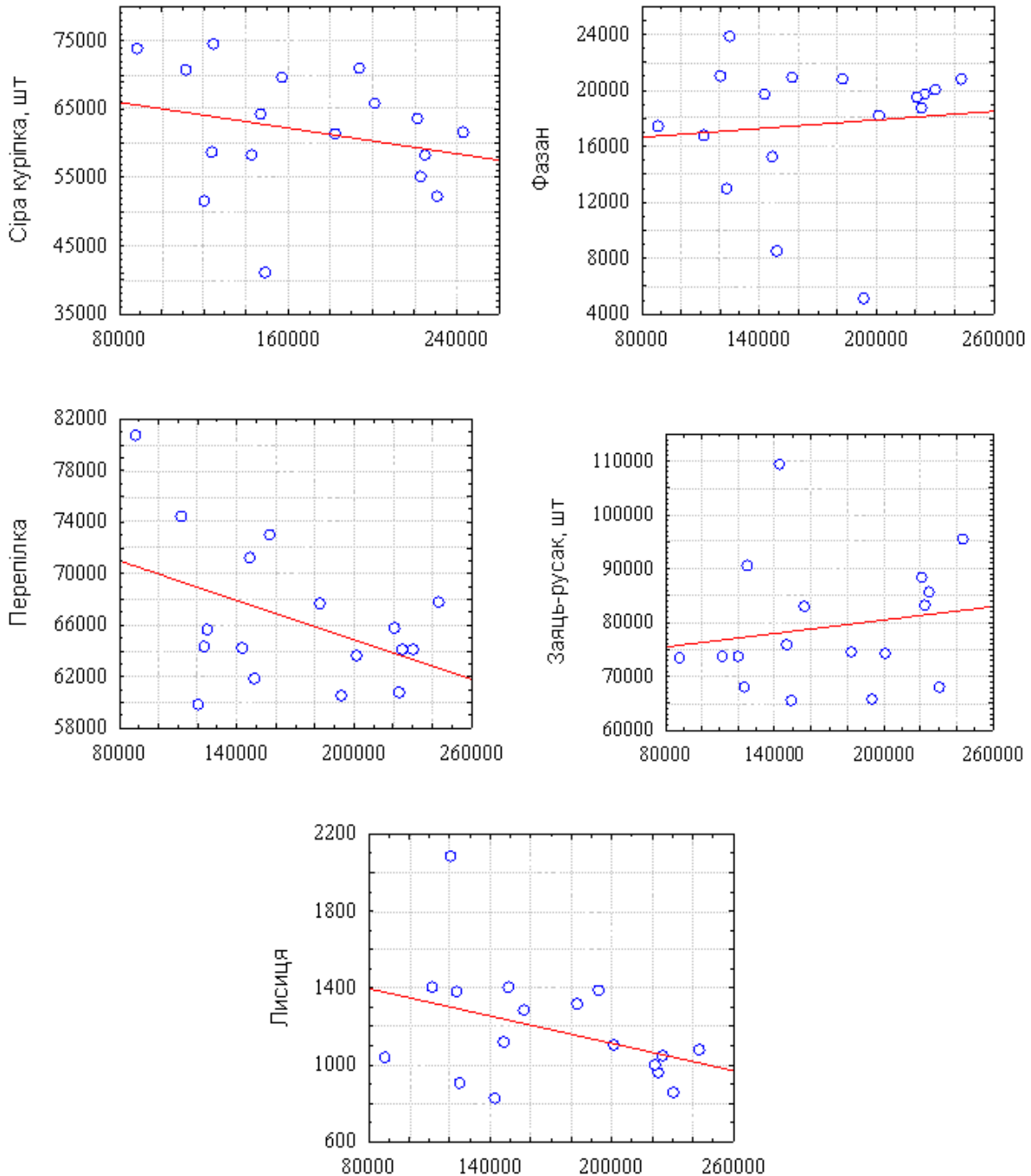
Ця матриця суттєво відрізняється від попередніх переважно наявністю більшої кількості позитивних коефіцієнтів, які також більші за своїм модулем. Очевидно, що матриця західної підзони відображає якісну своєрідність динаміки тваринного населення в умовах меншого антропогенного тиску.

Така система рівнянь повністю відображає динамічні властивості угруповання та дозволяє знайти характеристики стійкості динаміки за Ляпуновим. Встановлено, що всі системи є стійкими. Еластичність, як одна з характеристик стійкості, найбільша в

умовах найбільшої трансформації екосистем. Еластичність поступово зменшується в напрямку східна → центральна → західна підзони, що відповідає напрямку збільшення індексу різноманіття MSA.

Для всіх систем характерна коливальна природа динаміки повернення у стаціонарний стан. Вона обумовлена природою внутрішніх зв'язків між елементами системи та є відображенням властивості стійкості. Принциповою особливістю системи західної підзони є володіння нею властивістю реактивності – здатності у процесі повернення до стаціонарного стану після зовнішнього поштовху значно відхилитися від стаціонарних характеристик.

Аналіз діаграм розсіювання (рис. 4) надає неоднозначні результати про характер впливу пестицидного навантаження на



Умовні позначки: по осі абсцис – пестицидне навантаження, кг

**Рис. 4** – Залежність чисельності індикаторних видів від рівня пестицидного навантаження

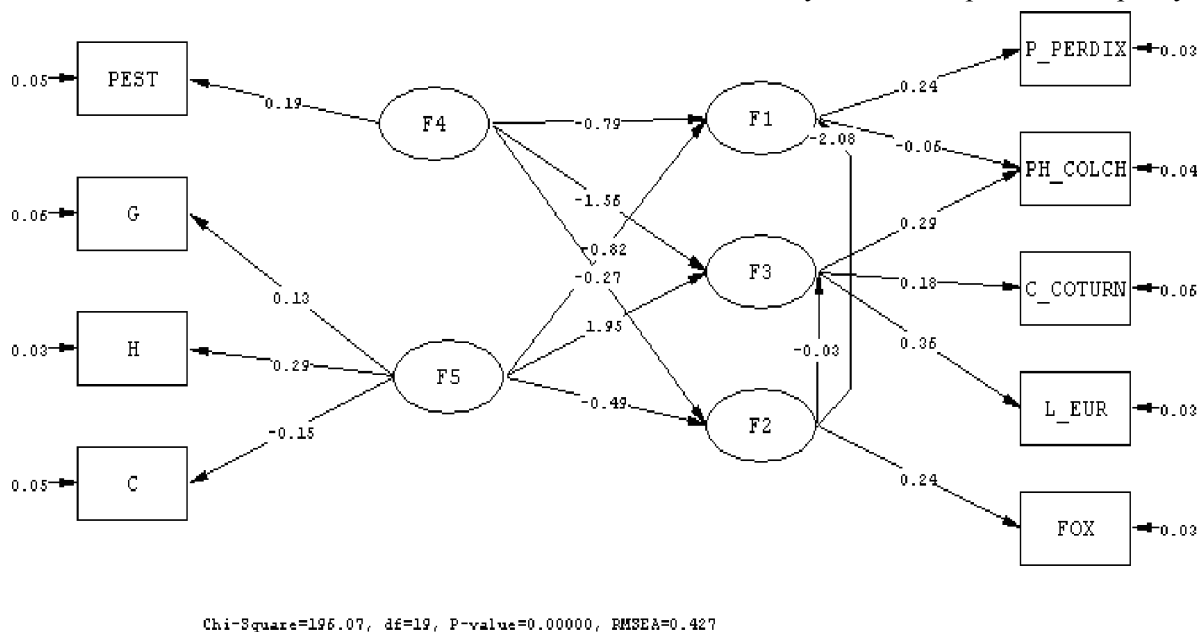
індикаторні види. Так, при збільшенні пестицидного навантаження чисельність таких видів як сіра куріпка, перепілка та лисиця закономірно зменшуються, а таких як фазан та заяць-русак – збільшуються. Таким чином, пряме порівняння пестицидного навантаження та чисельності видів не дає можливості оцінити реальний характер впливу забруднення агроценозів пестицидами та

продуктами їх хімічних перетворень на біологічне різноманіття.

Саме протилежний характер реакції видів-індикаторів на пестицидне навантаження дозволяє сформулювати наступну гіпотезу. Пестицидне навантаження на фоні природної динаміки угруповань живих організмів та режиму сільськогосподарського використання угідь негативно впливає не

тільки на окремі популяції, але й на екосистемні механізми регуляції функціонування та стійкості. Для перевірки цієї гіпотези за Поппером [17] проведено моделювання екологічних взаємодій методом структурних рівнянь.

Структурна схема екологічних взаємодій в умовах пестицидного навантаження наведена на рисунку 5.



Умовні позначки: P\_perdix – сіра куріпка; Ph\_colch – фазан; C\_coturn – перепілка; L\_eur – заць-русак; Fox – лисиця; Pest – пестицидне навантаження; площі культур: G – зернових; H – соняшник; C – овочеві; F1–F5 – латентні фактори; цифри на стрілках, які зв’язують фактори та змінні – нормовані коефіцієнти детермінації; на індивідуальних стрілках – специфічність змінної, яка не пояснюється моделлю.

Рис. 5 – Структурна модель впливу пестицидного навантаження на тваринне населення в умовах динаміки структури сільськогосподарських площ

(фактори F1 та F3 – коефіцієнти детермінації  $-0,79$  та  $-1,56$  відповідно). Блок консументів другого порядку зазнає значно меншого впливу – коефіцієнт детермінації на фактор F2 складає лише  $-0,27$ . Латентний фактор F5, який відображає структуру посівних площ, впливає на всі біотичні компоненти.

Найбільший вплив здійснюється на фактор F3 (детермінація дорівнює  $1,95$ ). Протилежного впливу за знаком зазнають фактори F1 (детермінація складає  $-0,82$ ) та F2 ( $-0,49$ ). Таким чином, чисельність компонентів тваринного населення знаходиться під впливом як пестицидного навантаження, так і структури посівних площ сільгоспкультур. У моделі екологічні зв’язки між біотичними компонентами показані як регулюючий вплив консументів другого порядку на

Моделювання дозволяє оцінити вплив пестицидного навантаження та структури посівних площ на динаміку компонентів тваринного населення. Встановлено, що вплив пестицидного навантаження на тварин є негативним. Коефіцієнти детермінації наведені у нормованому вигляді, що дозволяє порівнювати вплив факторів на інші фактори або змінні. Найбільший вплив пестицидів відчувають консументи першого порядку

консументів першого порядку. Цей вплив за знаком є негативним, що відображає регулювання хижаками чисельності своїх жертв. Вплив хижаків на фактор F1 значно перевищує вплив на фактор F3 (коефіцієнти детермінації  $-2,08$  та  $-0,03$  відповідно).

Слід відзначити, що вплив хижаків на фактор F1 значно перевищує вплив пестицидів. Очевидно, що при збільшенні пестицидного навантаження регулюючий вплив хижаків на фактор F1 буде зменшуватися та при загальному токсичному впливі пестицидів чисельність деяких видів тварин може зростати. Цим можна пояснити результати, наведені на рисунку 4, де при підвищенні пестицидного навантаження деякі види демонструють збільшення чисельності.

За результатами дослідження встановлено, що під впливом пестицидів най-

більш вразливим є регулюючий вплив хижаків на консументів нижчих порядків.

### Висновки

Висока щільність населення та густа інфраструктурна мережа є істотними факторами трансформації біорізноманіття у межах регіону. У межах досліджуваної території оцінка індексу MSA варіює в межах 0–0.76. Середнє арифметичне значення індексу для регіону становить 0.10, що дозволяє визнати загальний стан біологічної різноманіття в регіоні як дуже напружений.

Для всіх досліджених агроecosистем за результатами біоіндикації характерна коливальна природа динаміки повернення у стаціонарний стан. Вона обумовлена природою внутрішніх зв'язків між елементами системи та є відображенням властивості їх екологічної стійкості. Обґрунтовано, що

чисельність окремих видів тварин вказує не тільки представленість того або іншого виду тварин, а є індикатором відповідного трофічного рівня, що значно розширює можливості інтерпретації одержаних даних про динаміку чисельності видів-біоіндикаторів.

В умовах пестицидного пресингу найбільш вразливим є регулюючий вплив зоофагів на консументів нижчих порядків. Тому при збільшенні пестицидного навантаження регулюючий вплив хижаків на ряд представників фітофагів буде зменшуватися, що пояснює явище збільшення чисельності деяких фітофагів при загальному токсичному впливі пестицидів.

### 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. Созінов О. О., Придатко В. І. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади. Кн. 1. К.: Нічлава, 2005. 384 с.
2. Федюшко М. П. Агробіорізноманіття як складова природокористування в Північному Приазов'ї України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. №2 (36). С. 20 – 24. URL: <http://ojs.dsau.dp.ua/index.php/vestnik/article/view/599>
3. Федюшко М. П. Екологічне обґрунтування індикаторних видів асоційованого агробіорізноманіття Північного Приазов'я України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 1 (82). С. 121-129. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vanp\\_2015\\_1\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vanp_2015_1_16)
4. Федюшко М. П., Горбатенко А. А., Гриб О. Г. Індикатори стану асоційованого агробіорізноманіття. *Наукові доповіді НУБіПУ*. 2011. Вип. 5 (27). 14 с. URL: [http://nd.nubip.edu.ua/2011\\_5/11fmp.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2011_5/11fmp.pdf)
5. Федюшко М. П. Біоіндикатори екологічного стану агроландшафтів в умовах Північного Приазов'я. *Сучасні проблеми біології, екології та хімії: матеріали III Міжнародної конференції*. 11 - 13 травня 2012 року, м. Запоріжжя. Запоріжжя: Сору Арт, 2012. С. 436 – 437.
6. Федюшко М. П. Проблеми екологізації агропромислового комплексу України. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. Вип. 214. С. 314-318. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_biol\\_2015\\_214\\_49](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_biol_2015_214_49)
7. Bouman A. F., Kram T., Goldewijk K. Integrated modelling of global environmental change. *An overview of MAGE 2.4*. 2006. URL: [www.ijasa.ac.at/Admin/PUB/.../IR-08-020.p](http://www.ijasa.ac.at/Admin/PUB/.../IR-08-020.p).
8. Alkemade R., Oorschot M., Miles L. GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss. *Ecosystems*, 2009. Vol. 12. P. 374 – 390. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-009-9229-5>
9. The International Biodiversity Project. The Netherlands: The Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP). 2008. 12 p.
10. Prydatko V., Kolomytsev G., Burda R., Chumachenko S. *Landscape Ecology: Textbook On Application Of Pressure-Based Biodiversity Modelling For National And Regional Educational Purposes*. Kyiv: NAU, 2008. 100 p.
11. Казарцева С. Н. Орнитофауна сельскохозяйственных ландшафтов и ее экологические особенности в современных условиях природопользования: на примере Воронежской области. Автореф. диссер. канд с.-х. наук. Воронежский гос. аграрный ун-т им. К.Д. Глинки. 2006. 21 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/ornitofauna-selskokhozyaistvennykh-landshaftov-i-ee-ekologicheskie-osobennosti-v-sovremennykh>

12. Hijmans, R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jones P. G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 2005. Vol. 25. P. 1965-1978.
13. IPCC. (2007). Fourth assessment report: synthesis. URL: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf)
14. Van Rooij W. Manual for biodiversity modelling on a national scale. 2008. URL: <https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/meeting2013/EG13-BG-8.pdf>
15. Alkemade R., Bakkenes M., Bobbink R., Miles L., Nellemann C., Simons H., Tekelenburg T. GLOBIO 3: Framework for the assessment of global terrestrial biodiversity. In A.F. Bouwman, T. Kramand, K. Klein Goldewijk, (Eds.), *Integrated modelling of global environmental change. An overview of IMAGE 2.4*. Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP), Bilthoven, The Netherlands. 2006. P. 171-186.
16. Хайтун С. Д. Количественный анализ социальных явлений. Проблемы и перспективы. М.: КомКнига, 2005. 280 с.
17. Поппер К. Логика и рост научного знания. М.: Прогресс. 1983. 605 с.

### References

1. Sozinov, O. O. & Pridatko, V. I. (2005). Agrobiodiversity of Ukraine: theory, methodology, indicators, examples. Book 1. Kyiv: Nichlava (in Ukrainian).
2. Fedyushko, M. P. (2015). Agrobiodiversity as a component of nature management in the Northern Priazov region of Ukraine. *Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, (2), 20 - 24. Retrieved from <http://ojs.dsau.dp.ua/index.php/vestnik/article/view/599> (in Ukrainian).
3. Fedyushko, M. P. (2015). Ecological substantiation of indicator species of associated agrobiodiversity of the Northern Priazovye of Ukraine. *Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast*, 1 (82), 121-129. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vanp\\_2015\\_1\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vanp_2015_1_16) (in Ukrainian).
4. Fedyushko, M. P. Gorbatenko, A. A. & Hryb, O. G. (2011). Indicators of the state of associated agrobiodiversity. *Scientific reports of NULES*, 5 (27), 14 p. Retrieved from [http://nd.nubip.edu.ua/2011\\_5/11fmp.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2011_5/11fmp.pdf) (in Ukrainian).
5. Fedyushko, M. P. (2012). Bioindicators of ecological condition of agrolandscapes in the conditions of the Northern Azov region. *Proceedings of the III International Conference: Modern problems of biology, ecology and chemistry*, Zaporizhzhia, 2012, May 11-13 (p. 436-437). Zaporizhzhia: Copy Art (in Ukrainian).
6. Fedyushko, M. P. (2015). Problems of greening of the agro-industrial complex of Ukraine. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 214, 314-318. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_biol\\_2015\\_214\\_49](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_biol_2015_214_49) (in Ukrainian).
7. Bouman, A. F., Kram, T. & Goldewijk, K. (2006). Integrated modelling of global environmental change. An overview of MAGE 2.4. Retrieved from [www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/.../IR-08-020.p](http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/.../IR-08-020.p).
8. Alkemade, R., Oorschot, M., Miles L., Nellemann, Ch., Bakkenes M. & Ben ten Brink. (2009). GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss. *Ecosystems*, 12, 374 - 390. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-009-9229-5>
9. The International Biodiversity Project. (2008). The Netherlands: The Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP).
10. Prydatko, V., Kolomytsev, G., Burda, R. & Chumachenko S. (2008). Landscape Ecology: Textbook On Application Of Pressure-Based Biodiversity Modelling For National And Regional Educational Purposes. Kyiv: NAU.
11. Kazartseva, S. N. (2006). Ornithofauna of agricultural landscapes and its ecological features in modern conditions of nature management: on the example of the Voronezh region. (Master's thesis). K.D. Glinka Voronezh State Agrarian University. <https://www.dissercat.com/content/ornitofauna-selskokhozyaistvennykh-landshaftov-i-ee-ekologicheskie-osobennosti-v-sovremennykh> (in Russian).
12. Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. & Jarvis A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965-1978.
13. IPCC. (2007). Fourth assessment report: synthesis. Retrieved from [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf).
14. Van Rooij, W. (2008). Manual for biodiversity modelling on a national scale. Retrieved from <https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/meeting2013/EG13-BG-8.pdf>
15. Alkemade, R., Bakkenes, M., Bobbink, R., Miles, L., Nellemann, C., Simons, H. & Tekelenburg, T. (2006). GLOBIO 3: Framework for the assessment of global terrestrial biodiversity. In A.F. Bouwman, T. Kramand, K. Klein Goldewijk, (Eds.). *Integrated modelling of global environmental change. An overview of IMAGE 2.4*. Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP), Bilthoven, The Netherlands. 171-186.
16. Haitun, S. D. (2005). Quantitative analysis of social phenomena. Problems and prospects. Moscow: KomKniga (in Russian).
17. Popper, K. (1983). Logic and the growth of scientific knowledge. Moscow: Progress (in Russian).

УДК (UDC) 631.433+631.15

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-33-15>

**С. А. БАЛЮК**

доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН

*ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»  
вул. Чайковська, 4 Харків, 61024, Україна*

E-mail: [nsc.issar@gmail.com](mailto:nsc.issar@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8372-6514>

**РЕЦЕНЗІЯ НА МОНОГРАФІЮ**

**КУЧЕРА А. В. «СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОГО  
ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ЯК ЗАПОРУКИ СТІЙКОСТІ ДО ЗМІН КЛІМАТУ»<sup>1</sup>**

**S. A. BALIUK**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS

*NSC "Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry"  
Tchaikovskaya St., 4 Kharkiv, 61024, Ukraine*

**MONOGRAPH REVIEW**

**KUCHER A. V. "STRATEGIC DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF LOW CARBON LAND  
USE TO STRENGTHEN RESILIENCE TO CLIMATE CHANGE"**

На сучасному етапі вплив змін клімату на сільське господарство України не викликає жодного сумніву. Зміни клімату мають різнобічні наслідки для всіх компонентів природних та антропогенних ландшафтів. Кліматичні умови здійснюють прямий і опосередкований впливи на ґрунтоутворювальні процеси. Стан ґрунтів в Україні викликає істотне занепокоєння науковців. За даними вчених ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», площа деградованих сільськогосподарських земель вимірюється в межах 10–15 млн га. Частка деградації земель в Україні внаслідок втрат гумусу й поживних речовин становить близько 43 %. Разом із цим, вплив кліматичних змін на родючість ґрунту ставить під загрозу гарантування продовольчої безпеки населенню. Тому на сучасному етапі питання розробки теоретичних засад і прикладних рекомендацій щодо протистояння можливим негативним наслідкам змін клімату та напрямів пом'якшення цих змін й адаптації агровиробництва до погодно-кліматичних флуктуацій набуває дедалі більшої важливості. Гідрометеорологічні умови зимового періоду 2019–2020 рр. не забезпечили формування запасів продуктивної вологи в ґрунтах України, достатніх для повноцінного росту та розвитку сільськогосподарських рослин, що в поєднанні з іншими несприятливими чинниками ще більше посилюють актуальність проблеми гарантування продовольчої безпеки населення й сталого розвитку. Усе це ґрунтовано свідчить про актуальність, своєчасність, наукову новизну та практичну значущість монографії А. В. Кучера.

Рецензовану монографію присвячено вирішенню актуальної науково-практичної проблеми – розробці еколого-економічних засад і прикладних рекомендацій щодо формування стратегічних напрямів розвитку низьковуглецевого землекористування як запоруки стійкості до змін клімату в аграрному секторі України. Ця монографія є однією з перших спроб комплексно обґрунтувати з позиції міждисциплінарного й трансдисциплінарного підходів стратегію й тактику розвитку низьковуглецевого сільськогосподарського землекористування для формування сталої конкуренто-

<sup>1</sup> Кучер А. В. Стратегічні напрями розвитку низьковуглецевого землекористування як запоруки стійкості до змін клімату: моногр. Харків: ФОП Бровін О. В., 2019. 202 с.

Kucher A. V. Strategic directions of the development of low carbon land use to strengthen resilience to climate change: monograph. Kharkiv: Publisher Brovin, 2019. 202 p.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22016.38400>



спроможності аграрних підприємств й адаптації до глобальних змін клімату.

Рецензована монографія складається з трьох взаємопов'язаних розділів. Перший розділ присвячено теоретичному обґрунтуванню еколого-економічних засад розвитку низьковуглецевого землекористування як запоруки стійкості до змін клімату в аграрному секторі. У цьому розділі на основі аналізу й синтезу зарубіжних і вітчизняних напрацювань обґрунтовано прогнозовані зміни клімату та їхній взаємозв'язок з економічною родючістю ґрунтів, сформовано комплекс заходів щодо адаптації аграрного землекористування до змін клімату; уперше введено в науковий обіг поняття «низьковуглецеве аграрне землекористування» і визначено його сутність. У цьому розділі автором на засадах інституційного, системного, ситуаційного й міждисциплінарних підходів уперше розроблено цілісну концепцію сталого управління органічним вуглецем ґрунту в контексті гарантування продовольчої безпеки й адаптації до змін клімату в сільському господарстві України.

У другому розділі розглядаються екосистемні методологічні засади оцінювання збитків від втрати органічного вуглецю з ґрунту сільськогосподарських угідь. У цьому розділі автором на засадах критичного аналізу й синтезу зарубіжних і вітчизняних методичних підходів щодо визначення збитків від деградації ґрунтів теоретично обґрунтовано, розроблено, формалізовано й апробовано цілісну методологію економічного оцінювання збитків від деградації земель і ґрунтів на засадах екосистемного підходу. Вона включає логічно-сміслову й концептуальну моделі та методикку визначення збитків від деградації земель і ґрунтів у сільському господарстві. Апробація авторської методики дала змогу здійснити одну з перших в Україні економічну (грошову) оцінку екосистемних послуг орного шару ґрунтів сільськогосподарських угідь, побудувати економетричні моделі залежності вартості цих екосистемних послуг від основних агрохімічних показників і визначити збитки від зниження вартості вказаних послуг на національному, зональному та регіональному рівнях.

Значну увагу автор монографії приділив надзвичайно актуальній проблемі еколого-економічного оцінювання збитків від спалювання рослинних решток. Зокрема, цінною в науково-прикладному аспекті є розроблена автором номограма (лінійна економетрична модель), застосування якої дає змогу оперативної кількісно визначити екосистемні збитки від спалювання рослинних решток залежно від їхньої маси на одиницю земельної площі й умісту органічного вуглецю. З урахуванням результатів емпіричних розрахунків абсолютно обґрунтовано автор запропонував посилити економічну відповідальність за спалювання рослинних решток. Крім того, в цьому розділі запропоновано й апробовано методичний підхід до еколого-економічної оцінки емісії CO<sub>2</sub> за різних рівнів антропогенного навантаження.

Третій розділ монографії присвячено питанню обґрунтування стратегічних орієнтирів розвитку низьковуглецевого землекористування в контексті формування сталої конкурентоспроможності аграрних підприємств та економічної родючості ґрунтів як запоруки стійкості до змін клімату. Цей розділ презентує результати макроекономічного оцінювання потенціалу розвитку низьковуглецевого землекористування в Україні, визначення еколого-економічної ефективності стратегічних агроприймів регулювання вуглецевого режиму ґрунтів, обґрунтування потенційних джерел фінансування розвитку низьковуглецевого аграрного землекористування.

Результати монографічного дослідження впливу балансу органічного вуглецю на формування сталої конкурентоспроможності аграрних підприємств (з використанням великих масивів даних), презентовані в цьому розділі, показали фактичний стан і наявні резерви істотного поліпшення ситуації, а також дали змогу авторам запропонувати пріоритетні заходи щодо вдосконалення бюджетно-податкового регулювання розширеного відтворення вмісту органічного вуглецю в ґрунті сільськогосподарських угідь. Ці результати можуть бути корисними як на макrorівні під час розробки й реалізації екологічної політики, так і на мікрорівні під час ухвалення менеджерами обґрунтованих еколого-економічних рішень.

Отже, в цілому представлена монографія є актуальною та ґрунтовною завершеною науковою роботою, що спирається на сучасні теоретичні розробки, економіко-математичну обробку емпіричних даних, комплексний аналіз та узагальнення кращого вітчизняного й зарубіжного досвіду з проблеми адаптації аграрного землекористування до змін клімату. Монографія може бути корисною для політиків, учених, фахівців-практиків, науково-педагогічних працівників, здобувачів вищої освіти й усім, хто цікавиться еколого-економічними питаннями розвитку низьковуглецевого аграрного землекористування.

Рецензія постуила до редакції 24.05.2020 г.

Наукове видання екологічного факультету Харківського національного університету «Людина та довкілля. Проблеми неоекології» є науковим журналом, який включено до Переліку фахових видань ВАК, де публікуються основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора і кандидата географічних наук.

До публікації приймаються статті, які написані українською, російською або англійською мовами згідно за 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. Усі рисунки підписувати як **Рис. 1** – Назва рисунку (розмір 10). Таблиці також оформляти 10 розміром. Слово **Таблиця 1** (жирним, праворуч), на наступному рядку назва таблиці – жирним, по центру, розмір 10.

Орієнтація сторінок – книжкова. Вирівнювання – по ширині. Абзац – 1,0 см.

Для статей необхідно вказати УДК (UDC) (ліворуч, розмір 11), **ініціали та прізвище автора** (розмір 11, жирним, прописними, по центру), науковий ступінь та звання (розмір 11), повну назву установи (розмір 10, курсив) та її повна адреса, e-mail та ORCID ID (розмір 9, по центру). **Назва статті** (жирними прописними, по центру, 11 розмір)

Далі подати анотацію (не менше 1800 знаків) та ключові слова (5-8) мовою статті: розмір 10, інтервал 1,0. Для експериментальних статей подати структуроване резюме, де має бути вказані слова: **Мета. Методи. Результати. Висновки.**

Через інтервал також подати прізвище, організацію, її повну адресу, назву статті, розширену анотацію та ключові слова англійською й російською (кожна не менше 1800 знаків) мовами: розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0. Анотація повинна бути побудована як реферат у реферативних журналах та відражати суть експериментів, основні результати та їх інтерпретацію. Для експериментальних статей подати структуровані резюме де має бути вказані слова: **Purpose: (Цель). Methods (Методы). Result (Результаты). Conclusion (Выводы).**

Статті друкуються українською, російською та англійською мовами.

Текст експериментальної статті повинен складатися з наступних розділів: «Вступ», «Методика» («Об'єкти та методи дослідження»), «Результати», «Обговорення» (можливий об'єднаний розділ «Результати та обговорення»), «Висновки», «Література».

Розділ «Вступ» повинен містити постановку проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями; короткий аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких розпочато рішення даної проблеми, виділення конкретних невирішених питань, яким присвячена стаття, формулювання мети роботи.

Розділ «Методика» повинен містити відомості про об'єкт (об'єкти) дослідження, умови експериментів, аналітичні методи, прилади та реактиви.

У розділі «Результати досліджень» надаються отримані результати та повинно відображувати закономірності, які витікають з отриманих даних. Отриману інформацію необхідно порівняти з наявними літературними даними та показати її новизну.

У розділі «Висновки» надається узагальнення та інтерпретація результатів, аналіз причинно-наслідкових зв'язків між виявленими ефектами, і повинно завершуватись відповіддю на питання, яке поставлено у вступі.

**Література** обов'язково оформляється за ДСТУ 8302:2015, мають бути джерела, що опубліковані за останні 5 років, **URL** – де є: розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0. Кількість посилань має бути не менше 15. Також список літератури, як **References**, має бути поданий за стандартом APA (прізвище, ініціали, назва - англійською, наприкінці у дужках (In Ukrainian) або (In Russian), відповідно, та **Retrieved from** або **DOI**). Посилання на літературу у тексті подаються у прямокутних дужках з вказуванням номера за **порядком посилання**.

**Адреса редакції:** екологічний факультет, 4 поверх, к. 473а, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Майдан Свободи, 6, Харків, Україна, 61022

тел. 057 / 707-56-36, 057 / 707-53-86 моб. 068-612-40-69 e-mail: [ecology.journal@karazin.ua](mailto:ecology.journal@karazin.ua)

Сайт журналу: <http://luddovk.univer.kharkov.ua/> <http://periodicals.karazin.ua/humanenviron/about>

Наукове видання

ЛЮДИНА ТА ДОВКІЛЛЯ. ПРОБЛЕМИ НЕОЕКОЛОГІЇ

Випуск 33

Українською, російською та англійською мовами

Макетування та комп'ютерне верстання  
Баскакова Л. В.

Підписано до друку 29.05.20  
Формат 60x84/8  
Ум. друк. арк. 17,7, Обл.-вид. арк. 20,8.  
Наклад 100 пр. Зам.

61022, м. Харків, майдан Свободи, 6.  
Харківський національний університет  
імені В. Н. Каразіна  
Видавництво

Надруковано ХНУ імені В. Н. Каразіна  
61022, Харків, майдан Свободи, 4. Тел. 705-24-32  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09