

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

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

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

ЗАСНОВАНА 2005 р.

**Випуск 20**

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

**Issue 20**

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

**Выпуск 20**

Харків  
2019

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

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

Вісник є фаховим виданням у галузі географічних наук.  
Наказ МОН України № 1328 від 21.12.2015

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

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

Journal is a professional edition in the field of geographical sciences.  
MES Ukraine Order № 1328 of 21/12/2015

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (протокол 6 від 27.05.2019 р.)

**Головний редактор:** Крайнюков О. М., д-р геогр. наук, проф.,

**Заступник головного редактора:** Тітенко Г. В., канд. геогр. наук, доц.,

**Відповідальний секретар** – Уткіна К.Б., канд. геогр. наук, доц.,

**Технічний секретар** – Баскакова Л.В.

**Редакційна колегія:** Адаменко М.І. д-р техн. наук, проф.,(Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна); Бедункова О.О., д-р біол. наук, проф.,(Національний університет водного господарства та природокористування); Гриценко А. В., д-р геогр. наук, проф., (НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»); Жолткевич Г. М., д-р техн. наук, проф., (Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна); Крайнюкова А. М., д-р біол. наук, проф., (НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»); Кульбачко Ю. Л., д-р біол. наук, проф., (Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара); Кучер А.В., канд. пед. наук, (Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна); Максименко Н. В., д-р геогр. наук, доц., (Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна); Медведєв В. В., д-р біол. наук, проф., (ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім.О. Н. Соколовського НААН»); Некос А. Н., д-р геогр. наук, проф., (Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна); Сафранов Т.А., д-р геол.-мин. наук, проф., (Одеський державний екологічний університет); Сонько С.П., д-р геогр. наук, проф., (Уманський національний університет садівництва); Страшнюк В. Ю., д-р біол. наук, проф.,( Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна); Утевська О. М., д-р біол. наук, проф.,( Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна); Цапко Ю.Л., д-р біол. наук, с.н.с., (ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім.О. Н. Соколовського НААН»); Чаплигіна А. Б., д-р біол.наук, проф.,(Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди); Шабанов Д. А., д-р біол. наук, проф.,( Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна); Шкорбатов Ю. Г., д-р біол. наук, проф.,( Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна);

**Іноземні члени редколегії:** Бойко С., д-р філософії, (Вармінсько-Мазурський університет, м. Ольштин, Польща); Гавардашвілі Г., д-р техн. наук, проф., (Інститут водного господарства імені Ц. Мірцхулави Технічного університету Грузії, м.Тбілісі, Грузія); Доніка А., д-р філософії, Інститут екології та географії, м. Кишинів, Молдова; Кіоспоулос Дж., д-р філософії, проф., (Афінський університет прикладних наук, м. Афін, Греція); Кривцов В., д-р філософії, Едінбургський університет, Великобританія; Млинарчик К.,д-р,проф., (Вармінсько-Мазурський університет, м. Ольштин, Польща); Нахтнебель Х.-П.,д-р, проф. (Університету природних ресурсів та прикладних наук – ВОКУ, м. Відень, Австрія); Шкарубо А., д-р філософії, (Центрально Європейський університет, м. Будапешт, Угорщина).

**Адреса редакційної колегії:** 61022, Харків, майдан Свободи, 6, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, екологічний факультет, кімн. 473а

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

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

Статті пройшли внутрішнє та зовнішнє рецензування.

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

Свідоцтво про державну реєстрацію: KB № 21557-11457P від 21.08.2015

© Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, оформлення, 2019

## ЗМІСТ

### *НОВІ НАПРЯМИ, ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ*

**Медінець В. І., Чеберкус Д. В., Жеребчук С. В., Медінець С. В., Черкез Є. А., Снігірьов С. М. Ковальова Н. В.**

Концептуальні засади відновлення науково-дослідницької інфраструктури для забезпечення морських досліджень в Україні..... 6

**Вінічук М. М., Скиба Г. В., Єльнікова Т. О., Мандро Ю. Н.**

Біоаккумуляція окремих металів та неметалів у міцелії та плодових тілах ектомікоризних грибів..... 23

**Волков А. І.**

Перспективи використання систем підтримки прийняття рішень щодо оцінки та контролю рівня техногенного навантаження на довкілля..... 32

### *ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ*

**Газетов Є. І., Медінець В. І., Снігірьов С. М., Снігірьов П. М., Абакумов О. М., Піщик В. З.**

Дослідження гідрологічних характеристик морських вод біля острова Зміїний в 2016-2017 рр. (рос.)..... 42

**Снігірьов С. М., Люмкіс П. В., Медінець В. І., Газетов Є. І., Снігірьов П. М., Абакумов А. М., Піщик В. З., Солтис І. Є.**

Дослідження мезозoopланктону прибережних вод острова Зміїний в 2016-2017 рр. (рос.)..... 56

**Дерезюк Н. В.**

Багаторічні дослідження популяцій фітопланктону влітку на акваторії Дністровського лиману (2003-2018 рр.)..... 70

**Перхач О. Р.**

Аналіз ресурсів водосховищ та ставків Львівської області..... 80

### *ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА*

**Берлінський М. А., Сагайдак М. О.**

Оцінка головних чинників замулення підхідного каналу порту Азовсталь (м. Маріуполь, Україна) (рос.)..... 87

**Крайнюков О. М., Тімченко В. Д.**

Оцінювання економічних наслідків антропогенного забруднення водних об'єктів (на прикладі В'ялівського водосховища)..... 97

**Бірюков О. В.**

Дослідження концентрацій біогенних речовин та їх зв'язок зі стоком р. Сіверський Донець у межах Харківської області..... 104

**Максименко Н. В., Мороз О. П.**

Оцінка екологічного ризику при вживанні сирих і варених овочів..... 116

**Bekhter A., Śmigielski K.**

Негативні впливи на природне середовище хімічних засобів, що використовуються проти патогенів картоплі (англ.)..... 128

### *ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ*

**Круглов О. В., Коляда В. П., Ачасова А. О., Назарок П. Г., Шевченко М. В.**

Протиерозійна оптимізація території аграрних господарств на прикладі Харківської області, Україна..... 135

**Правила для авторів..... 144**

## CONTENTS

### *NEW DIRECTIONS, INNOVATIVE RESEARCHES*

<b>Medinets V. I., Cheberkus D. V., Zhrebchuk S. V., Medinets S. V., Cherkez E. A., Snigirov S. M., Kovalova N. V.</b> Conceptual Basis for Research Infrastructure Restoration to Ensure Marine Studies in Ukraine.....	6
<b>Vinichuk M. M., Skyba G. V., Yelnikova T. O., Mandro Y. N.</b> Bioaccumulation of Selected Metals and Non-Metals in Mycelium and Fruit Bodies of Ectomycorrhizal Fungi.....	23
<b>Volkov A. I.</b> Prospects for Using of Decision Support Systems for Assessment and Control of Technogenic Pressure on the Environment.....	32

### *ECOLOGICAL RESEARCHES OF GEOSYSTEM*

<b>Gazyetov Ye. I., Medinets V. I., Snigirov S. M., Snigirov P. M., Abakumov A. N., Pitsyk V. Z.</b> Study of Marine Waters Hydrological Characteristics Near the Zmiinyi Island in 2016-2017.....	42
<b>Snigirov S. M., Lyumkis P. V., Medinets V. I., Gazetov Ye. I., Snigirov P. M., Abakumov A. N., Pitsyk V. Z., Soltys I. Ye.</b> Studies of Mezozooplankton in the Zmiinyi Island Coastal Waters in 2016-2017.....	56
<b>Dereziuk N.V.</b> Multi-Year Study of Phytoplankton Population in the Dnistrovskiy Estuary in Summer (2003-2018).....	70
<b>Perkhach O. R.</b> Analysis of Water Reservoirs and Ponds Resources in the Lviv Region.....	80

### *ENVIRONMENTAL ECOLOGICAL SAFETY*

<b>Berlinsky N. A., Sahaidak M. O.</b> The Estimation of the Main Silting Factors in the Marine Artificial Channel of the Port of Azovstal (Mariupol, Ukraine).....	87
<b>Krainiukov O.M., Timchenko V.D.</b> Evaluation of Economic Consequences of Anthropogenic Pollution of Water Objects (on the Example of Vyalivsky reservoir).....	97
<b>Biryukov A.V.</b> Research of Biogenic Substances Concentrations and their Connection With Runoff of the Siverskiy Donets River in the Borders of the Kharkiv Area.....	104
<b>Maksymenko N. V., Moroz O. P.</b> Estimation of Environmental Risk when Eating Raw and Boiled Vegetables.....	116
<b>Bekhter A., Śmigielski K.</b> Negative Effects of Chemicals Used Against Potato Pathogens on the Natural Environment.....	128

### *BALANCED NATURE USE*

<b>Kruhlov O. V., Kolyada V. P., Achasova A. O., Nazarok P. G., Shevchenko M. V.</b> Anti-Erosion Optimization of the Territory of Agrarian Farms on the Example of the Kharkiv Region, Ukraine.....	135
<b>Instructions for Authors.....</b>	144

## СОДЕРЖАНИЕ

### **НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ, ИННОВАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

- Мединец В. И., Чеберкус Д. В., Жеребчук С. В., Мединец С. В., Черкез Е. А., Снигирев С. М., Ковалева Н. В.**  
Концептуальные основы восстановления научно-исследовательской инфраструктуры для обеспечения морских исследований в Украине..... 6
- Виничук М. М., Скиба Г. В., Ельникова Т. О., Мандро Ю. Н.**  
Биоаккумуляция отдельных металлов и неметаллов в мицелии и плодовых телах эктомикоризных грибов..... 23
- Волков А.И.**  
Перспективы использования систем поддержки принятия решений относительно оценки и контроля уровня техногенной нагрузки на окружающую среду..... 32

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ**

- Газетов Е. И., Мединец В. И., Снигирев С. М., Снигирев П. М., Абакумов А. Н., Пицык В. З.**  
Исследования гидрологических характеристик морских вод у острова Змеиный в 2016-2017 гг. (рус.)..... 42
- Снигирев С. М., Люмкис П. В., Мединец В. И., Газетов Е. И., Снигирев П. М., Абакумов А. Н., Пицык В. З., Солтис И. Е.**  
Исследования мезозоопланктона прибрежных вод острова Змеиный в 2016-2017 гг..... 56
- Дерезюк Н. В.**  
Многолетние исследования популяций фитопланктона летом на акватории Днестровского лимана (2003-2018 гг.)..... 70
- Перхач О. Р.**  
Анализ ресурсов водохранилищ и прудов Львовской области ..... 80

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

- Берлинский Н. А., Сагайдак М. А.**  
Оценка основных факторов заиления подходного канала порта Азовсталь (г. Мариуполь, Украина)..... 87
- Крайнюков А. Н., Тимченко В. Д.**  
Оценка экономических последствий антропогенного загрязнения водных объектов (на примере Вяловского водохранилища) ..... 97
- Бирюков А. В.**  
Исследование концентраций биогенных веществ и их связь со стоком р. Северский Донец в пределах Харьковской области..... 104
- Максименко Н. В., Мороз А. П.**  
Оценка экологического риска при употреблении сырых и вареных овощей..... 116
- Bekhter A., Śmigielski K.**  
Негативное влияние на природную среду химических средств, которые используются против патогенов картофеля (англ.)..... 128

### **СБАЛАНСИРОВАННОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

- Круглов А. В., Коляда В. П., Ачасова А. А., Назарок П. Г., Шевченко Н. В.**  
Противоэрозийная оптимизация территории на уровне аграрных хозяйств на примере Харьковской области, Украина..... 135
- Правила для авторов**..... 144

## НОВІ НАПРЯМИ, ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 504.064.36

**В. І. МЕДІНЕЦЬ<sup>1</sup>**, канд. фіз.-мат. наук, с.н.с., **Д. В. ЧЕБЕРКУС<sup>2</sup>**, канд. екон. наук, с. н. с.,  
**С. В. ЖЕРЕБЧУК<sup>2</sup>**, **С. В. МЕДІНЕЦЬ<sup>1</sup>**, д-р природ. наук,  
**С. А. ЧЕРКЕЗ<sup>1</sup>**, д-р геол.-мінерал. наук, проф., **С. М. СНИГІРЬОВ<sup>1</sup>**, канд. біол. наук,  
**Н. В. КОВАЛЬОВА<sup>1</sup>**, канд. біол. наук, с. н. с.

<sup>1</sup>Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна

<sup>2</sup>Міністерство освіти і науки України, м. Київ, Україна

E-mail: [medinets@te.net.ua](mailto:medinets@te.net.ua) <http://orcid.org/0000-0001-7543-7504>

[cheberkus81@gmail.com](mailto:cheberkus81@gmail.com)

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

[s.medinets@gmail.com](mailto:s.medinets@gmail.com) <http://orcid.org/0000-0001-5980-1054>

[eacherkez@gmail.com](mailto:eacherkez@gmail.com) <http://www.researcherid.com/rid/L-4538-2018>

[snigirev@te.net.ua](mailto:snigirev@te.net.ua) <https://orcid.org/0000-0003-3287-2519>

[n.kovaleva@onu.edu.ua](mailto:n.kovaleva@onu.edu.ua) <https://orcid.org/0000-0002-9710-0993>

### КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ВІДНОВЛЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОРСЬКИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В УКРАЇНІ

**Ціль.** Обґрунтування та формулювання концептуальних засад створення ефективної національної системи морських досліджень, яка була би базовою складовою інформаційного забезпечення національних економічних і військових інтересів України в Чорному і Азовському морях. **Результати.** Проаналізовано сучасний стан науково-дослідницьких інфраструктур для проведення морських досліджень в Україні та існуючої законодавчої бази. Розглянуті питання пошуку оптимальних шляхів вирішення проблеми, насамперед принципи та механізми відновлення та функціонування цілісної системи морських досліджень. Обґрунтовані заходи і кроки щодо створення національної системи сталого розвитку морських досліджень в Україні, діяльність якої буде спрямована на забезпечення Уряду і заінтересованих міністерств та відомств сучасною інформацією для захисту національних інтересів, підвищення безпеки, збереження суверенітету держави. Наведений перелік конкретних заходів майбутньої програми, які розподілені та 3 блоки: а) організаційні, б) створення сучасної науково-дослідної інфраструктури, с) виконання наукових досліджень у виключній (морській) економічній зоні України. **Висновки.** Науково-дослідницький потенціал України в останнє десятиріччя зменшився до мінімально критичного за всі роки незалежності, насамперед, внаслідок анексії Криму та прилеглої шельфу Чорного моря Російською Федерацією. Діюча в Україні відомча система фінансування та виконання наукових досліджень при проведенні цільових морських досліджень в інтересах конкретних міністерств та відомств неспроможна вирішити існуючі проблеми. Єдиним шляхом вирішення проблеми є розробка та впровадження Державної цільової науково-технічної програми, ключовими пріоритетами якої буде вирішення низки однакових міжнародних проблем усіх чорноморських країн та національні інтереси України. Створення новітньої національної системи наукових досліджень неможливо реалізувати без створення відповідної інфраструктури, відновлення науково-дослідного флоту та сучасної системи підготовки спеціалістів морських галузей з урахуванням досвіду європейської та світової науки.

**Ключові слова:** Чорне море, Азовське море, морські дослідження, науково-дослідницька інфраструктура, екосистема, Морська доктрина

Medinets V. I.<sup>1</sup>, Cheberkus D. V.<sup>2</sup>, Zherebchuk S. V.<sup>2</sup>, Medinets S. V.<sup>1</sup>, Cherkez E. A.<sup>1</sup>, Snigirov S. M.<sup>1</sup>, Kovalova N. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Odessa National I.I. Mechnikov University, Odessa, Ukraine

<sup>2</sup>Ministry of Education and Science of Ukraine, Kiev, Ukraine

### CONCEPTUAL BASIS FOR RESEARCH INFRASTRUCTURE RESTORATION TO ENSURE MARINE STUDIES IN UKRAINE

**Purpose.** Substantiation and formulation of conceptual basis to establish an effective National marine research system as a basic constituent of information support of Ukrainian economic and military interests in the Black and Azov Seas. **Results.** Current state of marine research infrastructures in Ukraine has been analysed, as well as the current legal framework. The issues of finding the ways to resolve the problem has been considered, first of all principles and mechanisms of an integrated system of marine studies restoration and functioning.

© Мединець В.І., Чеберкус Д. В., Жеребчук С. В., Мединець С. В., Черкез Є. А., Снігірєв С. М., Ковальова Н. В., 2019

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-20-01>

Measures and steps have been substantiated to establish the National system of sustainable marine studies in Ukraine. The National system will be aimed at provision of the Government and the interested ministries and departments with up-to-date information for protection of National interests, enhancement of security, protection of sovereignty of the state. The list of concrete measures of the future programme has been presented and divided into three blocks: a) institutional, b) establishing of the up-to-date research infrastructure, c) performing of studies in the exclusive (marine) economic zone of Ukraine. **Conclusions.** Research potential of Ukraine has decreased during the past decade down to minimal critical level out of all the years since independence, first of all as the result of annexation of the Crimea and the adjacent Black Sea shelf area by Russian Federation. The departmental system of research financing and performing currently used in Ukrainian for goal-orientated marine studies in the interests of specific ministries and departments is unable to solve the existing problems. The only way out is to develop and implement a State target scientific and technical programme; its key priorities shall be solving of a number of similar international problems existing in all the Black Sea countries and the National interests of Ukraine. Establishing of a newest national research system is impossible without creation of a respective infrastructure, restoration of research fleet and an up-to-date system of marine specialists training taking into account the experience of European and world science.

**Key-words:** Black Sea, Azov Sea, marine studies, research infrastructure, ecosystem, Maritime Doctrine

Мединец В. И.<sup>1</sup>, Чеберкус Д. В.<sup>2</sup>, Жеребчук С. В.<sup>2</sup>, Мединец С. В.<sup>1</sup>, Черкез Е. А.<sup>1</sup>,  
Снигирев С. М.<sup>1</sup>, Ковалева Н. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, Одесса, Украина

<sup>2</sup>Министерство образования и науки Украины, Киев, Украина

#### КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УКРАИНЕ.

**Цель.** Обоснование и формулирование концептуальных основ создания эффективной национальной системы морских исследований, которая была бы базовой составляющей информационного обеспечения национальных экономических и военных интересов Украины в Черном и Азовском морях. **Результаты.** Проанализировано современное состояние научно-исследовательских инфраструктур для проведения морских исследований в Украине и существующей законодательной базы. Рассмотрены вопросы поиска оптимальных путей решения проблемы, в первую очередь принципы и механизмы восстановления и функционирования целостной системы морских исследований. Обоснованы меры и шаги для создания национальной системы устойчивого развития морских исследований в Украине, деятельность которой будет направлена на обеспечение Правительства и заинтересованных министерств и ведомств современной информацией для защиты национальных интересов, повышение безопасности, сохранение суверенитета государства. Приведен перечень конкретных мер будущей программы, разделенных на три блока: а) организационные, б) создание современной научно-исследовательской инфраструктуры, в) выполнение научных исследований в исключительной (морской) экономической зоне Украины. **Выводы.** Научно-исследовательский потенциал Украины в последнее десятилетие уменьшился до минимально критического за все годы независимости, в первую очередь в результате аннексии Крыма и прилегающего шельфа Черного моря Российской Федерацией. Действующая в Украине ведомственная система финансирования и выполнения научных исследований при проведении целевых морских исследований в интересах конкретных министерств и ведомств не в состоянии решить существующие проблемы. Единственным путем решения проблемы является разработка и внедрение Государственной целевой научно-технической программы, ключевыми приоритетами которой будет решение ряда одинаковых международных проблем всех черноморских стран и национальные интересы Украины. Создание новейшей национальной системы научных исследований нельзя реализовать без создания соответствующей инфраструктуры, восстановления научно-исследовательского флота и современной системы подготовки специалистов морских отраслей с учетом опыта европейской и мировой науки.

**Ключевые слова:** Черное море, Азовское море, морские исследования, научно-исследовательская инфраструктура, экосистема, Морская доктрина

Відомо [1], що морська діяльність будь-якої держави була і залишається однією з найважливіших складових економічного зростання та забезпечення національної безпеки. В останні роки вітчизняний морегосподарський комплекс зазнав великих збитків, які перетворили нашу державу з міцної морської – на «країну у моря». Однак в Україні зберігається значний потенціал та активи для

відродження морської діяльності [1], зокрема відновлення системи морських досліджень в Україні [2,3]. Серед морських активів України виділяються природні ресурси, наявність морських портів та берегової інфраструктури, економіко-географічне положення та морський науково-технічний потенціал. Найважливішою умовою розвитку України як морської держави є реалізація національних інтересів в

прибережній зоні, у внутрішніх морських водах, територіальному морі, у виключній економічній зоні, на континентальному шельфі України та у відкритому морі. Враховуючи той факт, що найважливішою ознакою належності країни до розвинутих морських держав є існування в ній національної системи морських наукових досліджень з міцною науково-дослідницькою інфраструктурою, що дозволяє їй ефективно використовувати, охороняти та відновлювати морські ресурси та забезпечувати власні національні економічні і військові інтереси в виключних морських економічних зонах, вирішення проблеми створення національної системи морських досліджень в Україні в останні роки знаходяться в полі зору МОН та НАН України, які у 2016 році створили спільну Міжвідомчу координаційну раду з питань морських досліджень [4] та в листопаді 2016 року провели науково-практичну конференцію «Морські дослідження і технології в Україні» [5]. Базуючись на результатах оцінки морської діяльності та аналізу загроз для України, зокрема анексії Криму, у грудні 2018 року Кабінет Міністрів України затвердив нову редакцію Морської доктрини України на період до 2035 року [6], окремим розділом якої продекларовано передбачено збереження та розвиток науково-технічного потенціалу, науково-дослідного флоту, морських фундаментальних і прикладних досліджень.

Ціллю нашої роботи є обґрунтування та формулювання концептуальних засад створення ефективної національної системи морських досліджень, яка була би базовою складовою інформаційного забезпечення національних економічних і військових інтересів України в Чорному і Азовському морях.

Враховуючи складність і величезну вар-

тість створення сучасної національної системи морських досліджень, функціонування якої неможливо без відповідної науково-дослідницької інфраструктури і підготовлених спеціалістів, для досягнення мети нами були проаналізовані стан існуючих в країні об'єктів науково-дослідницької інфраструктури та науково-освітнього потенціалу у сфері морських досліджень України, національної законодавчої бази та діючої системи організації та фінансування наукових досліджень морського спрямування. По результатах аналізу було сформульовано концептуальні принципи, перелік та шляхи вирішення найважливіших і найбільш критичних проблем створення ефективної національної системи морських наукових досліджень, які неможливо вирішити без фінансової підтримки держави. Тільки після цього можна буде перейти до конкретних рекомендацій та заходів щодо відновлення/створення сучасної системи національної та Національного плану довгострокових дій щодо забезпечення функціонування національної системи проведення наукових морських досліджень до 2035 року.

**Стан науково-дослідницького та науково-освітнього потенціалу у сфері морських досліджень України.** Як було показано в роботах [2,3], науково-дослідницький та науково-освітній потенціал у сфері морських досліджень України в останні десятиріччя зменшився до мінімально критичного за всі роки незалежності України, насамперед, внаслідок втрати контрольованих Україною морських територій після анексії Криму та прилеглого шельфу Чорного і Азовського морів Російською Федерацією у 2014 р., що проілюстровано рисунку [7,8].

Наші оцінки показали, що розміри контрольованої Україною виключної морської



Рис. – Морські зони Чорного і Азовського моря, які контролювались Україною до (зліва) та контролюються після (праворуч) анексії Криму Російською Федерацією у 2014 році [5,6]



економічної зони Чорного і Азовського морів, внаслідок анексії Криму, зменшилися в цілому за площею з 134780 до 43811 км<sup>2</sup> (в 3,07 рази), за довжиною берегової лінії з 4595 до 2695 км (в 1,70 рази), в тому числі в Чорному морі з 110956 до 28153 км<sup>2</sup> (в 3,9 рази) і з 3001 до 2040 км (в 1,50 рази), а в Азовському морі з 23914 до 14658 км<sup>2</sup> (в 1,63 рази) та з 1593 до 655 км (в 2,43 рази), відповідно.

Крім територіальних та матеріальних втрат, було втрачено контроль над унікальними базами даних багаторічних досліджень Світового океану, Чорного і Азовського морів, тому що більшість українських наукових установ та закладів вищої освіти, що були ключовими з питань проведення морських досліджень, з відповідною науково-дослідною і науково-навчальною інфраструктурою (лабораторії, науково-дослідні станції, науково-дослідні судна, автономні підводні буї та апарати ARGO, інформаційні бази даних) та більшість спеціалістів та науковців морського профілю залишилися в Криму. Тобто науково-дослідницький та науково-освітній потенціал у сфері морських досліджень зменшився до мінімального за всі роки незалежності України. При цьому треба відмітити, що в останні роки практично не було звернень до МОН від Міністерств та відомств щодо цільового державного замовлення на підготовку спеціалістів морського профілю, хоча вже зараз можна прогнозувати, що різке погіршення забезпечення спеціалістами та науковцями галузей морського спрямування внаслідок неможливості готувати на сучасному рівні необхідних для України фахівців та спеціалістів, що викликано, насамперед відсутністю сучасних дослідницьких і навчальних лабораторій і плавзасобів, вже призводить до потреби користуватись послугами інших країн для підготовки необхідних спеціалістів, тобто веде до повної втрати освітнього суверенітету в галузі морських досліджень.

**Стан науково-дослідницької інфраструктури.** В той же час, такі країни Азовсько-Чорноморському басейні, як Болгарія, Туреччина, Румунія, Росія і Грузія в останні роки приділяють значну увагу створенню та модернізації національних науково-дослідницьких інфраструктур, насамперед науково-дослідницького флоту, та розвитку науково-освітнього потенціалу. З усіх причорноморських країн в останні роки лише Україна не мала діючих науково-дослідницьких

суден та займала останнє місце за наявністю сучасних науково-дослідницьких та науково-навчальних інфраструктурних об'єктів (морські станції, полігони, лабораторії і таке інше). За нашими оцінками, внаслідок анексії Криму Російською Федерацією, за даними аналізу зібраної офіційної інформації від центральних органів виконавчої влади (ЦОВВ) було втрачено основних фондів науково-дослідних організацій і Вишів на загальну суму біля 6 млрд. грн. в цінах кінця 2013 р., з яких біля 5 млрд. грн. складає вартість науково-дослідницьких інфраструктурних об'єктів. При цьому найбільші втрати в Криму понесли НАНУ (біля 4 млрд. грн.) та МОН (біля 1 млрд. грн.).

Втрати об'єктів науково-дослідної інфраструктури (лабораторії, науково-дослідні судна і таке інше) не тільки призводить до занепаду науково-дослідної діяльності в цілому, але також гальмує розвиток освітнянської галузі, тобто є основною причиною деградації та девальвації національного наукового потенціалу в цілому, що вже призводить до залучення іноземних суден, науковців і спеціалістів для вирішення суто національних проблем, які ще десятиріччя тому держава могла вирішувати власними силами.

**Стан національної законодавчої бази.** Національна правова база щодо проведення наукових морських досліджень складається з двох складових: міжнародні обов'язки України та внутрішнє національне законодавство.

Існуючі міжнародні обов'язки України визначені вимогами Угоди про асоціацію України з ЄС та Міжнародних Конвенцій, підписантом яких є Україна, насамперед Конвенція із захисту Чорного моря від забруднення, Конвенція про збереження мігруючих видів диких тварин, Міжнародна Угода про збереження китоподібних Чорного моря, Середземного моря та прилеглої акваторії Атлантичного океану, Всеєвропейська стратегія збереження біологічної та ландшафтної різноманітності та інші. Особливу увагу в останні роки приділяється вимогам Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, якою передбачено впровадження двох базових директив: Рамкової Директиви ЄС з морської стратегії (РДМС) та Водної рамкової директиви ЄС (ВРД), у відповідності з якими до 2020 року передбачено досягнення доброго екологічного статусу в усіх морях Європи, а також

забезпечення збереження ресурсної бази, від якої залежить економіка і соціальна сфера територій держав – членів та асоційованих членів ЄС, прилеглих до морів.

Крім міжнародних обов'язків існує велика низка національних інтересів, окремим з яких приділялась увага з боку держави. В середньостроковому плані пріоритетних дій Уряду до 2020 р., затвердженому 3 квітня 2017 року №275 р. [9] відмічалось, що «питання поліпшення екологічного стану Чорного та Азовського морів не мають належного відображення у жодному з програмних документів, ухвалених на державному рівні», «питання охорони та відтворення довкілля Азовського та Чорного морів набули особливого значення у зв'язку із тимчасовою окупацією території Автономної Республіки Крим і втратою Україною контролю над частиною її акваторії у Чорному та Азовському морях». Також цим документом було визнано, що нагальними екологічними проблемами Азовського та Чорного морів є: високий рівень забруднення морських вод; загроза здоров'ю населення і незворотної втрати біорізноманіття та біоресурсів моря; зменшення обсягів вилову риби та заготівлі морепродуктів; зниження якості морських рекреаційних ресурсів; руйнування морського берега та інтенсифікація негативних геологічних процесів; відсутність системи інтегрованого управління морським природокористуванням; загроза зникнення видів тварин і рослин, що занесені до Червоної книги України; зменшення обсягів розведення цінних промислових видів риби. При цьому декларувалось, що «нагальною потребою у вирішенні питання охорони та відтворення морського довкілля є застосування європейських підходів щодо встановлення стратегічних природоохоронних цілей та індикаторів політики у коротко-, середньо- та довгостроковій перспективі на основі базової оцінки морських вод та реалізації плану природоохоронних заходів для досягнення хорошого екологічного стану». Цим планом передбачалось: перегляд (актуалізація) цілей і завдань державної природоохоронної політики, розроблення Стратегії морської природоохоронної політики; здійснення базової оцінки морських вод (у межах української частини акваторії Чорного та Азовського морів), визначення екологічного стану та встановлення природоохоронних цілей та індикаторів; запровадження програми моніторингу для здійснення поточної оцінки та регулярного

оновлення цілей; розроблення плану заходів щодо досягнення хорошого екологічного стану морського довкілля.

Найбільш повним базовим документом національного рівня в Україні в останні роки була «Морська доктрина України на період до 2035» (далі – Доктрина), яка була введена в дію Постановою Кабінету Міністрів України від 7 жовтня 2009 р. № 1307 з затвердженнями у грудні 2018 року змінами [6], якими передбачається, що «на сучасному етапі становлення України особливого значення набуває фактор утвердження її як морської держави, виходячи з її просторових і геофізичних особливостей, місця та ролі у глобальній та регіональній системі міжнародних відносин». В Доктрині визначено, що до пріоритетних національних інтересів на морі належать задоволення потреб суспільства, економіки і держави у використанні ресурсів моря, посилення позиції України серед провідних морських держав, а також забезпечення безпеки шляхом: запобігання забрудненню морського середовища, проведення ефективного екологічного моніторингу; досягнення стану морського природного середовища у територіальних водах та у винятковій морській економічній зоні України, яке відповідає поняттю «добрий екологічний стан» у розумінні Рамкової Директиви Європейського Союзу про Морську Стратегію, та підтримання такого стану в довготривалій перспективі; провадження морегосподарської діяльності з вивчення, розвідки, видобування, використання, збереження невідновних та відтворення відновних ресурсів, які не відносяться до водних біоресурсів та мінімізації шкоди навколишньому природному середовищу під час експлуатації ресурсів моря; вивчення, збереження, невиснажливе видобування та стале відтворення рибних та інших водних біоресурсів; проведення морських наукових досліджень; підготовки та перепідготовки моряків, науковців та інших фахівців, зайнятих морською діяльністю. Окремий розділ Доктрини присвячений збереженню, використанню та розвитку науково-технічного потенціалу морегосподарської діяльності, системи підготовки та перепідготовки наукових кадрів, науководослідного флоту, фундаментальних і прикладних досліджень є важливим фактором сталого розвитку морської діяльності в державі.

При цьому пріоритетними напрямами розвитку науково-технічного потенціалу ви-

значені наступні: розроблення комплексної програми розвитку морського наукового і науково-технічного потенціалу на середньо- та довгострокову перспективу; підготовка пропозиції щодо створення національних морських наукових і науково-технічних дослідницьких центрів та надання їм фінансової підтримки з метою компенсації втрат науково-дослідного потенціалу у сфері морських досліджень у зв'язку з тимчасовою окупацією частини території України; розвиток кадрового наукового потенціалу шляхом розвитку системи освіти, підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації наукових кадрів; активізація міжнародного науково-технічного співробітництва у сфері морської діяльності; державна підтримка найважливіших морських наукових організацій і науково-дослідних проектів на селективній і конкурсній основі; інвентаризація науково-дослідного флоту, визначення спроможності суден з урахуванням технічного стану та рівня оснащення забезпечити виконання необхідних наукових та практичних завдань; впровадження механізму державної підтримки науково-дослідного флоту, організація комплексних морських експедицій; охорона морського середовища, ресурсо- та енергозбереження.

**Стан існуючої системи організації та фінансування наукових досліджень морського спрямування.** Внаслідок політико-економічної ситуації в останні роки в Україні практично припинилось проведення реальних регулярних експедиційних і польових досліджень, направлених на підвищення обороноздатності в морській сфері (Міноборони:ВМС

ЗСУ України), вивчення стану техногенних зон (Мінінфраструктури: Адміністрація морських портів України, Укрдержгідрографія), МВС (Адміністрація Державної прикордонної служби України – Адміністрація Держприкордонслужби). У всьому недостатньому обсязі фінансуються з державного бюджету морські дослідження Міністерства аграрної політики (Державне Агентство Рибного Господарства України), Мінприроди (Державна служба геології та надр України (Держгеонадра), **Міністерства внутрішніх справ України** (Державна служба з надзвичайних ситуацій МВС України), МОН та інших ЦОВВ.

Аналіз існуючої системи організації та фінансування наукових досліджень морського спрямування в Україні у 2014–2017 роках (таблиця ) показав не тільки обмеженість, а і розпорошеність фінансових ресурсів. Мінімальні фінансові ресурси з державного бюджету, які виділялись для морських досліджень (в середньому щорічно 16,8 млн. грн..) по 7 різним міністерствам і відомствам та були неkoordinовані ні за тематикою, ні в часі і просторі їх виконання.

Щорічно регулярні морські дослідження і спостереження проводились Одеським національним університетом імені І. І. Мечникова з фінансуванням МОН та окремих міжнародних проектів в прибережних водах острова Зміїний та в Одеській затоці, а також МВС (Державна служба з надзвичайних ситуацій МВС України) на мережі прибережних гідрометеорологічних станцій Гідрометслужби України. Окремі важливі морські експедиції проведено ДУ «Причорноморгеологія»

Таблиця

**Зведена інформація ЦОВВ про обсяги фінансування морських досліджень і спостережень у 2014–2017 рр.**

Назва ЦОВВ	Обсяги з державного бюджету, млн. грн. (всього/експедиції)	Обсяги з міжнародних проектів, млн. грн. (всього/експедиції)
МОН	6,633/0,074	6,129/0,548
Міноборони	0,240/0	0/0
Мінінфраструктури	Не надано інформації	Не надано інформації
Мінприроди	37,887/8,100	3,381/3,381
Міністерство аграрної політики	1,226/0,518	0/0
Міністерство внутрішніх справ України*	21,926/1,893	1,950/0
НАН України	Не надано інформації	Не надано інформації
Взагалі (без НАНУ та Мінінфраструктури)	67,093/10,585	11,460/3,929

Примітки: \* – більшість витрат скерована на проведення гідрометеорологічних спостережень організаціями Гідрометслужби України

на власному геологічному судні «Іскатель») у 2016–2017 рр. з фінансуванням з бюджету у України та Українським науковим центром екології моря Мінприроди України за фінансуванням з міжнародного проекту ЕМБЛАС II на орендованих румунському науковому судні «Маре Нигрум» у 2016–2017 рр. та на вітчизняному судні «Auguste Piccard» у 2017 р. Тобто питанням цільового виділення ресурсів для відновлення науково-дослідницької інфраструктури морських досліджень та координації зусиль всіх відомств і міністерств увага в останні роки на державному рівні практично не приділялась.

Детальний аналіз системи фінансування наукових досліджень і проведення спостережень за станом морського середовища в Україні свідчить (таблиця), що в цілому державне бюджетне фінансування у 2014–2017 рр. складало 67,093 млн. грн., з яких 10,585 млн. грн. були спрямовані на експедиційну та моніторингову діяльність. Найбільші обсяги бюджетних асигнувань за 2014–2017 рр. на морські дослідження і спостереження виділяло Мінприроди (37,887 млн. грн.), МВС України (21, 926 млн. грн.) та МОН (6,633 млн. грн.) Найменші обсяги фінансування морських досліджень були у Міноборони : всього – 0,240 млн. грн. За рахунок міжнародних проектів було залучено всього 11,460 млн. грн. з яких 3.929 млн. грн. на експедиції. На жаль, НАНУ та Мінінфраструктури не відповіли на запити МОН щодо виконання і фінансування морських наукових досліджень у 2014–2017 рр.

Аналіз планування, організації і використання результатів морських досліджень національного рівня та виконання міжнародних обов'язків України перед ООН, МОК та іншими міжнародними організаціями і Конвенціями показав, що нечисленні галузеві наукові морські дослідження не координуються з єдиного центру та виконуються на різному науковому рівні, тобто відсутня цілісна національна система морських досліджень, яка покриває всі фази та рівні надання цих послуг науковими організаціями та закладами всіх зацікавлених відомств. Відсутність єдиної національної системи адміністрування і координації морських досліджень призводить до додаткової деградації морських досліджень та втрати минулих досягнень в морській галузі взагалі, що з кожним роком підвищує залежність від закордонних наукових та експертних центрів, тобто втрачається

суверенітет морських досліджень .

Найбільш важливими чинниками такої ситуації в останні роки є відсутність:

- сучасної спеціалізованої науково-дослідницької інфраструктури (насамперед діючих науково-дослідних суден, застаріле лабораторне і експедиційне обладнання, спеціалізованих морських наукових центрів і таке інше);

- цільового державного фінансування реальних морських експедиційних досліджень з використанням українських науково-дослідних суден як на національному рівні, так і в межах бюджетів окремих міністерств і відомств;

- системи підвищення кваліфікації як для спеціалістів морських галузей, так і для державних службовців, які опікуються питаннями проведення морських наукових досліджень, насамперед природних ресурсів;

- реальної потреби у науково-обґрунтованих рекомендаціях вчених для прийняття управлінських рішень різними органами влади;

- реальної уваги питанням відновлення та розвитку морського наукового потенціалу країни для досліджень стану, використання і охорони природних морських ресурсів;

- системності в правовому врегулюванні питань фінансування морських досліджень та відновлення відповідної науково-дослідницької інфраструктури на національному рівні;

- міжвідомчої координації під час планування, організації і використання результатів морських досліджень національного рівня та виконання міжнародних обов'язків України перед ООН, МОК та іншими міжнародними організаціями і Конвенціями;

- окремого напрямку «Морські дослідження» серед пріоритетних напрямів розвитку.

Більшість чинників існуючих проблем занепаду морських галузей були обумовлені не тільки економічним становищем держави, але й недостатньою увагою до наукових досліджень з боку місцевих, регіональних та вищих органів влади, та їх некомпетентністю, що призводить до змін в ментальності і звуженого сучасного розуміння поняття «морські дослідження», як представниками органів влади, так в останні роки вже і науковцями, тому що реальні дослідження процесів і стану середовища морської економічної зони України звужуються до окремих робіт по збереженню морегосподарчих об'єктів (порти, заводи і др.) та проведенню досліджень в при-

бережних водах. При цьому при проведенні оцінок стану морського середовища і морських природних ресурсів використовуються старі дані, тому що сучасних даних немає. Практично відсутні морські прикладні дослідження, ціллю яких є проведення обов'язкової наукової експертизи рішень органів центральної і місцевої влади при вирішенні питань використання та відновлення морських природних ресурсів, а також рішень, які потенційно можуть впливати на стан та забруднення екосистем Чорного і Азовського морів. Результати нечисленних досліджень, які все ж таки мали місце в останні роки, не завжди є відкритими і доступними для науковців та експертів, тому що відсутня єдина національна система накопичення та збереження інформації первинних результатів відкритих морських досліджень, які обов'язково потрібно зробити доступними та безкоштовними при виконанні бюджетних наукових морських досліджень в інтересах держави та з урахуванням фінансових інтересів власника даних на комерційній основі – для інших користувачів. Викликає також велике занепокоєння питання відповідності сучасним міжнародним вимогам використання застарілого обладнання, які використовуються українськими організаціями. Головною причиною такого становища була відсутність інвестицій та інновацій у процес проведення морських наукових досліджень.

Пріоритетними шляхами вирішення завдання створення сучасної інноваційної дієвої національної системи наукових морських досліджень світового рівня є системні зміни у сферах їх адміністрування, координації і концентрування фінансових ресурсів; інвестиційна підтримка створення сучасної науково-дослідницької інфраструктури та підготовки сучасних спеціалістів, що дозволить забезпечити морський науковий суверенітет та захист національних інтересів та підвищити обороноздатність. Найбільш дієвим механізмом реалізації цих шляхів є підготовка спеціальної науково-технічної програми, в якій будуть визначені принципи та інноваційні механізми відновлення та функціонування цілісної системи морських досліджень, яка буде включати як організаційні заходи, так і інвестиційні заходи щодо створення сучасної науково-дослідницької інфраструктури, що дозволить почати реальні морські дос-

лідження та дасть змогу повернути нашу країну в перелік провідних морських держав.

При розробці Програми необхідно врахувати сучасний досвід функціонування національних систем морських досліджень країн ЄС, які базуються на використанні комплексних підходів [10]: екосистемного та DAPSI(W)R(M), де **Drivers** – це рушійні сили, **Activities** – види діяльності, **Pressures** – навантаження, **State changes** – стан та його зміни, **Impacts (on human Welfare)** – впливи (на добробут людини), **Responses (as Measures)** – реагування, як заходи. Концептуально Програма повинна базуватись на інноваційних програмно-цільовому та проектно-цільовому підходах фінансування з бюджету країни. При цьому головними завданнями Програми повинно бути створення за 5 років першої черги ефективної морської науково-дослідницької інфраструктури (плавзасоби, лабораторії, підготовлений персонал) для початку функціонування ефективної національної системи наукових морських досліджень та розробка довгострокового плану, які забезпечать майбутнє повернення України до клубу розвинутих морських держав.

Враховуючі недостатність фінансових ресурсів на сучасному етапі, основні результати виконання морських наукових досліджень Програми мають бути прикладними і спрямованими на науково-обґрунтоване вирішення найбільш критичних пріоритетних завдань Уряду щодо відновлення морських галузей народного господарства на основі сконсолідованих та скоординованих зусиль ЦОВВ та організацій і науковців, які займаються морськими дослідженнями в Україні. При цьому слід зазначити, що пріоритетними елементами програми повинні бути інвестиції та інновації в створення національної системи наукових досліджень, результати яких будуть використовуватись Урядом для перспективного планування розвитку держави на найближчі 10–15 років та прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень, які будуть сконцентровані на забезпеченні захисту національних інтересів Україні, збереження суверенітету в морській галузі та формування державницької позиції при виконанні міжнародних обов'язків України. Обов'язковою умовою інвестиційно-інноваційного підходу буде застосування сучасного світового досвіду, методології та оснащення для здійснення наукових морських досліджень та підготовки

спеціалістів на науковців, які будуть спроможні використовувати надсучасні технології у проведенні досліджень. Крім того, при створенні сучасної науково-дослідницької інфраструктури для проведення морських досліджень необхідно передбачити регулярний збір, накопичення, збереження, обробку та використання експериментальних даних про стан морського середовища.

Якщо брати до уваги економічну, оборонну, безпекову і соціальну значущість проблеми відновлення державної системи морських досліджень та науково-дослідницьких інфраструктур, то вкрай актуальним завданням є не удосконалення існуючої, а створення новітньої системи організації єдиної національної системи морських наукових досліджень, яка би замінила відомчі системи, які вже показали свою неідеальність в сучасних соціально-економічних умовах та урахуванням змін, що відбулися в країні та Азово-Чорноморському регіоні.

З метою створення ефективної державної (національної) системи наукових морських досліджень для забезпечення національних інтересів та підвищення обороноздатності України, для виконання існуючих міжнародних обов'язків України перед ООН, МОК ЮНЕСКО, Угоди про асоціацію з ЄС, міжнародних Конвенцій та угод, базуючись на розпорядженні Прем'єр Міністра України Гройсмана В.Б. від 10 травня 2018 р. № 16360/1/1-18 щодо розробки Концепції «Державної цільової науково-технічної програми відновлення морських досліджень та науково-дослідницької інфраструктури до 2025 року» МОН спільно з іншими ЦОВВ у 2018 році почав розробку Концепції державної цільової науково-технічної програми відновлення морських досліджень та науково-дослідницької інфраструктури, в якій необхідно передбачити організацію співпраці з міжнародними організаціями стосовно започаткування нових і продовження реалізації наявних відповідних міжнародних проектів морського спрямування з обов'язковим урахуванням вимог забезпечення морського суверенітету та обороноздатності держави.

В проекті Концепції, розробку якої МОН закінчив у 2018 р., передбачені механізми відновлення та функціонування цілісної системи морських досліджень, яка включатиме заходи щодо організації і створення сучасної науково-дослідницької інфраструкту-

ри та проведення реальних морських досліджень в Україні, що дозволить повернути Україну в перелік провідних морських держав. Аналіз варіанту адаптації діючої в Україні відомчої системи фінансування та виконання наукових досліджень при проведенні цільових морських досліджень в інтересах конкретних міністерств та відомств, який практикувався протягом останніх десятиріч, показав свою неспроможність і неефективність у вирішенні існуючих проблем, насамперед тому, що у міністерствах і відомствах використовуються різні підходи до відбору наукових проектів та виконавців для фінансування з державного бюджету. Ці підходи не забезпечують розв'язання системних цільових проблем національного рівня, оскільки, не передбачають вирішення конкретної національної проблеми, а вирішують вузькі відомчі інтереси. Головним недоліком цього варіанту є те, що виконавці самі визначають проблеми та цілі і механізми вирішення цих проблем. Тобто при цьому варіанті, інтереси держави при формулюванні конкретних завдань для вирішення національних проблем і отримання реального конкретного наукового результату, який був би в подальшому використаний для вирішення існуючих актуальних проблем розвитку національної економіки та захисту національних інтересів, безпеки та обороноздатності країни, залишаються практично неврахованими.

**Варіант** кардинальних системних змін принципів організації національної системи морських наукових досліджень з використанням нових інвестиційно-інноваційних моделей організації та управління на основі формулювання та погодження ЦОВВ конкретних пріоритетних (найбільш важливих) проблем, лише після затвердження яких можна сформулювати перелік морських наукових цільових напрямів і завдань, результати яких будуть використані Урядом в подальшому для вирішення існуючих внутрішніх економічних, соціальних, екологічних та міжнародних проблем, пов'язаних з ефективним використанням та захистом природних морських ресурсів та задля прогнозування виникнення таких проблем в майбутньому. По кожному з пріоритетних напрямів і завдань морських наукових досліджень заплановано створити мережу базових наукових організацій, на які буде покладено функції навчально-тренувальних центрів та безпосередня участь у виконанні конкретних комплексних проблемно-

орієнтованих проектів Програми, що виключать дублювання досліджень. Крім того, враховуючи економічну, оборонну, безпекову і соціальну значущість проблеми відновлення державної системи морських досліджень та науково-дослідницьких інфраструктур найбільш прийнятним шляхом вирішення проблеми є створення єдиної національної системи морських наукових досліджень у відповідності з міжнародними обов'язками та національними інтересами України замість відомчих систем, які вже показали свою неієднотність і слабкість в сучасних соціально-економічних умовах та з урахуванням змін, що відбулися в країні й Азово-Чорноморському регіоні. Для координації і системності в системі управління всіма морськими науковими організаціями пропонується створити в структурі МОН Національний координаційно-експертний центр морських досліджень (НКЕЦМД), який буде відповідати за виконання всіх етапів програми та підготовку доповідей щодо виконання міжнародних обов'язків, за які відповідає МОН, а також готувати національну доповідь про морські дослідження та організацію накопичування і збереження експериментальних даних. Цей Центр повинен мати змогу фінансувати залучення провідних вчених, як українських, так і закордонних, для проведення експертиз проектів та вирішення інших завдань.

**Концептуально запропоновано наступні способи розв'язання проблеми, які будуть здійснюватиметься за погодженими напрямками і завданнями шляхом виконання комплексу наступних заходів:**

- запровадити нову сучасну державну систему організації та адміністрування морських досліджень, яка буде базуватись на пріоритетності національних і міжнародних проблем, які будуть визначені на етапі розробки Програми, та створенні мережі базових наукових організацій (навчально-тренувальних центрів) за такими напрямками морських досліджень, як: геологічні ресурси (морська геологія); біологічні ресурси моря, біологічне і мікробіологічне забруднення; спеціальні дослідження для ВМС (гідроакустика, гідрофізика і оптика моря); підводна морська археологія; взаємодія моря і берегової зони (інженерна морська геологія); морська метеорологія і надзвичайні ситуації; хімічне та радіоактивне забруднення, евтрофікація та дампінг; моделювання та прогнозування стану морських

екосистем та збір, обробка та розповсюдження інформації; технології ремедіації та розвитку марікультури та інші.

- розробити короткостроковий і довгостроковий плани відновлення (створення) об'єктів національної науково-дослідницької інфраструктури, насамперед у базових наукових організаціях, для проведення морських наукових досліджень за затвердженими пріоритетними напрямами і завданнями морських наукових досліджень на сучасному світовому рівні;

- сформулювати умови ефективного механізму конкурсного відбору відповідальних виконавців комплексних проектів Програми, технічні завдання на які будуть заздалегідь сформульовані. При цьому будуть враховуватись результати незалежного аудиту досвіду персоналу і реального оснащення базових наукових та інших організацій – виконавців завдань програми;

- впровадити однакові для всіх учасників програми процедури проведення конкурсних відборів та оцінювання запропонованих проектів вирішення завдань науково-технічної цільової програми, по кожному з яких заздалегідь будуть складені відповідні технічні завдання, які будуть включені в умови конкурсного відбору виконавців.

- розробити алгоритм об'єктивного аналізу результатів виконання завдань програми, який буде базуватись насамперед на важливості результатів для країни та соціально-економічних показників їх впровадження для оцінки стану морських мінеральних та живих ресурси моря, біологічного і мікробіологічного забруднення, якості морського середовища виключної економічної зони України, можливості підвищення обороноздатності та ВМС (гідроакустика, гідрофізика і оптика моря), пошуку та збереження підводних археологічних об'єктів, вивчення процесів взаємодії моря і берегової зони (інженерна морська геологія), підвищенню ефективності попередження надзвичайних ситуацій, ризиків від хімічного та радіоактивного забруднення, евтрофікації та дампінгу. При цьому всі прогностичні оцінки повинні базуватись на результатах моделювання з використанням створеної сучасної системи збору, обробки та розповсюдження інформації, в тому числі космічної.

Ефективна система організації наукових морських досліджень повинна відбудову-

ватись та функціонувати на принципах сучасної світової практики проведення морських досліджень, а саме:

- простота і ефективність організації та управління процесами морських досліджень;
- наявність сучасної інфраструктури для проведення морських наукових досліджень;
- прозорість і публічність (за виключенням проектів, які спрямовані на забезпечення національних інтересів оборони і національної безпеки);
- формулювання заздалегідь умов та вимог до кожного комплексного проблемно-орієнтованого проекту
- об'єктивність у формулюванні умов відбору виконавців проектів та оцінки результатів;
- виключення дублювання відомчих наукових програм і проектів з завданнями запропонованої програми;
- пріоритетність доступу до виконання наукових завдань, включених до Програми, лише тих наукових організацій, які вже мають досвід та будь-яку науково-дослідну інфраструктуру;
- врахування світових досягнень та завдань світового наукового простору, які сформульовані в програмах ООН та ЄС з проблем досліджень морів та океанів, учасниками яких є Україна;
- створення системи забезпечення морських досліджень фахівцями;
- використання екосистемного та DAPSI(W)R(M) підходів.

- гарантії сталого використання створених об'єктів науково-дослідницької інфраструктури після закінчення Програми.

Застосування зазначених принципів у Програмі передбачатиме:

- відповідальність держави за організацію і фінансування морських наукових досліджень і створення відповідної національної науково-дослідницької інфраструктури ;
- відповідальність, в тому числі і економічна, виконавців Програми перед державою за повне виконання завдань і проектів;
- запровадження цілісної системи ефективного управління і контролю за використанням бюджетних фінансових ресурсів виконавцями програми;
- впровадження успішного світового та європейського досвіду та методології виконання морських наукових досліджень ;
- конструктивну взаємодію учасників і виконавців Програми, ЦОВВ та органів місце-

вого самоврядування, громадських об'єднань та міжнародних організацій;

- залучення міжнародних організацій та європейських партнерів до створення та використання сучасної науково-дослідницької інфраструктури з урахуванням національних інтересів держави.

Для організації ефективного виконання Програми доцільно змінити суспільне сприйняття отримання бюджетних коштів для досліджень «не для задоволення власних наукових інтересів, а задля вирішення конкретних наукових завдань, сформульованих державою».

Ключовим пріоритетом Програми буде врахування низки однакових міжнародних проблем усіх чорноморських країн, які можливо вирішити тільки їх спільними зусиллями, а саме: відновлення і охорона рибних ресурсів та інших живих ресурсів моря, з урахуванням інтродукції нових видів-вселенців, які знищують аборигенні види біоти та рибних ресурсів; прогнозування та попередження ерозії та зсувів берегів; атмосферний перенос забруднювачів на поверхню Чорного моря, який за даними наших науковців, є одним з основних джерел забруднення Чорного моря; річковий стік забруднювачів та сміття; підвищена активність військово-морських сил, насамперед Росії, яка не сприяє відродженню природних живих ресурсів моря; транскордонне забруднення з економічних морських зон інших держав та від річкового стоку Дунаю (60% забруднень від якого надходить в морську економічну зону України).

Особливе значення в останні роки має контроль за виконанням вимог діючих міжнародних угод (конвенцій, директив) тому, що вони є зараз єдиним міжнародним інструментом «добровільного примушування» країн-учасниць цих угод до виконання гармонізованих дій, в тому числі в питаннях збереження і сталого розвитку морських екосистем, базою для яких є наукові дослідження. Найбільш перспективними для міжнародного співробітництва є дії щодо досліджень та моніторингу і оцінки стану природного середовища і ресурсів моря, які повинні бути «скоординованими», «співставними», «зв'язаними в часі», «послідовними» і «порівняльними». Разом з тим повинно бути забезпечене чітке розмежування зон відповідальності суб'єктів такого процесу: органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування, громадських об'єднань, міжнародних органі-



зацій, юридичних осіб незалежно від форми власності, які надають послуги з проведення наукових морських досліджень.

Для підвищення ефективності взаємодії між всіма суб'єктами проведення наукових морських досліджень в Україні та користувачами кінцевої інформації повинні бути застосовані алгоритмізовані процеси проведення та використання результатів наукових проєктів. Це створить умови для запровадження дієвої системи управління та адміністрування між учасниками і виконавцями всіх морських наукових досліджень в країні як на національному, так і на міжнародному рівні та мінімізує ризики дублювання зусиль та роботи різних Міністерств та інших органів державної влади тощо. Перевагу потрібно надавати комплексним проєктам, які будуть спрямовані на вирішення найбільш актуальних завдань Програми, які не входять до обов'язкових суто цільових завдань відомств.

Особливу роль буде грати Національний координаційно-експертний центр морських досліджень (НКЕЦМД), який буде фінансуватись МОН та відповідати за :

- забезпечення організаційних заходів Програми, супровід виконання комплексних наукових проєктів та стале управління створенної науково-дослідницької інфраструктурою після виконання Програми;

- підготовку та впровадження національного плану довгострокових дій щодо відновлення (створення) об'єктів національної науково-дослідницької інфраструктури для проведення морських наукових досліджень;

- підготовку оглядів (національних Доповідей) про стан морських досліджень та відповідних інфраструктур в Україні, підготовки спеціалістів і науковців та відповідної науково-дослідницької інфраструктури в виділеннях найбільш пріоритетних проблем, у вирішенні яких є необхідними наукові морські дослідження;

- організацію, планування і координацію дій всіх учасників запропонованої Програми щодо виконання наукових та спільних експедиційних досліджень ;

- розробку та затвердження конкурсних умов та форм звітності всіма учасниками програми про морські дослідження та експедиції;

- збір інформації та підготовку щорічних звітів про виконання морських досліджень та використання їх результатів всіма організаці-

ями, які будуть учасниками державної Програми;

- підготовку відповідних звітів щодо виконання всіх міжнародних обов'язків України, відповідальність за які Урядом України покладена на МОН (МОК ЮНЕСКО, ООН, BSEC та інші);

- розробку обґрунтувань для МОН на надання дозволів на виконання експедицій закордонними організаціями та суднами;

- підготовку проєктів рішень МОН про централізовану закупівлю типового обладнання для об'єктів морської науково-дослідницької інфраструктури;

- розробку нормативних документів щодо аудиту досвіду та можливостей наукових організацій стосовно існуючої науково-дослідної інфраструктури та кадрового потенціалу, з метою виявлення недоліків, систематизації кращих практик та формування основи для створення сучасної науково-дослідної інфраструктури;

- проведення наукових конференцій та інформування громадськості та засобів масової інформації про хід виконання та результати Програми в частині реалізації актуальних завдань у сфері розвитку морського потенціалу країни.

Створення передумов для виконання і впровадження проблемно-орієнтованих проєктів, спрямованих на забезпечення органів центральної влади комплексною науковою інформацією, яка допоможе не тільки відновити науковий потенціал морських досліджень, а і приймати науково обґрунтовані управлінські рішення, забезпечить захист національних інтересів України, збереження суверенітету в морській галузі та дозволить формувати державницьку позицію при виконанні міжнародних обов'язків України.

Нова сучасна державна система організації та адміністрування морських наукових досліджень буде базуватись на пріоритетності національних і міжнародних проблем, які будуть визначені на етапі розробки Програми, та створенні мережі базових наукових організацій (навчально-тренувальних центрів) за такими напрямками морських досліджень, як: геологічні ресурси (морська геологія); біологічні ресурси моря, біологічне і мікробіологічне забруднення; спеціальні дослідження для ВМС (гідроакустика, гідрофізика і оптика моря); підводна морська археологія; взаємодія моря і берегової зони (інженерна морська

геологія); морська метеорологія і надзвичайні ситуації; хімічне та радіоактивне забруднення, евтрофікація та дампінг; моделювання та прогнозування стану морських екосистем та збір, обробка та розповсюдження інформації; технології ремедіації та розвитку марикультури та інші;

Ця система буде функціонувати на принципах сучасної світової практики проведення морських досліджень, а саме: простота і ефективність організації та управління процесами морських досліджень; наявність сучасної інфраструктури для проведення морських наукових досліджень; прозорість і публічність (за виключенням проектів, які спрямовані на забезпечення національних інтересів оборони і національної безпеки); формування заздалегідь умов та вимог до кожного комплексного проблемно-орієнтованого проекту; об'єктивність у формулюванні умов відбору виконавців проектів та оцінки результатів; виключення можливості дублювання відомчих наукових програм і проектів з завданнями пропонованої програми; пріоритетність доступу до виконання Програми тих наукових організацій, які вже мають досвід та будь-яку науково-дослідну інфраструктуру, до виконання будь-яких відкритих наукових завдань, включених до Програми; врахування світових досягнень та завдань світового наукового простору, які сформульовані в програмах ООН та ЄС з проблем досліджень морів та океанів; створення системи забезпечення морських досліджень фахівцями та молодими науковцями; гарантовано стале використання створених об'єктів науково-дослідницької інфраструктури після закінчення Програми.

Для підвищення ефективності взаємодії між всіма суб'єктами проведення наукових морських досліджень в Україні та користувачами кінцевої інформації повинні бути застосовані алгоритмізовані процеси проведення та використання результатів наукових проектів. Це створить умови для запровадження дієвої системи управління та адміністрування між учасниками і виконавцями всіх морських наукових досліджень в країні як на національному, так і на міжнародному рівні та мінімізує ризики дублювання зусиль та роботи різних Міністерств та інших органів державної влади тощо.

Конкретні рекомендації щодо подальшого розвитку національної системи в процесі реалізації Програми будуть узагальнені в

Національному плані довгострокових дій щодо забезпечення функціонування національної системи проведення наукових морських досліджень до 2035 року.

Перевага в Програмі повинна надаватись комплексним проектам, які будуть спрямовані на вирішення найбільш актуальних міждисциплінарних проблем, що не входять до обов'язкових цільових завдань відомств.

Програму необхідно планувати до виконання у 2019–2025 рр. за такими етапами завдань:

### **1. Організаційні заходи (2019–2025 рр.)**

1.1. Проведення аудиту наукових організацій та створення Єдиного реєстру виконавців морських наукових досліджень;

1.2. Розробка нових механізмів організації та проведення комплексних проблемно-орієнтованих наукових проектів Програми;

1.3. Створення та функціонування НКЕЦМД МОН, національної науково-дослідницької інфраструктури для проведення морських наукових досліджень та мережі базових наукових організацій, які водночас візьмуть на себе функції навчально-тренувальних центрів за окремими напрямками морських досліджень, що забезпечить стале функціонування і управління створеної науково-дослідницькою інфраструктурою після виконання Програми;

1.4. Підготовка з залученням міжнародних експертів пропозицій щодо створення та обсягів фінансування окремих елементів сучасної ефективної науково-дослідної інфраструктури за рахунок джерел технічної допомоги ЄС та інших країн;

1.5. Аналіз міжнародних обов'язків України в діючих міжнародних угодах та Конвенціях морського спрямування, визначення механізмів захисту національних інтересів та пропозиції щодо формування позиції держави;

1.6. Розробка та координація щорічних національних програм експедиційних досліджень, міжнародних морських наукових досліджень, планів навчально-тренувальної роботи в період дії Програми;

1.7. Вивчення потреб ЦОВВ та народного господарства у підготовці спеціалістів за державним замовленням.

### **2. Заходи зі створення сучасної науково-дослідної інфраструктури (2019–2025 рр.)**

2.1. Інвентаризація стану існуючих об'єктів морської науково-дослідницької інфраструктури в країні;

2.2. Підготовка оглядів (національних Доповідей) про стан морських досліджень в Україні, системи підготовки спеціалістів і науковців, відповідної науково-дослідницької інфраструктури з виділенням найбільш пріоритетних проблем використання та охорони морських ресурсів України.

2.3. Розробка пропозицій щодо створення нових об'єктів науково-дослідницької інфраструктури для морських досліджень;

2.4. Розробка планів створення та оснащення єдиної національної мережі базових наукових організацій і об'єктів науково-дослідницької інфраструктури;

2.5. Централізоване оснащення національної мережі об'єктів науково-дослідницької інфраструктури та базових наукових організацій плавзасобами і сучасним обладнанням із залученням міжнародних спеціалістів-експертів;

2.6. Централізована підготовка та стажування українських фахівців і науковців у провідних європейських центрах новим методам проведення морських досліджень та створення сталого системи підготовки спеціалістів-магістрів в Україні, та стажування;

### **3. Заходи з виконання наукових досліджень у виключній (морській) економічній зоні України (2020–2025 рр.)**

3.1. Вивчення сучасного стану біологічної різноманітності та запасів природних морських біоресурсів, насамперед рибних, оптимізація обсягів видобування різних видів живих природних ресурсів, розробка та впровадження методів ремедіації морського середовища та розвитку марікультури в прибережних зонах моря;

3.2. Розробка та впровадження сучасних технічних засобів та дистанційних методів проведення морських досліджень, насамперед методів розвідки та інвентаризації стану та запасів мінеральних природних ресурсів моря, його дна та надр;

3.3. Вивчення евтрофікаційних явищ, сучасного стану мікробіологічного, біологічного та токсичного (в тому числі і радіонуклідного) забруднення морського середовища, насамперед в прибережних, придельтових і припортових зонах моря, а також в районах дампінгу та в районах проведення військових навчань;

3.4. Дослідження транскордонного впливу на стан морського середовища виключної морської економічної зони України (річ-

ковий та атмосферний стоки, господарча і військова діяльність інших держав і таке інше);

3.5. Навігаційно-гідрографічні та інженерно-геологічні дослідження стану та змін рельєфу дна та берегової смуги моря для розробки стратегій використання морського середовища в цілях розвитку просторової морської інфраструктури, підвищення обороноздатності та забезпечення функціонування військово-морських сил України;

3.6. Моделювання та прогнозування впливу кліматичних змін та тенденцій соціально-економічного розвитку країни на стан морського середовища в середньостроковій та довгостроковій перспективі, попередження надзвичайних ситуацій і небезпечних гідрометеорологічних явищ в прибережній зоні та відкритих районах моря, насамперед з використанням космічних засобів моніторингу моря;

3.7. Створення та забезпеченні функціонування національної розподіленої системи збору та обробки інформації щодо стану морського середовища для використання при виконанні наукових досліджень, які фінансуються з державного бюджету, та підготовки обґрунтувань щодо прийняття управлінських рішень;

3.8. Дослідження довгострокових змін в морських екосистемах та визначення критичних рушійних сил змін якості морського середовища Чорного і Азовського морів;

3.9. Виконання спеціальних досліджень для забезпечення обороноздатності і підвищення ефективності Військово-Морських сил України;

3.10. Розробка Національного плану довгострокових дій щодо забезпечення функціонування національної системи проведення наукових морських досліджень до 2035 року, який повинен бути поданий на затвердження Уряду наприкінці 2025 року;

3.11. Підготовка запитів та обґрунтувань для міжнародної технічної допомоги та участь в міжнародних морських наукових проектах з фінансуванням з міжнародних джерел.

3.12. Наукова підтримка і супровід впровадження директив ЄС морського спрямування та створення і функціонування національної системи екологічного моніторингу морів України.

### **Очікувані результати виконання програми, визначення її ефективності**

У результаті виконання Програми передбачено створити першу чергу новітньої національної системи морських наукових досліджень з урахуванням національних пріоритетів розвитку морського потенціалу країни та завдань національної безпеки та оборони країни. Функціонування такої системи створить умови для повернення України в список провідних морських країн Європи.

Очікуваними результатами виконання Програми будуть:

1. Новий механізм менеджменту наукових морських досліджень, заснований на інноваційних проблемно- та проектно-орієнтованому підходах, які погоджуються з основними принципами реформування науки, який зараз проводиться в Україні, з урахуванням світового досвіду функціонування морських науково-дослідних інфраструктур.

2. Створений Єдиний реєстр наукових організацій морського профілю, заснування Національного координаційно-експертного центру морських досліджень МОН та мережі базових наукових організацій та розроблений національний план довгострокових дій забезпечать стаке функціонування національної системи морських наукових досліджень в Україні.

3. Поліпшення виконання міжнародних обов'язків України в міжнародних угодах та Конвенціях морського спрямування дадуть змогу ефективно захищати національні інтереси та формувати активну позицію держави в кожній з міжнародних Угод та Конвенцій.

4. Створена та оснащена сучасним обладнанням та плавзасобами єдина національна мережа базових наукових організацій з об'єктами науково-дослідницької інфраструктури і науково-дослідним флотом створить основу для повернення України до переліку розвинутих морських країн та підвищити рівень освіти морського напрямку.

5. Національна розподілена система збору та обробки інформації щодо стану морського середовища підвищить ефективність використання результатів досліджень в процесі прийняття управлінських рішень та забезпечить захист інформації.

6. Результати вивчення: евтрофікаційних явищ, стану біологічного та токсичного забруднення морського середовища північно-західної частини Чорного моря, насамперед в придельтових і припортових зонах моря, а також в районах дампінгу ґрунтів та в районах проведення військових навчань; транс-

родного впливу на евтрофікацію та забруднення морського середовища української виключної морської економічної зони України; стану та змін рельєфу дна та берегової смуги моря для розробки стратегій використання морського середовища в цілях розвитку морської інфраструктури, а також спеціальних досліджень для підвищення обороноздатності та забезпечення ефективного функціонування військово-морських сил України; сучасного стану біологічної різноманітності та запасів природних морських біоресурсів та мінеральних природних ресурсів; стану морських досліджень в Україні, системи підготовки спеціалістів і науковців та інші.

7. Прогнозні оцінки щодо впливу кліматичних змін та тенденцій соціально-економічного розвитку країни на стан морського середовища в середньостроковій та довгостроковій перспективі та надзвичайних ситуацій і небезпечних гідрометеорологічних явищ в прибережній зоні та відкритих районах моря з використанням космічних засобів моніторингу моря; довгострокові тенденції змін в морських екосистемах та визначення критичних рушійних сил змін якості морського середовища Чорного моря; можливостей зростання добути біологічних та мінеральних ресурсів в морській економічній зоні України; потреб підготовки спеціалістів і науковців морських галузей на довгострокову перспективу.

8. Розроблені та/або впроваджені: сучасні методи дистанційного вивчення стану морського середовища і морського дна; нові методи ремедіації морського середовища та розвитку марікультури в прибережних зонах моря; нові ефективні методи проведення експедиційних досліджень морського середовища, біологічних і мінеральних ресурсів моря.

9. Розроблений Національний план довгострокових дій щодо забезпечення функціонування національної системи проведення наукових морських досліджень до 2035 року, включаючи розділ підготовки необхідних спеціалістів і науковців та забезпечення наукової підтримки виконання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС.

На закінчення слід зауважити, що набутий при розробці Концепції досвід та методологія планування відновлення науково-дослідної інфраструктури, науково-дослідного флоту, програмування наукових досліджень, удосконалення системи підготовки спеціалістів та ін. можуть бути використані в

подальшому для вирішення інших пріоритетних наукових та соціально-економічних завдань в Україні та формування державного замовлення підготовки відповідних спеціалістів та науковців. При цьому послідовність дій повинна включати в себе: інвентаризацію стану проблеми і існуючої інфраструктури, визначення найбільш важливих національних пріоритетів, розробку та впровадження планів створення відповідних дослідницьких інфраструктур і нових наукових технологій, підвищення компетентності органів влади, удосконалення системи освіти і підготовки фахівців, використання міжнародного спів-

робітництва. Слід відмітити, що створити будь-яку національну систему наукових досліджень неможливо без ефективних механізмів фінансування та менеджменту відповідних дослідницьких інфраструктур, відновлення наукового потенціалу та сучасної системи підготовки спеціалістів з урахуванням досвіду європейської та світової науки.

Дослідження виконано в рамках наукового проекту «Провести морські екосистемні дослідження і розробити наукову основу для впровадження директиви ЄС з морської стратегії», який фінансується Міністерством освіти і науки України у 2017–2019 гг.

### Література

1. Степанова К. В., Степанов В. М. Морська держава та морська політика. *Економіка та держава*. №3, 2017, с. 21–24.
2. Щипцов О.А. Концепт проекту державної цільової науково-технічної програми в галузі морських досліджень і технологій. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2017. №4 (5)). С. 5–11.
3. Медінець В. І., Іваниця В.О., Шляхи розвитку морських наукових досліджень в Україні. - *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 1-2 (29), 2018, с. 6-20.
4. Наказ МОН та НАН України від 23.05.2016 р. № 551/224 « Про затвердження Положення про Міжвідомчу координаційну раду з питань морських досліджень Міністерства освіти і науки України та Національної академії наук України» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-16>
5. Шипцов О.А. Морські дослідження і технології в Україні: стан та перспективи розвитку. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2017. № 4. С. 104-108. <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/145193/10-Shchiptsov.pdf?sequence=1>
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 18 грудня 2018 р. № 1108 «Про внесення змін до Морської доктрини України на період до 2035 року». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1108-2018-%D0%BF#n5>
7. Medinets S. Sources that can be used for marine environment assessments of the Black and Azov Seas under the Regular Process (covering exclusive economic zone of Ukraine). First regional Workshop of the first round of workshops held under the auspices of the United Nations in support of the second cycle of the Regular Process for Global Reporting and Assessment of the State of the Marine Environment, including Socioeconomic Aspects Lisbon, Portugal, 14– 15 September 2017Regular Process Workshop, 14-15 Sep 2017, Lisbon. [https://www.un.org/depts/los/global\\_reporting/2017\\_Portugal/Presentations/Medinets.pdf](https://www.un.org/depts/los/global_reporting/2017_Portugal/Presentations/Medinets.pdf)
8. Valentin J. Schatz and Dmytro Koval, “Ukraine v. Russia: Passage through Kerch Strait and the Sea of Azov (Part I)”, *Völkerrechtsblog*, 10 January 2018, doi: [10.17176/20180110-131019](https://doi.org/10.17176/20180110-131019); <https://voelkerrechtsblog.org/ukraine-v-russia-passage-through-kerch-strait-and-the-sea-of-azov/>; [https://intr2dok.vifa-recht.de/receive/mir\\_mods\\_00003028](https://intr2dok.vifa-recht.de/receive/mir_mods_00003028); [https://www.researchgate.net/publication/322365710\\_Ukraine\\_v\\_Russia\\_Passage\\_through\\_Kerch\\_Strait\\_and\\_the\\_Sea\\_of\\_Azov\\_Part\\_I](https://www.researchgate.net/publication/322365710_Ukraine_v_Russia_Passage_through_Kerch_Strait_and_the_Sea_of_Azov_Part_I)
9. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 квітня 2017 р. № 275-р «Середньостроковий план пріоритетних дій Уряду до 2020 року.» <https://www.kmu.gov.ua/ua/diyalnist/programa-diyalnosti-uryadu/serednostrokovij-plan-prioritetnih-dij-uryadu-do-2020-roku-ta-plan-prioritetnih-dij-uryadu-na-2017-rik>
10. Elliot M., Burdon D., Atkins J.P., Borja A., Cormier E., de Jonge V.N., Turnere R.K. “And DPSIR begat DAPSI(W)R(M)!” - A unifying framework for marine environmental management. *Marine Pollution Bulletin*, 15 May 2017, Vol. 118, N 1–2, 15 May 2017, P. 27-40.

### References

1. Stepanova K.V., Stepanov V.M. (2017) Morska derzhava ta morska polityka [Marine state and marine policy]. *Economy and state*. 3, 21-24. [In Ukrainian].
2. Schiptsov O.A. (2017) Kontsept proektu derzhavnoyi tsilovoyi naukovo-tehnichnoyi program v galuzi morskyyh doslidzhen i tekhnologiyi [Concept of draft state target research and technical programme in the sphere of marine studies and technology]. *Geology and mineral resources of the World Ocean*. 4 (5)). 5-11. [In Ukrainian].

3. Medinets V.I., Ivanytsya V.O. (2018) Shlyakhy rozvytku morskyyh naukovykh doslidzhen v Ukraini [Ways of marine researches development in Ukraine]. *Man and environment. Issues of neoecology. (1-2 (29))*. 6-20 [In Ukrainian].
4. Nakaz MON ta NAN Ukrainy vid 23.05.2016 No. 551/224 “Pro zatverdzhennya Polozhennya pro Mizhvidomchu koordinatsiynu radu z pytan morskyyh doslidzhen Ministerstva osvity i nauky Ukrainy ta Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy” [Decree of the Ministry of Education and Science and National Academy of Sciences of Ukraine of 23.05.2016 No 551/224 “On approval of Regulation on Interdepartmental coordination council on the matters of marine studies of the Ministry of Education and Science and National Academy of Sciences of Ukraine” <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-16> [In Ukrainian].
5. Schiptsov O.A. (2017) Morski doslidzhennya i technologii v Ukraini: stan ta perspektyvy rozvytku [Marine studies and technologies in Ukraine: state and prospects of development]. *Geology and mineral resources of the World Ocean*. 4. 104-108. <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/145193/10-Shchiptsov.pdf?sequence=1> [In Ukrainian].
6. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18 grudnya 2018 No. 1108 “Pro vnesennya zmin do Morskoj Doktryny Ukrainy na period do 2035 roku” [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 18 December 2018 no. 1108 “On making changes to Maritime Doctrine of Ukraine for the period till 2035”. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1108-2018-%D0%BF#n5> [In Ukrainian].
7. Medinets S. (2017) Sources that can be used for marine environment assessments of the Black and Azov Seas under the Regular Process (covering exclusive economic zone of Ukraine). First regional Workshop of the first round of workshops held under the auspices of the United Nations in support of the second cycle of the Regular Process for Global Reporting and Assessment of the State of the Marine Environment, including Socioeconomic Aspects Lisbon, Portugal, 14– 15 September 2017 Regular Process Workshop, 14-15 Sep 2017, Lisbon. [https://www.un.org/depts/los/global\\_reporting/2017\\_Portugal/Presentations/Medinets.pdf](https://www.un.org/depts/los/global_reporting/2017_Portugal/Presentations/Medinets.pdf)
8. Valentin J. Schatz and Dmytro Koval (2018). “Ukraine v. Russia: Passage through Kerch Strait and the Sea of Azov (Part I)”, *Völkerrechtsblog*, 10 January 2018, doi: [10.17176/20180110-131019](https://doi.org/10.17176/20180110-131019). <https://voelkerrechtsblog.org/ukraine-v-russia-passage-through-kerch-strait-and-the-sea-of-azov/> ; [https://intr2dok.vifa-recht.de/receive/mir\\_mods\\_00003028](https://intr2dok.vifa-recht.de/receive/mir_mods_00003028); [https://www.researchgate.net/publication/322365710\\_Ukraine\\_v\\_Russia\\_Passage\\_through\\_Kerch\\_Strait\\_and\\_the\\_Sea\\_of\\_Azov\\_Part\\_I](https://www.researchgate.net/publication/322365710_Ukraine_v_Russia_Passage_through_Kerch_Strait_and_the_Sea_of_Azov_Part_I)
9. Rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 2 kvitnya 2017 No. 275-r “Serednyostrokovi plan pryorytetnykh dij Uryadu do 2020” [Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 3 April 2017 No. 275-r “Mid-term plan of priority actions of the Government of Ukraine till 2020” <https://www.kmu.gov.ua/ua/diyalnist/programa-diyalnosti-uryadu/serednostrokovij-plan-prioritetnih-dij-uryadu-do-2020-roku-ta-plan-prioritetnih-dij-uryadu-na-2017-rik> [In Ukrainian].
10. Elliot M., Burdon D., Atkins J. P., Borja A., Cormier E., de Jonge V. N., Turnere R. K. (2017) “And DPSIR begat DAPSI(W)R(M)!” - A unifying framework for marine environmental management. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1–2), 27-40.

Надійшла до редколегії 18.04.2019

ДК 574:635.21

**М. М. ВІНІЧУК<sup>1</sup>**, д-р біол. наук, проф., **Г. В. СКИБА<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доц.,  
**Т. О. ЄЛЬНІКОВА<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доц., **Ю. Н. МАНДРО<sup>1</sup>**,

<sup>1</sup>*Житомирський державний технологічний університет*

вул Чуднівська 103, 10005, м. Житомир, Україна

e-mail: [mykhailo59@gmail.com](mailto:mykhailo59@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-8042-9282>

e-mail: [skybagalya26@gmail.com](mailto:skybagalya26@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-8765-8849>

e-mail: [kpn\\_shto@ztu.edu.ua](mailto:kpn_shto@ztu.edu.ua)

e-mail: [yurii.mandro@ukr.net](mailto:yurii.mandro@ukr.net)

<https://orcid.org/0000-0003-4621-0719>

## БІОАКУМУЛЯЦІЯ ОКРЕМИХ МЕТАЛІВ ТА НЕМЕТАЛІВ У МІЦЕЛІЇ ТА ПЛОДОВИХ ТІЛАХ ЕКТОМІКОРИЗНИХ ГРИБІВ

**Мета.** У статті узагальнені результати оцінки вмісту окремих металів та неметалів у вільноростучому міцелії, плодкових тілах ектомікоризних грибів, а також у фракціях верхніх (0–10 см) шарів ґрунту бореальних лісових екосистем, таких як едафосфера (загальна маса ґрунту), ризосфера та ризоплана. **Методи.** Концентрацію елементів у зразках (на суху вагу, с.в.) визначали мас-спектрометричним методом. **Результати.** У міцелії ектомікоризних грибів можуть акумулюватись помітні кількості досліджуваних елементів, зокрема кадмію. Йод, хром та нікель не накопичуються, ані міцелієм грибів, ні їх плодовими тілами. Мідь, цинк та кадмій накопичуються як плодовими тілами досліджуваних видів грибів, так і міцелієм досить інтенсивно. **Висновки.** У міцелії ектомікоризних грибів вміст досліджуваних елементів, крім кадмію, не перевищує 10 %, тоді як кадмію міститься від 16,2 до 32,3%.

**Ключові слова:** едафосфера, міцелій, метали, плодові тіла, ризоплана, ризосфера

**Vinichuk M. M., Skyba G. V., Yelnikova T. O., Mandro Y. N.**

*Zhytomyr State Technological University*

## BIOACCUMULATION OF SELECTED METALS AND NON-METALS IN MYCELIUM AND FRUIT BODIES OF ECTOMYCORRHIZAL FUNGI

**Purpose.** We attempted to quantify the contribution of wild-growing mycelium of ectomycorrhizal fungi to the soil level of selected metals and non-metals in upper (0–10 cm) layer of forest soil of boreal forest ecosystems. The content of selected elements were also analyzed and compared in such fractions of soil as bulk soil, rhizosphere and soil-root interface. Specifically we analyzed the content of phosphorus (P), manganese (Mn), iodine (I), chromium (Cr), nickel (Ni), copper (Cu), zinc (Zn), cadmium (Cd), cobalt (Co), mercury (Hg) lead (Pb) and arsenic (As). **Methods.** The concentration of the elements in the samples (dry weight, d.w.) was determined by the mass spectrometric method (ICP-MS) in the laboratory ALS Scandinavia AB, Luleå. Statistical data processing was performed using dispersion analysis (ANOVA) and Pearson correlation coefficients. Software Minitab (© 2010 Minitab Inc.). **Results.** It has been shown that concentration of phosphorus in the mycelium of fungi is about 1.5 times, and in the fruit bodies is about 7 times higher of that the plant tissue (soil+root interface). The concentration of manganese in the mycelium is about the same as in the bulk soil and much lower in the fraction of rhizosphere. Iodine, chromium and nickel are not accumulated, neither the mycelium of fungi nor in their fruitful bodies. Copper, zinc and cadmium are accumulated in both fruit bodies and mycelium of the studied species intensively. The concentration of cadmium in the mycelium is found to be about three times higher than in the bulk soil fraction, and about twice as high as in the fraction of rhizosphere. At such concentrations of cadmium in mycelium, the later may account from 16.2 to 32.3% of the total amount of cadmium in the upper, 0-10 cm layer of forest soils. The content of cobalt and mercury in the mycelium appeared to be somewhat higher in the bulk soil, about the same as in the rhizosphere fraction, and significantly higher than in the soil-root interface fraction. Fungi did not accumulate lead neither in the mycelium nor in their fruit bodies, whereas arsenic does not accumulated in soil-root interface and only weakly accumulated by fungal fruit bodies. **Conclusions.** As a result of the study, it was found that the content of most of the analyzed metals and non-metals in the mycelium of ectomycorrhizal fungi of the upper (0-10 cm) soil enriched with organic matter in the forest ecosystem, except for cadmium and phosphorus, does not exceed 10% of their total amount. At the same time, the content of cadmium in the mycelium of fungi was the highest – 16.2 to 32.3%, which indicates the ability of fungi to accumulate this metal. It is suggested that the percentages of the content of the elements studied in the mycelium of upper layers of forest soil is rather underestimated than overestimated.

**Keywords:** bulk soil, metals, mycelium, fruiting bodies, rhizosphere, soil-root interface

Виничук М. М., Скиба Г. В., Ельникова Т. О., Мандро Ю. Н.

Житомирський державний технологічний університет

## БИОАККУМУЛЯЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ И НЕМЕТАЛЛОВ В МИЦЕЛИИ И ПЛОДОВЫХ ТЕЛАХ ЭКТОМИКОРИЗНЫХ ГРИБОВ

**Цель.** В статье обобщены результаты оценки содержания отдельных металлов и неметаллов в свободнорастущем мицелии и плодовых телах эктомикоризных грибов, а также во фракциях верхних (0–10 см) слоев почвы бореальных лесных экосистем, таких как эдафосфера (общая масса почвы), ризосфера и ризоплана. **Методы.** Концентрацию элементов в образцах (на сухой вес, с.в.) определяли масс-спектрометрическим методом (ICP-MS). **Результаты.** В мицелии эктомикоризных грибов могут накапливаться заметные количества исследуемых элементов, в частности кадмия. Йод, хром и никель не накапливаются, ни мицелием грибов, ни их плодовыми телами. Медь, цинк и кадмий накапливаются, как плодовыми телами исследуемых видов грибов, так и мицелием достаточно интенсивно. **Выводы.** В мицелии эктомикоризных грибов содержание исследуемых элементов, кроме кадмия, не превышает 10%, тогда как кадмия содержится от 16,2 до 32,3%.

**Ключевые слова:** эдафосфера, мицелий, металлы, плодовые тела, ризоплана, ризосфера

### Вступ

**Постановка проблеми.** У ґрунтах бореальних лісових екосистем у складі мікробної біомаси переважають гриби, а мицелій, як сапротрофних, так і мікоризних видів відіграє важливу роль, як в руйнуванні органічної речовини, так і в процесах мінерального живлення рослин через густу мережу симбіотичних мікоризних асоціацій [12]. Екзоферменти, що виділяються грибним мицелієм сприяють вивільненню елементів живлення з органічних субстратів, в результаті чого, як мицелій, так і плодове тіла грибів здатні накопичувати значну кількість есенціальних макроелементів [14].

**Аналіз останніх публікацій.** Добре відомо, що деревні породи інфіковані ектомікоризними грибами ефективніше використовують фосфор (P) ґрунту, ніж ті, що не формують мікориз [5]. Гриби також досить ефективно поглинають з ґрунту і інші елементи [14], серед яких, як есенціальні мікроелементи, такі як мідь (Cu) та цинк (Zn), а також важкі метали, зокрема, кадмій (Cd) [15]. Останній викликає особливе занепокоєння з точки зору вмісту його у продуктах харчування, оскільки його поведінка у системі “ґрунт-гриби” аналогічна поведінці таких важливих мікроелементів як цинк та мідь. Всі ці елементи – кадмій, цинк та мідь накопичуються плодовими тілами грибів [3]. Плодові тіла багатьох ектомікоризних грибів можуть містити надзвичайно високі рівні важких металів, але саме кадмій накопичується ними найбільш інтенсивно [6]. У такий спосіб, гриби, зокрема їх плодове тіла, беруть участь у колообігу важких металів у лісових екосистемах через біоаккумуляцію [9]. Мицелію ектомікоризних грибів належить важлива роль у вилученні мікроелементів з ґрунту та транспортуванні їх у плодове тіло гриба [4], що визначає міграцію цих елементів у лісо-

вих екосистемах. Здатність грибів накопичувати та утримувати у своєму тілі мікроелементами, у тому числі і важкі метали, сильно варіює залежно від виду [11]. Так, окремі з них, такі як кобальт (Co) та нікель (Ni), а також важкі метали, наприклад (Pb), навпаки, не накопичуються грибами [2], а ефективно з них вилучаються.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Більшість з приведених результатів стосуються плодових тіл грибів, які порівняно легко аналізуються та досліджуються. Між тим, плодове тіло гриба становить лише декілька ( $\approx 5\%$ ) відсотків від загальної біомаси окремо взятого організму [10]. Це означає, що переважна частина біомаси грибів ґрунту представлена мицелієм, який розташований у верхніх, збагачених на органічну речовину ґрунтових горизонтах [12]. Хоча оцінити величину біомаси мицелію ґрунту надзвичайно складно, деякі підходи та відповідно оцінки все ж існують [10]. Це дозволяє визначити, яка кількість того чи іншого елемента може бути зосереджена у грибах, зокрема у мицелії. З огляду на складність дослідження мицелію грибів “*in situ*”, відомі лише поодинокі намагання встановити здатність саме вегетативного тіла грибів накопичувати мікроелементи, включаючи і важкі метали [2].

**Постановка завдання.** Для розуміння механізмів ефективної акумуляції елементів ектомікоризними грибами важливо дослідити участь окремих ґрунтових фракцій у цих процесах. Очевидно, що для розуміння згаданих процесів важливе значення мають такі ґрунтові фракції як ризосфера та ризоплана, які можуть розглядатись як окремі ланки у трофічних взаємозв'язках, зокрема для ектомікоризних грибів.



Метою даної роботи є кількісна оцінка накопичення та розподілу окремих металів та неметалів у міцелії та плодкових тілах ектомікоризних грибів, а також у окремих ґрунтових фракціях, таких як едафосфера,

### Об'єкти та методи дослідження

Дослідження проводились у лісових екосистемах центральної Швеції, на глинисто-піщаних ґрунтах. Переважними видами у 80-100 річних деревостанах є ялина європейська (*Picea abies* (L.) H. Karst.) та сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) а у трав'янистому покриві здебільшого зустрічаються чорниця (*Vaccinium myrtillus* L.), орляк звичайний (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), підбіл звичайний (*Tussilago farfara* L.), хвощ лісовий (*Equisetum silvaticum* L.). Зразки ґрунту та плодові тіла грибів відбирались протягом вересня-листопаду з десяти ділянок (близько 10 м<sup>2</sup> кожна), розміщених на відстані 20-50 м одна від одної із загальної площі близько 2,0 га. У межах кожної ділянки за допомогою циліндричного бура (5,7 см в діаметрі) відбирали 4 зразки ґрунту до глибини 10 см навколо та безпосередньо у місцях зростання плодкових тіл грибів ( $\approx 0,5$  м<sup>2</sup>). Там же відбирали плодові тіла (12 видів грибів – зразків), визначали їх видову приналежність, висушували при температурі 35 °С до постійної маси для елементного аналізу. Аліквотні частини зразків ґрунту (30-50 г з глибини 0-5 та 5-10 см) використовували для хімічного аналізу та вилучення міцелію. Грибні структури (всього 9 зразків - окремі гіфи, їх сполучення, ризоморфні утворення, окремі склероції, окремі інфіковані мікоризні кінчики коренів) отримували із зразків ґрунту під мікроскопом середнього (x60) збільшення з додаванням невеликої кількості дистильо-

ризосфера та ризоплана у лісових екосистемах. У розрахунках були використані отримані нами оцінки біомаси міцелію у верхніх (0-10 см) шарах лісових ґрунтах Швеції [16].

ваної води. Метод детально описано у Vinichk & Johanson [17]. З ґрунтових зразків також вилучали такі фракції ґрунту: едафосфера (9 зразків) – фракція після просіювання ґрунту через сито з розміром отворів 2 мм; ризосфера (6 зразків) – частки ґрунту, асоційовані з дрібними та середнього розміру коренями, що залишились на ситі після просіювання; ризоплана (6 зразків) – дрібні корені рослин ( $\leq 2$  мм) та частки ґрунту безпосередньо на них [7].

Концентрацію елементів у зразках (на суху вагу, с.в.) визначали маспектрометричним методом (ICP-MS) в лабораторії ALS Scandinavia AB, Luleå за методикою приведеною у Rodushkin et al., [13]. Статистичну обробку даних проводили з використанням дисперсійного аналізу (ANOVA) і коефіцієнтів кореляції за Пірсоном. Програмне забезпечення Minitab (© 2010 Minitab Inc).

Нами вивчали наступні види ектомікоризних грибів: *Boletus edulis* (Bull.); *Collybia peronata* (Bolton) P. Kumm. (сапротроф); *Cortinarius odorifer* Britzelm.; *Cortinarius armeniacus* (Schaeff.) Fr.; *Cortinarius* sp.; *Cantharellus tubaeformis* Fr.; *Hypholoma capnoides* (Fr.) P. Kumm. (сапротроф); *Lactarius deterrimus* Gröger; *Lactarius scrobiculatus* (Scop.) Fr.; *Lactarius trivialis* (Fr.) Fr.; *Sarcodon squamosus* (Schaeff.) Quél.; *Suillus granulatus* (L.) Roussel; *Suillus variegatus* (Sw.) Richon & Roze; та *Tricholoma equestre* (L.) P. Kumm.

### Результати та обговорення

Вміст вільно ростучого міцелію у лісовому ґрунті (до глибини 0-10 см) варіює у широкому діапазоні – від 0,07 до 70 мг сухої речовини у одному грамі ґрунту. Враховуючи те, що отримані величини біомаси міцелію у верхніх шарах досліджуваних лісових ґрунтів швидше недооцінені, ніж переоцінені, та, враховуючи показник щільності ґрунту 0,4 г см<sup>-3</sup>, приймаємо, що питомий вміст міцелію у цьому шарі ґрунту становитиме від 3 до 6 об'ємних відсотків. Приведені значення досить добре узгоджуються з оцінками, наведеними у наших попередніх роботах [17]. При оцінці біомаси тонких ( $\leq 2$  мм у діаметрі)

коренів у ґрунті використовували дані (400 г/м<sup>2</sup> до глибини 90 см) для ґрунтів хвойних лісів Бельгії, де у насадженнях переважає сосна звичайна віком  $\approx 70$  років [8]. Розрахунки показують, що середня біомаса коренів ( $\leq 2$  мм) до глибини 0-10 см може бути у межах від 18,4 до 23,4 мг коренів у одному кілограмі ґрунту. Як показано у нашій попередній роботі [18], середня біомаса плодкових тіл грибів (переважно види *Cortinarius*, *Suillus* та *Russula*, n = 318) дорівнює 0,67 (діапазон 0,5x10<sup>-5</sup>–3.1) грам / 1м<sup>2</sup>, що у перерахунку на 1 кг ґрунту становитиме  $\approx 0,017$  мг/кг.

Результати показують (табл.), що досліджувані види грибів містять порівняно багато фосфору (P). Так, фосфору у міцелії грибів виявилось приблизно у 2 рази (1 222 мг/кг), а у плодових тілах грибів у середньому на порядок (5 463 мг/кг) більше у порівнянні з концентрацією цього елемента у ґрунті (559,4 мг/кг). Вміст фосфору у фракціях ризосфера та ризоплана знаходиться на рівні його концентрації у ґрунті (табл.).

Отже, міцелій грибів містить приблизно у 1,5 рази, а плодові тіла грибів приблизно у 7 разів більше фосфору, ніж рослини. Ймовірно це пояснюється участю ектомікоризних грибів у забезпеченні рослин фосфором та відповідно його акумуляцією. Розрахунки також показують, що у міцелії грибів фосфору може міститись від 6,5 до 13,1% від загальної його кількості у ґрунті (рис.).

Таблиця

Середня концентрація елементів у фракціях ґрунту та грибах,  $M \pm SD$ , мг/кг с.в.

Елементи	Едафосфера (n=9)	Ризосфера (n=6)	Ризоплана (n=6)	Міцелій (n=9)	Плодові тіла (n=9)
Фосфор	559±195	558±86,0	766±91,0	1 222±296	5 463±1 854
Марганець	179±218	114±32,2	92,7±23,0	157±156	15,3±10,1
Йод	3,03±1,61	3,83±0,93	1,99±0,96	2,06±1,49	0,12±0,19
Хром	2,79±1,94	4,31±3,47	1,05±0,81	2,65±2,81	0,16±0,29
Нікель	3,45±2,06	4,62±2,11	2,01±1,03	3,13±1,85	0,50±0,34
Мідь	10,4±7,75	13,1±5,54	11,9±4,46	15,8±5,70	28,8±17,3
Цинк	38,5±24,5	31,9±9,6	44,2±5,36	69,7±22,1	120±106
Кадмій	0,29±0,13	0,35±0,11	0,81±0,39	1,55±1,62	3,13±3,14
Кобальт	0,79±0,44	1,06±0,60	0,59±0,29	0,98±0,65	0,09±0,12
Ртуть	0,18±0,09	0,16±0,04	0,10±0,03	0,24±0,11	0,72±0,94
Свинець	18,4±8,6	16,5±6,16	7,70±2,40	12,6±4,65	0,24±0,17
Миш'як	0,97±0,44	1,04±0,34	0,66±0,29	0,98±0,37	1,57±2,00

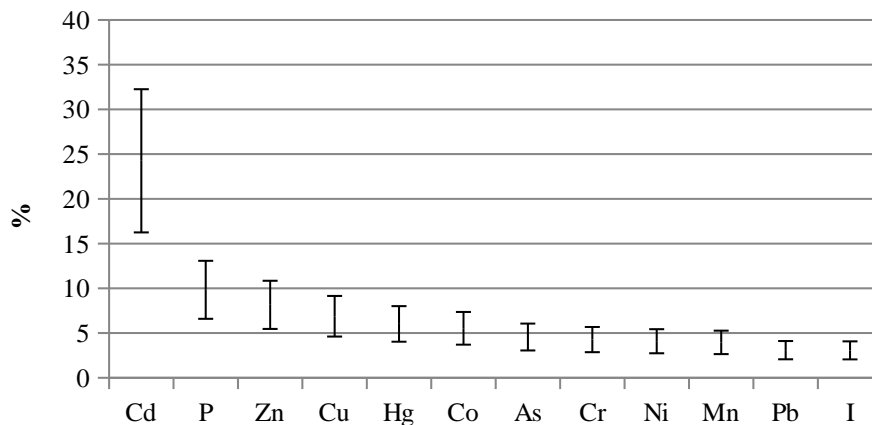


Рис. – Відносний вміст окремих металів та неметалів у міцелії ектомікоризних грибів від загальної їх кількості у верхньому (0-10 см) шарі лісового ґрунту, %

Хоча марганець (Mn) вважається есенціальним елементом необхідним для росту грибів, середній вміст його у міцелії виявився приблизно таким же, як і його концентрація у фракції едафосфера, дещо вищим у порівнянні з фракцією ризосфера, та помітно нижчим у порівнянні з фракцією ризоплана. Середня концентрація цього елемента у плодових тілах грибів (15,3 мг/кг)

на порядок нижче як його вмісту у міцелії так і у едафосфері (табл.). Отже, марганець не накопичується, ані міцелієм грибів, ні їх плодовими тілами. На порядок нижчий вміст марганцю у плодових тілах грибів, ніж у ґрунті, може свідчити про наявність ефективного механізму перешкоджання надходження його у гриби. Згідно розрахунків у вегетативному тілі грибів може бути

зосереджена лише незначна частка цього елемента – від 2,8 до 5,6% від загального вмісту у ґрунті (рис.).

Йод (I) згідно наших даних також не акумулюється грибами. Концентрація йоду у міцелії грибів та фракції ризоплана становила  $\approx 2,0$  мг/кг, що дещо нижче його вмісту у загальній масі ґрунту – едафосфері та ризосфері. Середній вміст йоду у плодових тілах грибів на рівні 0,12 мг/кг, що значно нижче фонового значення (табл.). Отже, згідно отриманих нами даних міцелій грибів може містити у собі порівняно невелику частку йоду – від 2,0 до 4,0% від загальної кількості у ґрунті (рис.).

Як хром (Cr), так і нікель (Ni) також не накопичуються, ані міцелієм грибів, ні їх плодовими тілами (табл.). Так, концентрація хрому у фракції ризоплана та плодових тілах грибів у 4-7 разів, а концентрація нікелю у 2-4 рази нижча ніж у загальній масі ґрунту. Концентрація досліджуваних елементів у міцелії грибів (2,65 та 3,13 мг/кг відповідно для хрому та нікелю) майже не відрізняється від концентрації цих елементів у загальній масі ґрунту (2,79 та 3,45 мг/кг) відповідно (табл.). Концентрація хрому у загальній масі ґрунту виявилась значно вищою гранично-допустимих значень (0,05 мг/кг), тоді як концентрація нікелю не перевищувала ГДК (4,0 мг/кг) ґрунту. Між тим, у плодових тілах окремих видів грибів (*Cortinarius armeniacus*, *Sarcodon squamosus*) вміст нікелю майже у 2,5 рази перевищував середнє значення – 1,230 та 1,120 мг/кг нікелю відповідно. Встановлено, що у міцелії грибів верхнього (0-10 см) шару лісового ґрунту може бути зосереджена порівняно незначна частка цих елементів: 2,9-5,8% хрому та 2,7-5,4% нікелю від їх загального вмісту у ґрунті відповідно [1].

Мідь (Cu), цинк (Zn) та кадмій (Cd) накопичуються як плодовими тілами досліджуваних видів грибів, так і міцелієм досить інтенсивно. Концентрація міді у загальній масі ґрунту (10,4 мг/кг) виявилась приблизно втричі вищою встановлених гранично-допустимих значень (3,0 мг/кг). Концентрація міді у міцелії грибів у 1,5 рази, а концентрація у плодових тілах грибів майже втричі перевищує її вміст як у загальній масі лісового ґрунту – едафосфері, так і у фракції ризосфера. У порівнянні з рослинами (фракція ризоплана), вміст міді у міцелії грибів виявився у 1,5 рази, а у плодових тілах

грибів – у 2,5 рази вищий (табл. 1). Плодові тіла *Collybia peronata* та *Sarcodon squamosus* характеризувались підвищеним вмістом міді – 53,3 та 64,1 мг/кг при середньому значенні 28,8 мг/кг, що майже втричі перевищує гранично-допустиме значення (10,0 мг/кг) для грибів. Зауважимо, що значення ГДК для плодових тіл грибів тут і нижче по тексту приведені у розрахунку на свіжу вагу, тоді як концентрація елементів у них (табл.) розрахована на суху вагу. Розрахунки також показують, що у міцелії грибів може бути зосереджено (від загального вмісту у верхньому, 0-10 см шарі лісового ґрунту) від 4,6 до 9,1% міді [16]. На думку Berthelsen et al. [2], частка міді, зосередженої у ектомікоризи верхніх, багатих на органічну речовину шарах ґрунту хвойних лісів може досягати 100%.

Концентрація цинку у загальній масі ґрунту (38,5 мг/кг) дещо перевищувала гранично-допустимий рівень (23,0 мг/кг) вмісту цього елемента для ґрунту. Вміст цинку у міцелії грибів (69,7 мг/кг) майже вдвічі перевищує вміст цього елемента у едафосфері (38,5 мг/кг), а його концентрація у плодових тілах грибів (120,2 мг/кг) – майже вдвічі вища, ніж у міцелії (табл.). Отже, у плодових тілах досліджуваних видів грибів концентрація цинку перевищувала показник ГДК (20,0 мг/кг) приблизно у шість разів. У плодових тілах видів *Cortinarius* вміст цинку вдвічі (258 мг/кг) перевищував середнє значення для всіх досліджуваних видів, та більше ніж на порядок гранично-допустимий рівень. Концентрація цинку у фракції ризосфера та ризоплана мало відрізняються від вмісту його у ґрунті – 31,9 та 44,2 мг/кг відповідно. Як видно з приведених даних, вміст цинку у міцелії грибів у 1,5 рази, а у плодових тілах грибів – майже втричі перевищує вміст цього елемента у рослинах, що зростають у тих же умовах. Розрахунки також показують, що у міцелії грибів може міститись від 5,4 до 10,9% загального вмісту цинку у ґрунті [16].

Концентрація кадмію у загальній масі ґрунту (0,29 мг/кг) виявилась помітно нижчою встановлених гранично-допустимих значень (0,7 мг/кг) для ґрунту. Між тим, вміст кадмію у міцелії грибів в середньому втричі перевищував значення концентрації цього елемента у фракції едафосфера та ризосфера, та, виявився приблизно, вдвічі вищим ніж у фракції ризоплана, що свідчить про активне

накопичення цього елемента, як грибами, так і рослинами (табл.). При цьому у міцелії грибів кадмію було вдвічі більше, ніж у рослинах. У плодкових тілах грибів середня концентрація кадмію на порядок (3,13 мг/кг) перевищує вміст цього елемента у загальній масі ґрунту, та є приблизно у тридцять разів вищою гранично-допустимих значень (0,1 мг/кг). Досліджувані види мають різну здатність акумулювати кадмій: найбільше кадмію виявлено у плодкових тілах *Cortinarius armeniacus* (11,0 мг/кг), а найменше – у *Suillus granulatus* (0,16 мг/кг).

Розрахунки показують, що при таких концентраціях цього елемента у міцелії грибів, у ньому може бути зосереджено від 16,2 до 32,3% від загальної кількості елемента у верхньому, 0-10 см шарі лісового ґрунту (рис.). Дані оцінки досить добре узгоджуються з даними Berthelsen et al., [2], згідно яких, при вмісті кадмію у різних морфологічних типах мікоризи  $4,6 \pm 1,9$  мкг/г, у міцелії верхнього шару лісового ґрунту може бути зосереджено 33% кадмію від загального вмісту цього елемента у ґрунті.

Висока концентрація кадмію у міцелії ектомікоризних грибів, їх плодкових тілах, а також у фракції ризоплана обумовлена тим, що кадмій у ґрунті (у формі  $Cd^{2+}$ ) є досить рухливим елементом, мобільність якого є вищою ніж, наприклад, цинку ( $Zn^{2+}$ ), особливо у добре аерованих ґрунтах з кислою реакцією ґрунтового розчину. Причиною цього є зокрема те, що  $Cd^{2+}$  досить слабо адсорбується, як органічною речовиною ґрунту, так і на часточках глинистих мінералів, за виключенням випадків коли рН ґрунту становить 6 і вище. Саме такі умови переважно і спостерігаються у досліджуваному нами ґрунті, що і обумовлює високий вміст цього елемента у грибах.

Концентрація кобальту (Co) у загальній масі ґрунту (0,79 мг/кг) також виявилась помітно нижчою встановлених гранично-допустимих значень (5,0 мг/кг) для ґрунту. Вміст кобальту у міцелії грибів виявився дещо вищим його концентрації у фракції едафосфера, та приблизно таким же як у фракції ризосфера, і помітно вищим ніж у фракції ризоплана (табл.). Середня концентрація кобальту у плодкових тілах грибів виявилась на порядок (0,09 мг/кг) нижчою у порівнянні з концентрацією у міцелії (табл.). Таким чином, можна стверджувати, що кобальт не акумулюється, ані вегетативним

тілом гриба, ні його плодовими тілами. Тому, у вегетативному тілі грибів може бути зосереджено лише незначна частка даного елемента – від 3,7 до 7,4% від загального його вмісту у ґрунті (рис.).

Подібна ситуація спостерігається і у випадку ртуті (Hg): вміст ртуті у загальній масі ґрунту (0,18 мг/кг) на порядок нижча гранично-допустимих значень (2,1 мг/кг). Вміст ртуті у міцелії грибів також мало відрізняється від концентрації цього елемента у загальній масі ґрунту – едафосфері та ризосфері, але виявився приблизно на порядок нижчим у фракції ризоплана (табл.). Ймовірно, що грибами, зокрема міцелієм, даний елемент теж не акумулюється, хоча середня концентрація його у плодкових тіла є помітно вищою (0,72 мг/кг) у порівнянні з вмістом у ґрунті, та значно вищою значення ГДК (0,05 мг/кг). Таким чином, концентрація ртуті у плодкових тілах грибів приблизно у 7 разів перевищує концентрацію у рослинах. Виходячи з кількісних оцінок вмісту міцелію у ґрунті, у останньому може бути зосереджено від 4,0 до 8,0% ртуті від загальної її кількості у верхньому шарі ґрунту (рис.).

Свинець (Pb), вміст якого у едафосфері (18,4 мг/кг) виявився у межах гранично-допустимих значень (20,0 мг/кг) згідно наших оцінок теж не акумулюється, ані міцелієм грибів, ні їх плодовими тілами. Так, при середньому вмісті свинцю у едафосфері та ризосфері 18,4 та 16,5 мг/кг концентрація його у міцелії становила 12,6 мг/кг, а середній вміст у плодкових тілах грибів досліджуваних видів, лише 0,24 мг/кг (табл.), що приблизно вдвічі (0,5 мг/кг) нижче ГДК для грибів. У фракції ризоплана вміст свинцю виявився приблизно у 2 рази нижчим ніж у ґрунті. Розрахунки також показують, що у міцелії грибів може бути зосереджена порівняно невелика кількість цього елемента – від 2,1 до 4,1% від загального вмісту його у ґрунті (рис.). Такі оцінки досить добре узгоджуються з результатами досліджень інших авторів. Так, згідно даних [2] при вмісті свинцю у мікоризних утвореннях  $35 \pm 6$  мкг/г, у біомасі грибів може бути зосереджено приблизно 2% свинцю від загального його вмісту у ґрунті.

Вміст миш'яку (As) у плодкових тілах грибів у середньому становить 1,57 мг/кг (ГДК 0,5 мг/кг), у той час як у міцелії грибів концентрація його знаходиться на рівні вмісту цього елемента у загальній масі ґрунту –

едафосфері та ризосфері  $\approx 1,0$  мг/кг, а у фракції ризоплана, концентрація його виявилась майже вдвічі нижчою – 0,66 мг/кг (табл.). Отже, даний елемент не накопичується рослинами і лише слабо накопичується плодовими тілами грибів. При згаданій вище концентрації миш'яку у міцелії грибів, кількість даного елемента у грибах може бути у межах від 3,0 до 6,0% від загального вмісту миш'яку у верхньому, 0-10 см шарі лісового ґрунту (рис.).

Розрахунки показують, що у фракції ризоплана може бути зосереджено порівняно незначна кількість від загального вмісту досліджуваних елементів у ґрунті. Так, виходячи з умови, що вміст даного компоненту у ґрунті становить 18,4-23,4 мг у одному кілограмі ґрунту, у ньому відповідно може міститись у % від загального вмісту у ґрунті 9,2-11,7% калію; 5,2-6,6% кадмію; 2,5-3,2% фосфору; 2,1-2,7% міді; 2,1-2,7% цинку. Вміст інших елементів у фракції ризоплана < 2,0% від загального їх вмісту у ґрунті.

Розрахунки також показують, що навіть при значно вищій концентрації окремих з

досліджуваних елементів у плодових тілах грибів у порівнянні з вмістом їх у загальній масі ґрунту, останні, внаслідок незначної їх біомаси, містять у собі дуже малу кількість елементів від їх загального вмісту у ґрунті. Так, найбільше з досліджуваних елементів у плодових тілах грибів зосереджено кадмію (0,02%), тоді як вміст інших елементів вимірюється сотими та тисячними частками відсотка.

Мікроскопічний метод, за допомогою якого отримані кількісні оцінки (біомасу) вільноростучого міцелію зосередженого у верхніх шарах лісового ґрунту має певні обмеження, оскільки не забезпечує повного вилучення досліджуваного матеріалу з ґрунту. Тому, ймовірно, що величина біомаси міцелію у ґрунті швидше недооцінена ніж переоцінена. Приведені у даній роботі відсотки вмісту того чи іншого елемента у вегетативному тілі грибів хоча і добре узгоджуються з результатами інших досліджень, і в дійсності можуть бути навіть вищими.

### Висновки

Дані отримані в результаті проведення дослідження показують, що:

- у міцелії грибів концентрація P, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, As, Cd, Hg та Pb у 1,5-2 рази вища ніж у рослинах (фракція ризоплана), що зростають у тих же місцях;
- концентрація Cu та I у міцелії грибів є такою ж або навіть нижчою ніж у рослинах;
- серед досліджуваних елементів P, Cu, Zn, та Cd інтенсивно акумулюються міцелієм грибів – концентрація їх у міцелії грибів є у 2-3 рази вищою ніж у загальній масі ґрунту (едафосфері);
- найбільш інтенсивно міцелієм грибів накопичується Cd: вміст кадмію у міцелії у 5 разів вищий його вмісту у загальній масі ґрунту;
- такі елементи як Cr, Mn, Co, Ni, As, та Hg не накопичуються грибами: у міцелії грибів та едафосфері концентрація їх приблизно однакова;
- концентрація таких елементів як I та Pb у міцелії грибів є помітно нижчою ніж у едафосфері, що може свідчити про наявність ефективного механізму перешкоджання надходження їх у гриби;

- у міцелії грибів може бути зосереджено від  $\approx 2\%$  (I, Pb) до  $\approx 32\%$  (Cd) від загального вмісту елемента у верхньому (0-10 см) шарі лісового ґрунту;
- серед досліджуваних видів найбільш інтенсивно накопичують плодові тіла *Collybia peronata* (Cu), *Cortinarius* spp. (As, Cd, Cr, Co, Ni, Zn); *Sarcodon squamosus* (Cu, Hg, Ni), хоча відносний їх вклад у загальну кількість того чи іншого елемента у ґрунті < 1%;
- фракція ризоплана (дрібні корені рослин) містить у собі приблизно у 2 рази меншу частку від загального вмісту досліджуваних елементів у ґрунті у порівнянні з їх вмістом у міцелії грибів.

Робота виконана на кафедрі ґрунтів і навколишнього середовища Шведського університету сільськогосподарських наук. Автор висловлює подяку Шведському університету сільськогосподарських наук та Житомирському державному технологічному університету за фінансову підтримку цього проекту. Автор також вдячний професору Karl J. Johanson, доктору Ivanka Nikolova та доктору Andy F. S. Taylor за цінні поради та допомогу.

### Література

1. Вінічук М.М. Хром та нікель у фракціях ґрунту та окремих видах макроміцетів бореальних лісових екосистем. *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки*. 2012. № 3. С.103-110.
2. Berthelsen B., Olsen R., Steinnes E. Ectomycorrhizal heavy metal accumulation as a contributing factor to heavy metal levels in organic surface soils. *Science of the Total Environment*. 1995. Vol. 170. P. 141-149.
3. Blaudez D., Botton B., Chalot M. Cadmium uptake and subcellular compartmentation in the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus*. *Microbiology*. 2000. Vol. 146. №. 5. P. 1109–1117.
4. Brzostowski A., Jarzyńska G., Kojta A., Wydmańska D., Falandysz J. Variations in metal levels accumulated in Poison Pax (*Paxillus involutus*) mushroom collected at one site over four years. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 2011. Vol. 46. №. 6. P. 581–588.
5. Burgess T., Malajczuk N., Grove N. The ability of 16 ectomycorrhizal fungi to increase growth and phosphorus uptake of *Eucalyptus globulus* Labill. and *E. diversicolor* F. Muell. *Plant and Soil*. 1993. Vol. 153. №. 2. P. 155–164.
6. Byrne A., Ravnik V., Kosta L. Trace element concentrations in higher fungi. *Science of the Total Environment*. 1976. Vol. 6. №. 1. P. 65–78.
7. Gorban G., Clegg S. A conceptual model for nutrient availability in the mineral soil-root system. *Canadian Journal of Soil Science*. 1996. V. 76. P. 125–131.
8. Janssens I., Sampson D., Curiel-Yuste J., Carrara A., Ceulemans R. The carbon cost of fine root turnover in a Scots pine forest. *Forest Ecology and Management*. 2002. Vol. 168. P. 231–240.
9. Lepp N., Harrison S., Morrell B. A role for *Amanita muscaria* L. in the circulation of cadmium and vanadium in a non-polluted woodland. *Environmental Geochemistry and Health*. 1987. Vol. 9. №. 3-4. P. 61–64.
10. Olsen R. The transfer of radiocaesium from soil to plants and fungi in semi-natural ecosystems. In: *Nordic Radioecology: The transfer of radionuclides through Nordic ecosystems to man*. Edited by H. Dahlgard, 1994. 62. Elsevier, Amsterdam, P. 265–287.
11. Pérez A., Fariás S., Strobl A., Pérez L., López C., Piñeiro A., Roses O., Fajardo M. Levels of essential and toxic elements in *Porphyra columbina* and *Ulva* sp. from San Jorge Gulf, Patagonia Argentina. *Science of the Total Environment*. 2007. Vol. 376. №. 1-3. P. 51–59.
12. Read D., Perez-Moreno J. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems – a journey towards relevance? *New Phytologist*. 2003. Vol. 157. P. 475–492.
13. Rodushkin I., Engström E., Sörlin D., Baxter D. Levels of inorganic constituents in raw nuts and seeds on the Swedish market. *Science of the Total Environment*. 2008. Vol. 392. P. 290–304.
14. Smith S. Mycorrhizal Symbiosis. London, UK, 2<sup>nd</sup> edition. Academic Press. 1997. 605 pp.
15. Stijve T., Besson R. Mercury, cadmium, lead and selenium content of mushroom species belonging to the genus *Agaricus*. *Chemosphere*. 1976. Vol. 5. №. 2. P. 151–158.
16. Vinichuk M. Copper, zinc, and cadmium in various fractions of soil and fungi in a Swedish forest. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 2013. № 4(48). P. 980–987.
17. Vinichuk M., Johanson K. Accumulation of <sup>137</sup>Cs by fungal mycelium in forest ecosystems of Ukraine. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2003. Vol. 64. P. 27–43.
18. Vinichuk M., Rosén K., Dahlberg A. <sup>137</sup>Cs in fungal sporocarps in relation to vegetation in a bog, pine swamp and forest along a transect. *Chemosphere*. 2013. Vol. 90. № 2. P. 713–720.

### References

1. Vinichuk, M.M. (2012). Khrom ta nikel u fraktsiiakh ґрунту та окремих видках макроміцетів бореальних лісових екосистем. [Chromium and nickel in soil fractions and certain types of macromycetes of boreal forest ecosystems]. *Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu. Biologichni nauky*, 3, 103-110. [In Ukrainian].
2. Berthelsen B., Olsen R., Steinnes E. (1995). Ectomycorrhizal heavy metal accumulation as a contributing factor to heavy metal levels in organic surface soils. *Science of the Total Environment*. 170. 141-149. [In English].
3. Blaudez D., Botton B., Chalot M. (2000). Cadmium uptake and subcellular compartmentation in the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus*. *Microbiology*. 146(5). 1109–1117. [In English].
4. Brzostowski A., Jarzyńska G., Kojta A., Wydmańska D., Falandysz J. (2011). Variations in metal levels accumulated in Poison Pax (*Paxillus involutus*) mushroom collected at one site over four years. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 46 (6). 581–588. [In English].
5. Burgess T., Malajczuk N., Grove N. (1993). The ability of 16 ectomycorrhizal fungi to increase growth and phosphorus uptake of *Eucalyptus globulus* Labill. and *E. diversicolor* F. Muell., *Plant and Soil*. 153(2). 155–164. [In English].

6. Byrne A., Ravnik V., Kosta L. (1976). Trace element concentrations in higher fungi. *Science of the Total Environment*. 6 (1). 65–78. [In English].
7. Gorban G., Clegg S. (1996). A conceptual model for nutrient availability in the mineral soil-root system. *Canadian Journal of Soil Science*. 76. 125–131. [In English].
8. Janssens I., Sampson D., Curiel-Yuste J., Carrara A., Ceulemans R. (2002). The carbon cost of fine root turnover in a Scots pine forest. *Forest Ecology and Management*. 168. 231–240. [In English].
9. Lepp N., Harrison S., Morrell B. (1987). A role for *Amanita muscaria* L. in the circulation of cadmium and vanadium in a non-polluted woodland. *Environmental Geochemistry and Health*. 9 (3-4). 61–64. [In English].
10. Olsen R. (1994). The transfer of radiocaesium from soil to plants and fungi in semi-natural ecosystems. In: *Nordic Radioecology: The transfer of radionuclides through Nordic ecosystems to man*. Edited by H. Dahlgaard, 62. Elsevier, Amsterdam, 265–287. [In English].
11. Pérez A., Farías S., Strobl A., Pérez L., López C., Piñeiro A., Roses O., Fajardo M. (2007). Levels of essential and toxic elements in *Porphyra columbina* and *Ulva* sp. from San Jorge Gulf, Patagonia Argentina. *Science of the Total Environment*. 376 (1-3). 51–59. [In English].
12. Read D., Perez-Moreno J. (2003). Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems – a journey towards relevance? *New Phytologist*. 157. 475–492. [In English].
13. Rodushkin I., Engström E., Sörlin D., Baxter D. (2008). Levels of inorganic constituents in raw nuts and seeds on the Swedish market. *Science of the Total Environment*. 392. 290–304. [In English].
14. Smith S. (1997). *Mycorrhizal Symbiosis*. London, UK, 2<sup>nd</sup> edition. Academic Press. 605. [In English].
15. Stijve T., Besson R. (1976). Mercury, cadmium, lead and selenium content of mushroom species belonging to the genus *Agaricus*. *Chemosphere*. Vol. 5. №. 2. P. 151–158. [In English].
16. Vinichuk M. (2013). Copper, zinc, and cadmium in various fractions of soil and fungi in a Swedish forest. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 4(48). 980–987. [In English].
17. Vinichuk M., Johanson K. (2003). Accumulation of <sup>137</sup>Cs by fungal mycelium in forest ecosystems of Ukraine. *Journal of Environmental Radioactivity*. 64. 27–43. [In English].
18. Vinichuk M., Rosén K., Dahlberg A. (2013). <sup>137</sup>Cs in fungal sporocarps in relation to vegetation in a bog, pine swamp and forest along a transect. *Chemosphere*. 90(2). 713–720. [In English].

Надійшла до редколегії 28.03.2019

УДК 504.42

**А. І. ВОЛКОВ**, канд. геогр. наук, доц.  
*Одеський державний екологічний університет*  
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016, Україна  
E-mail: [andriy.i.volkov@gmail.com](mailto:andriy.i.volkov@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-8456-0800>

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ОЦІНКИ ТА КОНТРОЛЮ РІВНЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

**Мета.** Формування банку даних, що відповідає рівню техногенного навантаження на довкілля, розробка програмного забезпечення керівництва банком даних та районування території України за рівнем техногенного навантаження на довкілля. **Методи.** В якості інструментів обробки просторово-координованих даних використаний ГІС-пакет QGIS та авторський програмний пакет Environmental Decision Support Systems. В якості математичного апарату застосовані алгоритми кластерного і факторного аналізу. **Результати.** Запропонований комплексний підхід до районування територій за багатовимірними критеріями. Запропонований інтегральний показник рівня техногенного навантаження на довкілля, що спирається на векторне представлення окремих показників техногенного навантаження. Виконана диференціація територій України за рівнем техногенного навантаження на окремі компоненти довкілля та запропонована методика розрахунку інтегрального показника рівня техногенного навантаження. Сформовано масив картографічного матеріалу, що характеризує стан довкілля України, та відповідну систему управління банком просторово-координованих даних. Із застосуванням мови об'єктно-орієнтованого програмування C++ був розроблений комплексний програмний пакет Environmental Decision Support Systems, з використанням якого було проведено районування території України з виявленням сприятливих зон для розширення селітебного, рекреаційного і природоохоронного секторів. **Висновки.** Виділені території з максимальним навантаженням на довкілля України. Результати районування території України за рівнем техногенного навантаження можуть бути застосовані відповідними організаціями, щодо планування природоохоронної діяльності на регіональному і державному рівнях тощо.

**Ключові слова:** геоінформаційні моделі, системи підтримки, прийняття рішень, техногенне навантаження, довкілля

**Volkov A. I.**

*Odessa State Environmental University*

## PROSPECTS FOR USING OF DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR ASSESSMENT AND CONTROL OF TECHNOGENIC PRESSURE ON THE ENVIRONMENT

**Purpose.** The purpose is to design the database on technogenic pressure levels on the environment and to develop the software for database control and zoning of Ukrainian areas by the technogenic pressure. **Methods.** The GIS free software QGIS is used as a main tool for spatial data analysis and development of the digital maps. The second tool is Environmental Decision Support Systems software which has been developed by author. The main mathematical tools are cluster and factor analysis algorithms. **Results.** The comprehensive approach to multidimensional zoning has been introduced. The integral index of technogenic pressure on the environment has been defined. The integral index is based on particular indexes which describes technogenic impacts on atmosphere, water and soils. The territory of Ukraine has been zoned by the level of technogenic pressure on the environment. Integrated map of spatial distribution for technogenic pressure on the environment of Ukraine was developed. The digital map database, which describes conditions of the environment of Ukraine, and appropriate database control system were developed. Author has developed the comprehensive software Environmental Decision Support systems by utilizing object-oriented language C++. The core of the application is geoinformational models and appropriate mathematical algorithms for spatial data analysis. **Conclusions.** The areas with high levels of technogenic pressure on the environment have been outlined. The developed approach and software can be useful for state and local authority institutions control activities which directed to reduction of negative impacts on the environment.

**Key words:** geographical informational models, systems of support, decision-making, technogenic pressure, environment



**Волков А.И.**

*Одесский государственный экологический университет, г. Одесса*

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Цель.** Формирование базы данных, характеризующей уровень техногенной нагрузки на окружающую среду, разработка программного обеспечения управления базой данных и районирования территории Украины по уровню техногенной нагрузки. **Методы.** В качестве инструментов обработки пространственно-координированных данных использован ГИС-пакет QGIS и авторский программный пакет Environmental Decision Support Systems. В качестве математического аппарата использованы алгоритмы кластерного и факторного анализа. **Результаты.** Предложен комплексный подход к многокритериальному районированию территорий. Предложено определение интегрального показателя уровня техногенной нагрузки на отдельные компоненты окружающей среды. Выполнена дифференциация территории Украины по уровню техногенной нагрузки на отдельные компоненты окружающей среды, а также предложена методика расчета интегрального показателя уровня техногенной нагрузки. Создан массив картографического материала, характеризующий состояние окружающей среды Украины и соответствующая система управления базами данных. С использованием языка объектно-ориентированного программирования C++ разработан комплексный программный пакет Environmental Decision Support. **Выводы.** Выделены территории с максимальной техногенной нагрузкой на окружающую среду Украины. Результаты районирования территории Украины по уровню техногенной нагрузки могут быть использованы соответствующими организациями и органами власти для принятия решений относительно планирования природоохранной деятельности на региональном и государственном уровнях.

**Ключові слова:** геоинформационные модели, система поддержки, принятие решений, техногенная нагрузка, окружающая среда

### **Вступ**

Проблеми управління якістю навколишнього середовища завжди були пов'язані із необхідністю аналізу просторово розподіленої інформації та розробкою багатопланового картографічного матеріалу. Оскільки раніше переважна кількість даних була на паперових носіях, процес обробки спочатку потребував значних часових витрат. У теперішній час, завдяки швидкому розвитку інформаційних технологій, вирішення цієї проблеми можливо здійснювати на новому якісному рівні [1 – 3].

Сучасні інформаційні технології надають можливість доступу до безлічі інструментів, певна кількість яких зосереджена у географічних інформаційних системах (ГІС) [4]. Завдяки широкому колу застосування, для ГІС не існує універсального визначення, однак в якості найбільш ємного можна розглянути наступне: географічна інформаційна система – це інтегрована сукупність апаратних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, аналіз і відображення (представлення) просторово-координованих даних [4].

Управління навколишнім середовищем, за своєю суттю, це просторова задача, оскільки вихідна інформація представлена у двох аспектах, а саме: географічна прив'язка та відповідний фізичний сенс характеристик якості довкілля. Протягом багатьох років

проводились дослідження, спрямовані на формування матеріалу, який поєднував просторові і тематичні показники різних територій та накопиченню цієї інформації на паперових носіях.

Сьогодні ці первісні ознаки карти перетворилися із пошукових посібників з фізичного простору на інструменти управління для вивчення просторових відносин. Ця перспектива знаменує собою новий поворотний момент у використанні карт, передуючи зміни у парадигмі в області екологічного планування та менеджменті від простого фізичного опису географічного простору до інтерпретації відображених даних, а також передачі факторів задля детального просторового аналізу. Також трансформувалась ціль, для якої використовуються карти. На сьогоднішній день системи картографування забезпечують значно глибший підхід до вирішення складних проблем, зокрема екологічного характеру [5–7]. Розуміння еволюційних етапів нової технології, її поточного вираження і ймовірні тенденції мають вкрай важливе значення для сьогоденної екологічної політики і управління якістю довкілля.

В силу поступового розвитку технології, акцент змістився з описової системи запитів до існуючих баз даних у бік аналізу і перетворених даних. Здебільшого, найперші етапи формування ГІС було зосереджено на

автоматизації традиційних методів картування. Якщо раніше користувач повинен був повторно накласти кілька карт на світлому столі, аналогічна процедура була розроблена також в рамках ГІС. Аналогічним чином, необхідні повторні ітераційні розрахунки були запрограмовані за допомогою відповідних математичних рішень. Результатом цих зусиль стала функціональність ГІС, що імітувала «ручні» процедури в повсякденній діяльності користувача. Цінністю таких систем є економія, яку забезпечила автоматизація операцій, що повторюються [8].

На наступних етапах поступово розроблено програмні інструменти, що дозволяли зручно застосовувати комплексні алгоритми обробки просторово розподіленої інформації, якою є, наприклад, просторова статистика. Її алгоритми надають значний набір інструментів для пояснення просторової неоднорідності показників якості навколишнього середовища у географічному просторі. Формалізація про-

сторової інформації надала можливість описати картографічний матеріал за допомогою традиційних математичних термінів, де кожна карта – «змінна», кожне місце – «випадок», кожне значення карти є «вимір». Це забезпечило узгоджену просторову ресстрацію чисел. Застосування таких понять, як просторова кореляція, статистичні фільтри, невизначеність карти і поширення помилок чекають їх перекладу з інших областей.

Як видно із наданого визначення, геоінформаційні технології є лише потужним інструментом, на базі якого зручно формувати системи підтримки прийняття рішень (СППР), спрямованих на оптимізацію управління якістю довкілля [9-11].

**Мета дослідження.** Формування банку даних, що відповідає рівню техногенного навантаження на довкілля, розробка програмного забезпечення керівництва банком даних та районування території України за рівнем техногенного навантаження на довкілля.

### Методи дослідження

В якості інструменту дослідження застосовано авторський програмний пакет Environmental Decision Support Systems [12] (рис. 1).



Рис. 1 – Вікно завантаження СППР (Environmental Decision Support Systems)

Пакет розроблений із застосуванням мови об'єктно-орієнтованого програмування C++. Та поєднує у собі можливості сучасних ГІС, оскільки інтегрується з пакетом QGIS та використовує його базові бібліотеки обробки просторо-орієнтованої інформації. Також в якості настройки, що необхідна для обробки специфічних даних, зокрема рівня техногенного навантаження на довкілля, пакет реалізує алгоритми кластерного і факторного аналізів. Схема, що представляє архітектуру розробленого програмного пакету, представлена на рис. 2.

Видно із наведеної схеми, система включає наступні основні компоненти: Ядро – основний компонент системи, що відповідає за взаємодію розробленого програмного забезпечення із операційною системою і базовою програмою, якою є QGIS.

Бібліотеки методів і моделей – відповідні математичні моделі, що застосовуються для просторового опису рівня техногенного навантаження та функціонального застосування територій, містять моделі, формалізовані автором, та певний перелік стандартних моделей, що застосовуються програмним пакетом QGIS.

Банк даних і відповідна система управління цим банком даних – вихідна інформація, що аналізується.

Важливо зазначити, що розроблена СППР є масштабованою та надає можливість розширення функціоналу шляхом підключення нових бібліотек, а також функції та методи об'єктів авторських бібліотек, можуть застосовувати функції і об'єкти

стандартних бібліотек, що відповідає базовим принципам програмування: спадкоємству, інкапсуляції і поліморфізму. Слід звернути увагу на можливість одночасної обробки до 255 шарів растрової і векторної графіки, що є досить потужним інструментом та дозволяє розширити межі застосування даної системи, в залежності від кола проблем, що вирішується.

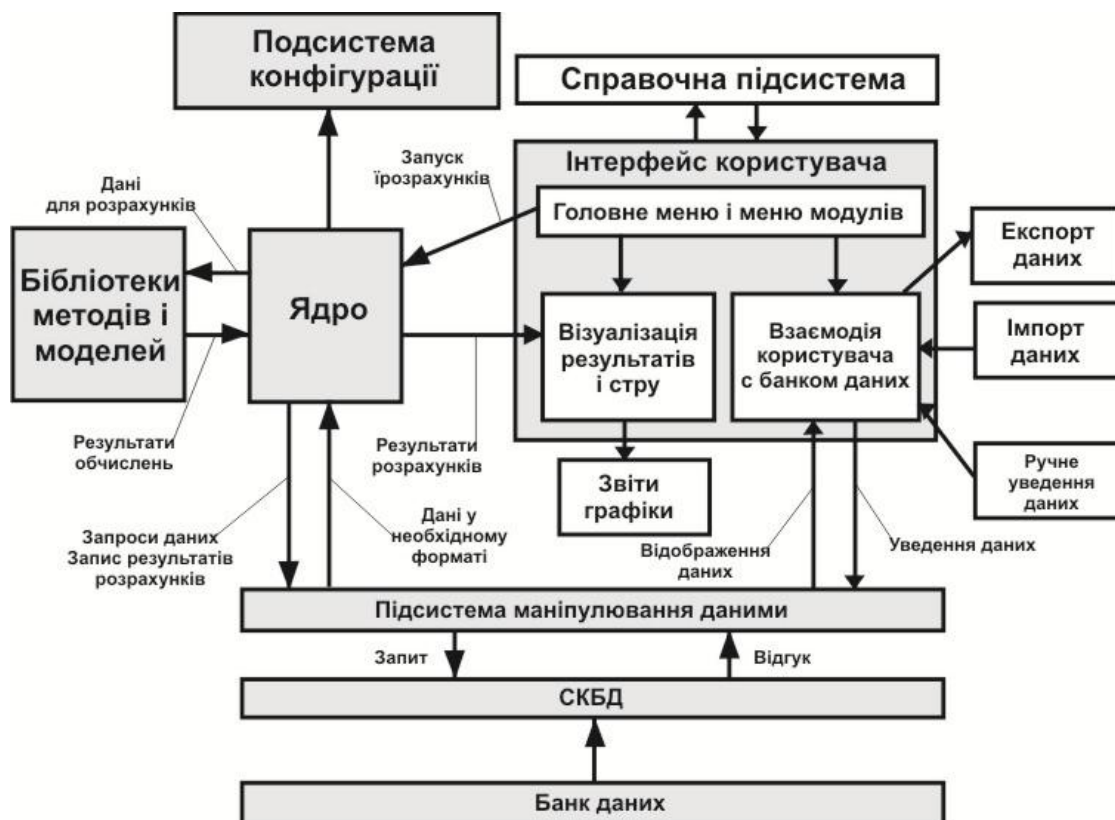


Рис. 2 – Схема архітектури пакету Environmental Decision Support Sysytems

Оцінка просторового розподілу рівня техногенного навантаження на кожен із компонентів довкілля (атмосферне повітря, природні води та ґрунти), враховувало наступний перелік показників, статистична інформація щодо яких представлена на офіційному ресурсі [13], за 2017 рік:

- викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, тис. Т / рік;
- викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря пересувними джерелами, тис. Т / рік;
- забір води з природних водних об'єктів, млн. м<sup>3</sup> / рік;
- споживання господарсько-питних вод по регіонах, млн. м<sup>3</sup> / рік;

- загальне водовідведення, млн. м<sup>3</sup> / рік;
- скидання стічних вод в поверхневі водні об'єкти, млн. м<sup>3</sup> / рік;
- площа сільськогосподарської освоєння, % від загальної площі;
- площа розораних земель, % від загальної площі;
- площа еродованих земель, % від загальної площі;
- кількість внесених агрохімікатів і пестицидів, т;
- утворення твердих промислових відходів, тис. т / рік;
- накопичення твердих промислових відходів в сховищах організованого складування, тис. т;

- утворення твердих побутових відходів, тис. м<sup>3</sup> / рік.

Для поєднання цього переліку показників, запропоновано застосувати поняття інтегрального показника техногенного навантаження [14-16], тобто векторної величини (розмірності  $p$ ), координатами якої є показники техногенного навантаження на окремі компоненти довкілля, які віднесено до площі території що вони характеризують (1).

$$X_i \left( \frac{\bar{x}_{i1}}{S_i}, \frac{\bar{x}_{i2}}{S_i}, \dots, \frac{\bar{x}_{ij}}{S_i}, \dots, \frac{\bar{x}_{ip}}{S_i} \right), \quad (1)$$

Однак в умовах неповноти статистичної інформації, можливо застосування алго-

ритму факторного аналізу [17], що надає можливість стиснення вихідних даних та поєднання їх у деякі узагальнені фактори, тобто отримання вектору меншої розмірності  $z$  (2):

$$X_i \left( \frac{\bar{x}_{i1}}{S_i}, \frac{\bar{x}_{i2}}{S_i}, \dots, \frac{\bar{x}_{ij}}{S_i}, \dots, \frac{\bar{x}_{iz}}{S_i} \right), \quad (2)$$

де  $p > z$

Для розрахунку шару інтегрального показника техногенного навантаження, що представлений певною кількістю поєднаних шарів, використовуємо меню, що представлено на рисунку 10.

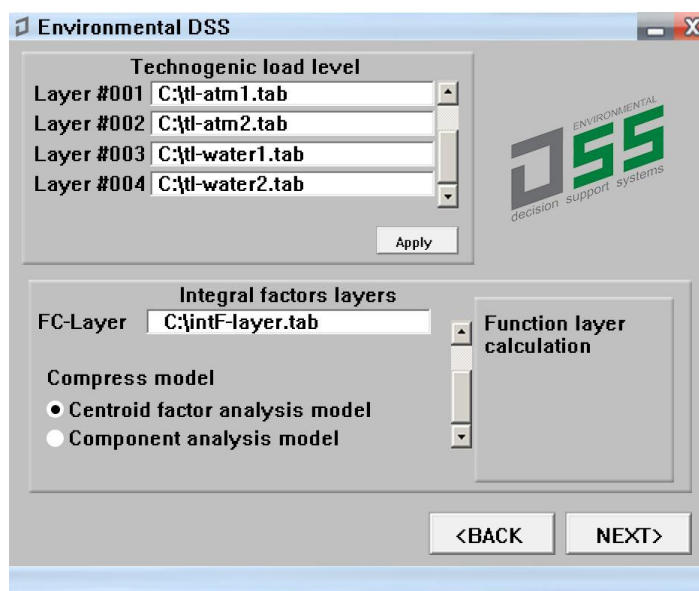


Рис. 3 – Меню обробки статистичних даних

Оскільки кожна комірка отриманої карти векторів була представлена певним вектором (2), для районування території був застосований модуль реалізуючий алгоритм кластерного аналізу [18]

Стисло алгоритм кластерного аналізу, що базується на максимінній відстані, можна представити у вигляді наступних кроків (рис.4):

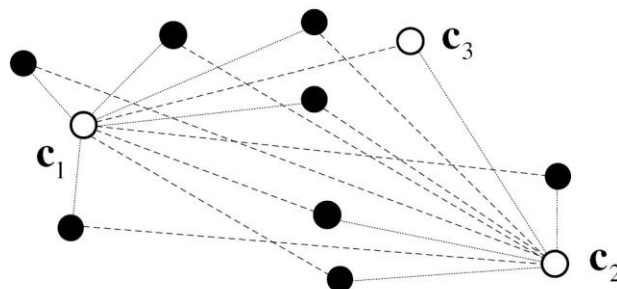


Рис. 4 – Схематичне представлення процесу кластеризації на прикладі двовимірного простору

1) у якості першого центру кластеру обирається елемент  $c_1=x_1$ ;

2) у якості другого центру кластеру обирається той елемент  $c_2=x_{j_2}$ , що знаходиться на найбільшій відстані від  $c_1$ , тобто  $\|x_{j_2} - c_1\| = \max_{x \in \Xi} \|x - c_1\|$ ;

3) припустимо, що обрані  $k$  центри  $C^{(k)} = \{c_1, \dots, c_k\}$  кластерів. В якості чергового  $(k+1)$ -го центра кластеру обирається той елемент  $x_{j_{k+1}}$ , що знаходиться на найбільшій відстані від найближчого від центрів

$c_1, \dots, c_k$ , (рис. 2.5) тобто

$$\min_{c \in C^{(k)}} \|x_{j_{k+1}} - c\| = \max_{x \in \Xi \setminus C^{(k)}} \min_{c \in C^{(k)}} \|x - c\| \quad (\text{рис. 4});$$

4) перевіряється умова «останова». Умовою «останова» алгоритму може бути виконання нерівності  $Q_{(k+1)}/Q_{(k)} \geq \gamma$ , де  $\gamma \in (0,1)$  - деяке порогове значення, що наближається до одиниці. Виконання останньої умови означає, що при появі нового центру кластеру дисперсія змінюється незначно.

### Результати досліджень та обговорення

Застосування алгоритмів факторного і кластерного аналізів дозволило отримати просторову картину розподілу рівня техногенного навантаження на окремі компоненти навколишнього середовища (рис. 5-8).

Кластеризація території України за рівнем техногенного впливу на атмосферний басейн (рис. 5). До першого кластеру відносяться переважно території східної частини країни, що пояснюється значною кількістю стаціонарних джерел забруднення. Також території, що відносяться до

першого та другого кластеру спостерігаються у зонах з максимальною кількістю населення, та обумовлені викидами пересувних джерел забруднення. Як видно з діаграми (рис. 5), єдність векторів, що відносяться до кожного з кластерів є значимою і відповідає в середньому 78% сумарної дисперсії.

Розподіл техногенного навантаження на природні води є також нерівномірним (рис. 6).

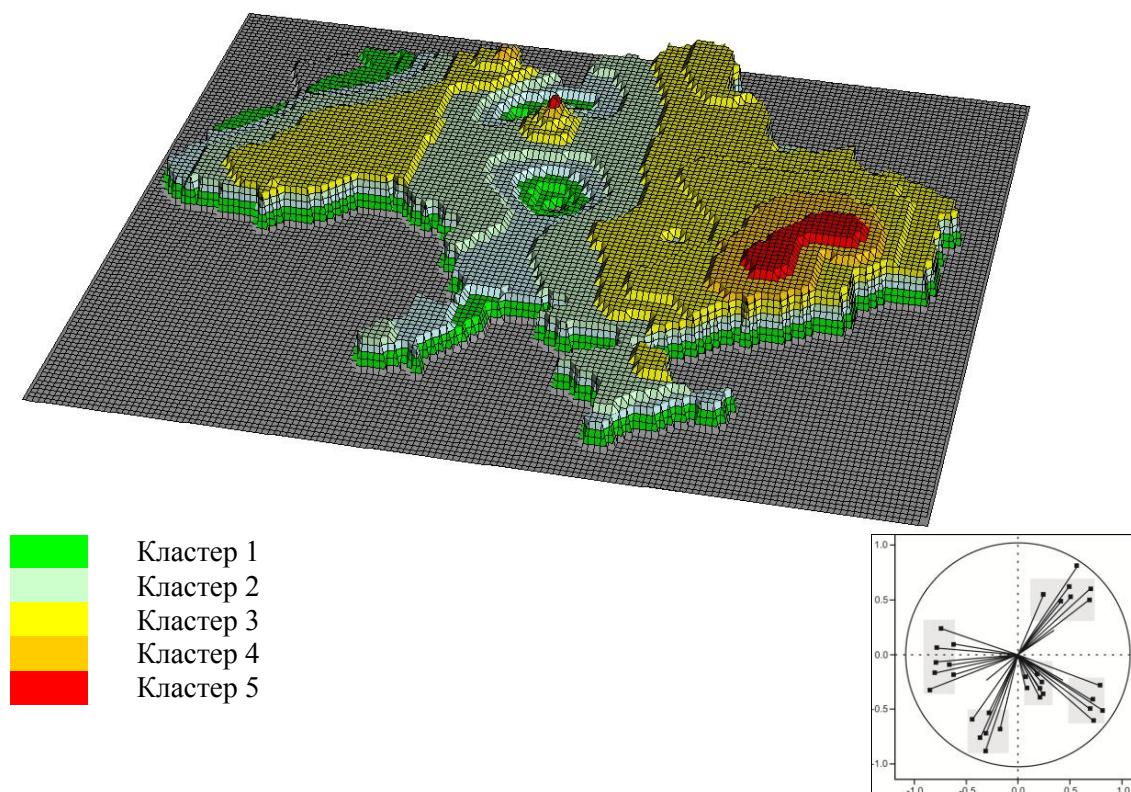


Рис. 5 – Кластеризація території України за техногенним навантаженням на атмосферне повітря

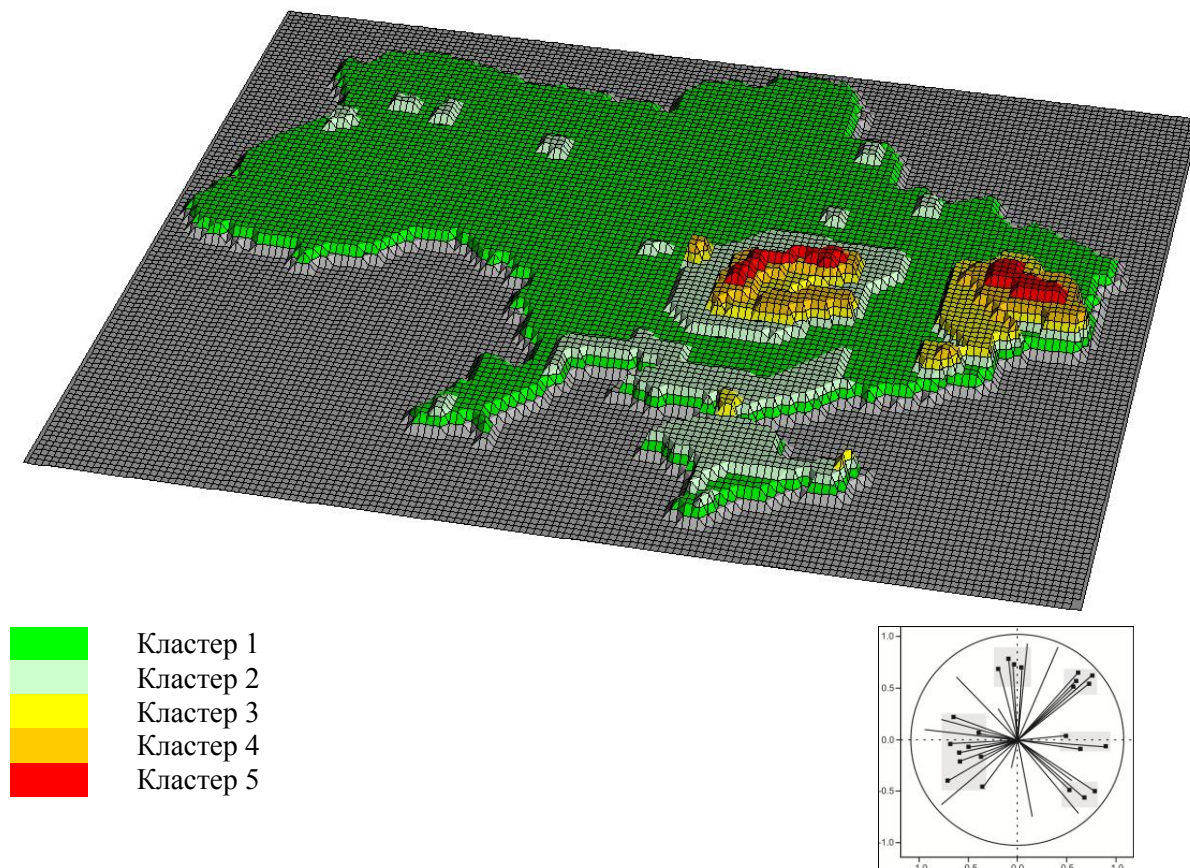


Рис. 6 – Кластеризація території України за техногенним навантаженням на природні води

Як видно з рисунку 6, максимальний рівень навантаження відповідає центральним і східним регіонам. Як видно з діаграми (рис. 6), єдність векторів, що відносяться до кожного з кластерів є значимою і відповідає в середньому 71% сумарної дисперсії.

Максимальне техногенне навантаження на ґрунти (рис. 7) зосереджена у межах південних регіонів, що в свою чергу характеризуються більш розвиненим агропромисловим сектором. Як видно з діаграми (рис. 7), єдність векторів, що відносяться до кожного з кластерів є значимою і відповідає в середньому 73% сумарної дисперсії.

Просторовий розподіл рівня техногенного навантаження, що обумовлений накопиченням твердих промислових і побутових відходів є більш однорідним, що пояснюється просторовим розподілом полігонів організованого складування останніх. Очевидно, що максимальні значення відповідають також східним регіонам (рис. 8). Як видно з діаграми (рис. 7), єдність векторів, що відносяться до кожного з кластерів є значимою і відповідає в середньому 84% сумарної дисперсії.

Слід відмітити, що сформований банк просторових даних і відповідна система управління даними на базі ГІС-пакету QGIS

і авторського програмного пакету EDSS можуть мають безпосереднє практичне значення у рамках вирішення питань щодо визначення пріоритетів у процесі прийняття рішень щодо організації природоохоронних заходів як на регіональному так і на державному рівнях.

Важливо відмітити:

- проаналізований перелік показників техногенного навантаження відображує вплив на всі компоненти довкілля і таким чином є репрезентативним;

- представлення окремого растра зображення у якості векторної величини надає можливість враховувати величини різного порядку і розмірності, що не представляється можливим у разі застосування скалярної величини модуля техногенного навантаження;

- застосування факторного аналізу у якості проміжного інструменту обробки статистичних даних надає можливість покращити результати розрахунків завдяки усуненню лінійно залежних показників у процесі попередньої обробки вихідних даних;

- розроблена система є масштабованою, тобто наявний набір показників може бути розширений у разі наявності додаткових даних.

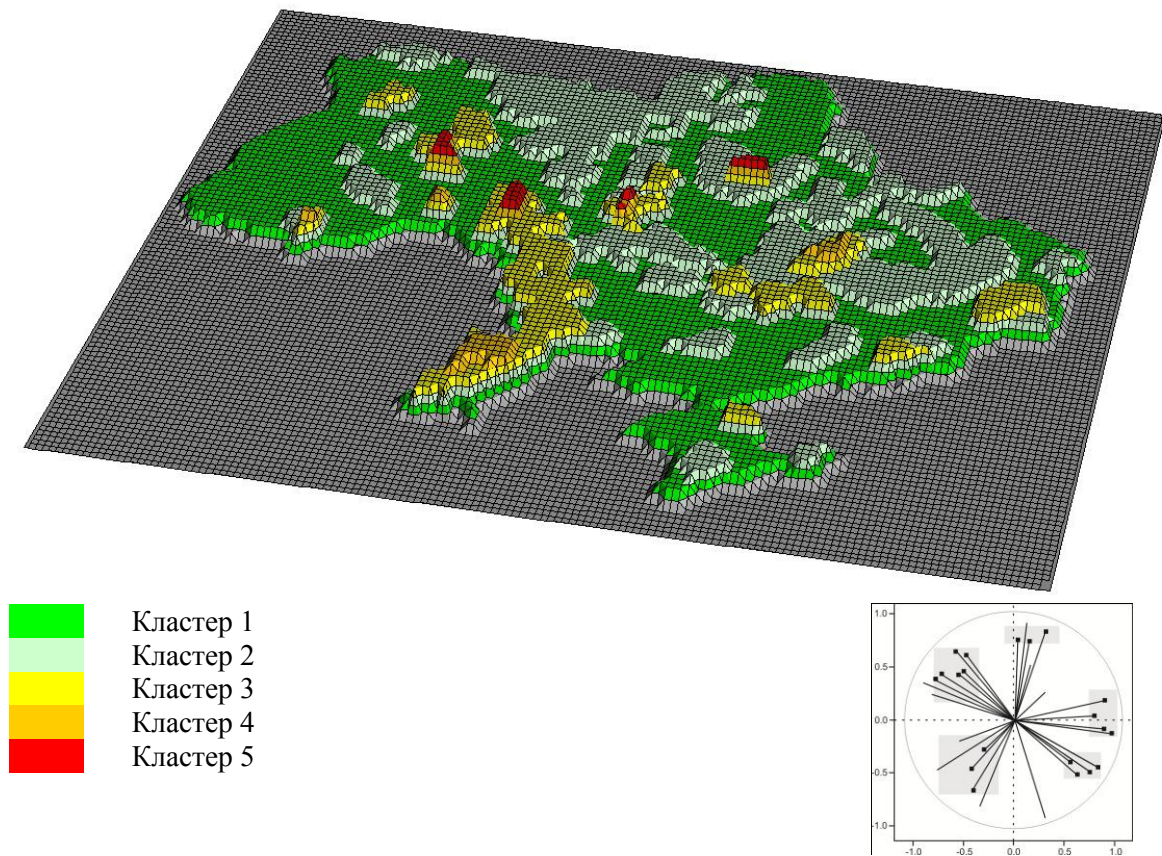


Рис. 7 – Кластеризація території України за техногенним навантаженням на ґрунти

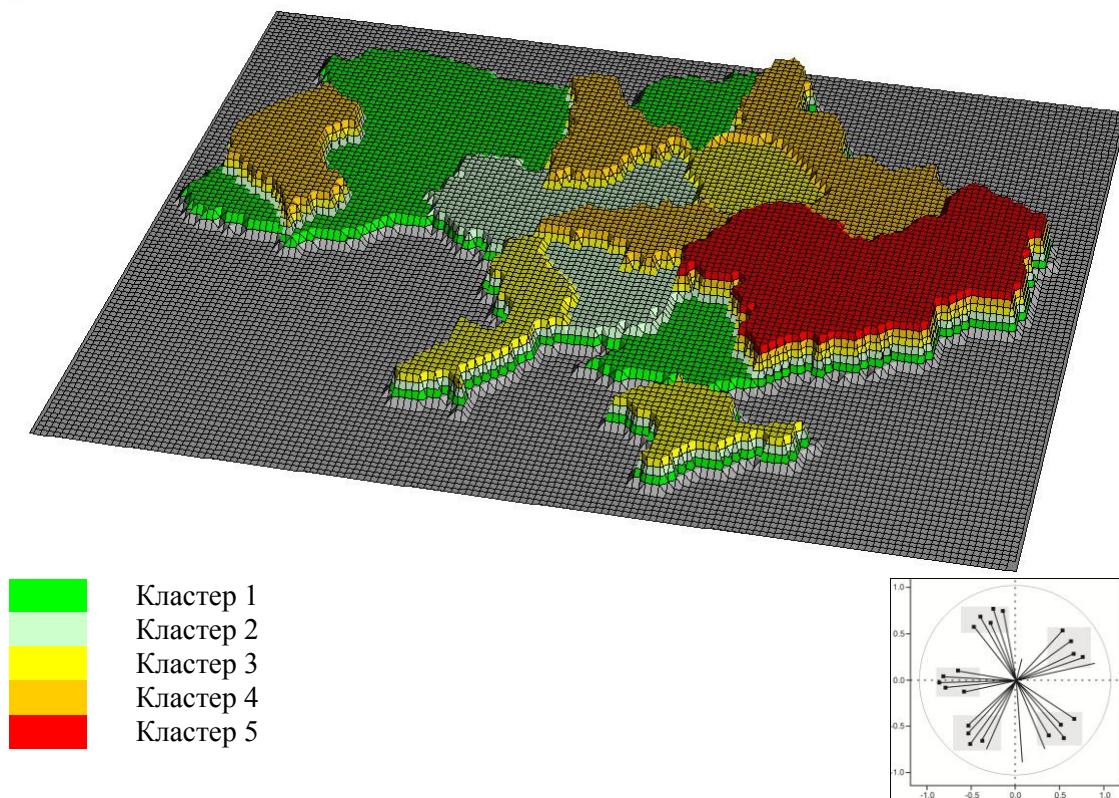


Рис. 8 – Кластеризація території України за техногенним навантаженням, що формується твердими промисловими і побутовими відходами

### Висновки

В останній час існує велика кількість цифрового картографічного матеріалу, що характеризує стан довкілля. Однак важливим недоліком є відсутність єдності та однорідності існуючих даних. Переважна кількість інформаційних джерел надає інформацію фрагментарно та без єдиної програмної оболонки, що призводить до неузгодженості просторової та часової прив'язки. Для прийняття управлінських рішень, що направлені на покращення стану довкілля дуже важливим є оперативне отримання просторової оцінки рівня техногенного навантаження, що не представляється можливим без використання певних програмних засобів, що узагальнюють і зв'язують вихідні дані різних форматів.

Розроблений в рамках даного дослідження програмний продукт, дозволяє вирішити поставлену проблему завдяки поєд-

нанню інструментів управління просторово-координованими даними та алгоритмів багатовимірної обробки статистичного матеріалу.

Таким чином програмний продукт може бути застосований користувачем чи групою користувачів у обов'язки яких входить планування природоохоронної діяльності завдяки оперативному пошуку територій, що потребують пріоритетної уваги в силу високого рівня техногенного навантаження на кожен компонент довкілля. Пакет EDSS відноситься до типу систем, що спрощують прийняття рішень, завдяки наданню оперативного доступу до банку даних, виконанням просторового аналізу і графічної інтерпретації результатів аналізу у вигляді цифрового картографічного матеріалу.

### Література

1. Paul A. GIS Solutions for Environmental Management Mapping Your Environmental Management Strategy. New York: ESRI, 2012. 12 с.
2. Tassopoulos, A. Anastasiadis, I. (2011). Environmental management and decision support system.. *Neural, Parallel, and Scientific Computations* , 19, 439-451.
3. Bayarmaa E. Geospatial modeling and mapping of air pollution . Netherlands: Enschede, 2013. 57 с.
4. Світличний О., Плотницький С. Основи Геоінформатики. Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. 295 с.
5. Журкин И., Шайтура С. Геоинформационные системы. Москва: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. 272 с.
6. Попов А. Системы поддержки принятия решений. Екатеринбург: Урал. гос. ун-т, 2008. 80 с.
7. Пахомов П., Немтинов В. Технология поддержки принятия решений по управлению инженерными коммуникациями. Москва: Машиностроение, 2009. 124 с.
8. Скрыпник О. Моделирование системы поддержки принятия решения в процессах внедрения систем информационного обеспечения. *Праці Одеського політехнічного університету*. 2011. № 3 (37). С.194-199. Skrypnyk, O. (2011).
9. Dreizis Y., Grigoryan I., Kovalenko V. Design of Multidimensional Database (MBD) for DSS in Problems of Environmental Management. *European Researcher*. 2012. № 5-1 (20). С.590-593.
10. Durgaprasadand J., Rao P. Handling of Uncertainty for Modelling of Risk for Development of a DSS // Environmental Knowledge for Disaster Risk Management.: International Conference / India. Delhi: NIDM-GIZ, 2011. С.19-19.
11. Russel N. The role of decision support systems and models in integrated river basin management. London: Scriptoria, 2013. 48 с.
12. Волков А. Геоінформаційні моделі і системи підтримки прийняття рішень оцінки та контролю рівня техногенного навантаження на довкілля. Одеса: ТЕС , 2016. 150 с.
13. [Електронний ресурс] // <http://www.ukrstat.gov.ua/>. 1992. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. Дата обращения: 01.03.2019
14. Волков А., Попик О. Анализ пространственного распределения загрязнения атмосферного бассейна г.Одессы (с использованием ГИС). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013. № 3-4. С.137-141.
15. Волков А. Аналіз забруднення ґрунтового покриву важкими металами (із застосуванням ГИС). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 1-2 (27). С.31-39.



16. Волков А. Анализ качества морских вод побережья Одесской агломерации. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2012. № 1-2. С.46-50.
17. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. Москва: МИР, 1967. 140 с.
18. Школьний Є., Лосєва І., Гончарова Л. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. Київ: Міносвіти України, 1999. 600 с.

### References

1. Paul , A. (2012). GIS Solutions for Environmental Management Mapping Your Environmental Management Strategy. New York: ESRI. [in English]
2. Tassopoulos, A., & Anastasiadis, I. (2011). Environmental management and decision support system. *Neural, Parallel, and Scientific Computations*, 19, 439-451. [in English]
3. Bayarmaa , E. (2013). Geospatial modeling and mapping of air pollution . Netherlands: Enschede. [in English]
4. Cvitlychnyi , O., & Plotnytskyi , S. (2006). *Osnovy Heoinformatyky* [The Fundamentals of Geoinformatics]. Sumy: VTD «Universytetska knyha». 206 p [in Ukrainian]
5. Zhurkin , I., & Shajtura , S. (2009). *Geoinformacionny`e sistemy`*. [Geographical Informational Systems] Moskva: KUDICz-PRESS 272 p [in Russian]
6. Popov , A. (2008). *Sistemy` podderzhki prinyatiya reshenij*. [Decision Support Systems] Ekaterinburg: Ural. gos. un-t. 80 p [in Russian]
7. Paxomov , P., & Nemtinov , V. (2009). *Texnologiya podderzhki prinyatiya reshenij po upravleniyu inzhenerny`mi kommunikaciyami*. [The Technology of Decision Support in Engineering Communications Managing] Moskva: Mashinostroenie. 124 h [in Russian]
8. *Modelirovanie sistemy` podderzhki prinyatiya resheniya v processax vnedreniya sistem informacionnogo obespecheniya*. [The Modeling of Decision Support System for Implementation of Informational Support] *Praczi Odes`kogo politexnichnogo universitetu*, 3, 194-199. [in Russian]
9. Dreizis , Y., Grigoryan , I., & Kovalenko , V. (2012). Design of Multidimensional Database (MBD) for DSS in Problems of Environmental Management. *European Researcher*, 5-1, 590-593. [in English]
10. Durgaprasadand , J., & Rao , P. (2011). Handling of Uncertainty for Modelling of Risk for Development of a DSS . *Environmental Knowledge for Disaster Risk Management.*, (19-19). Delhi: NIDM-GIZ [in English]
11. Russel , N. (2013). The role of decision support systems and models in integrated river basin management. London: Scriptoria. 48 p [in English]
12. Volkov , A. (2016). *Heoinformatsiini modeli i systemy pidtrymky pryiniattia rishen otsinky ta kontroliu rivnia tekhnogennoho navantazhennia na dovkillia* [Geoinformational Models and Decision Support Systems for Assessment and Control of Technogenic Load on the Environment]. Odesa: TES. 150 p. [in Ukrainian]
13. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [The State Statistic Service of Ukraine]. <http://www.ukrstat.gov.ua>. 01.03.1992 Web. 01.03.2019 Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian]
14. Volkov , A., & Popik , O. (2013). *Analiz prostranstvennogo raspredeleniya zagryazneniya atmosfernogo bassejna g.Odessa` (s ispol`zovaniem GIS)* [The Assessment of Spatial Distribution for Air Pollution within Odessa city (Utilizing GIS)] . *Lyudina ta dovkillia. Problemi neoeologii*, 3-4, 137-141.
15. Volkov , A. (2017). *Analiz zabrudnennia gruntovoho pokryvu vazhkymy metalamy (iz zastosuvanniam HIS)* [The Assessment of Soil Pollution by Heavy Metals (Utilizing GIS)]. *Liudyna ta dovkillia.* , 1-2, 31-39.
16. Volkov , A. (2012). *Analiz kachestva morskix vod poberezh`ya Odesskoj aglomeracii* [The Assessment of Sea Water Quality within Coastal Zone of Odessa Agglomeration]. *Lyudina ta dovkillia. Problemi neoeologii*, 1-2, 46-50. [in Ukrainian]
17. Louli , D., & Maksvell , A. (1967). *Faktorny`j analiz kak statisticheskij metod* [Factor Analysis as Statistical Method]. Moskva: Mir. [in Russian]
18. Shkolnyi , Y., Loieva , I., & Honcharova , L. (1999). *Obrobka ta analiz hidrometeorologichnoi informatsii*. [Processing and Analysis of hydrometeorological data] Kyiv: Minosvity Ukrainy. [in Ukrainian]

Надійшла до редколегії 30.04.2019

## ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ

УДК 551.46.062.3+551.46.062.5

**Е. И. ГАЗЕТОВ<sup>1</sup>, В. И. МЕДИНЕЦ<sup>1</sup>**, канд. физ.-мат. наук, с. н. с.,  
**С. М. СНИГИРЕВ<sup>1</sup>**, канд. биол. наук, **П. М. СНИГИРЕВ<sup>1</sup>**, **А. Н. АБАКУМОВ<sup>1</sup>**,  
**В. З. ПИЦЬК<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова*  
пров. Маяковского 7, м. Одеса, 65082, Украина

E-mail: [gazetov@gmail.com](mailto:gazetov@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-5362-1973>  
[medinets@te.net.ua](mailto:medinets@te.net.ua) <http://orcid.org/0000-0001-7543-7504>  
[snigirev@te.net.ua](mailto:snigirev@te.net.ua) <https://orcid.org/0000-0003-3287-2519>

[snigirev@te.net.ua](mailto:snigirev@te.net.ua)

[alex.n.abakumov@gmail.com](mailto:alex.n.abakumov@gmail.com),

[v.z.pitsyk@gmail.com](mailto:v.z.pitsyk@gmail.com)

### ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКИХ ВОД У ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ В 2016-2017 ГГ.

**Цель.** Обобщение результатов наблюдений гидрологических характеристик вод Черного моря в районе острова Змеиный, которые проводились научной группой Регионального центра интегрированного мониторинга и экологических исследований Одесского национального университета имени И. И. Мечникова в 2016-2017 гг. **Методы.** Сбор первичных данных по прозрачности, температуре и солености воды выполнялся стандартными методами. Обработка данных, расчет статистики, построение графиков и карт проводились с использованием программного обеспечения Excel и ArcGIS. **Результаты.** Представлены и проанализированы временные и пространственные распределения прозрачности, температуры и солености вод Черного моря в районе острова Змеиный в период с апреля 2016 г. по декабрь 2017 г. По результатам анализа накопленной экспериментальной информации о прозрачности, температуре и солености морской воды выявлены особенности сезонных изменений этих характеристик. **Выводы.** Установлено воздействие на сезонные циклы гидрологических характеристик вод Черного моря в районе острова Змеиный в 2016-2017 гг. адвекции распресненных водных масс со взморья реки Дунай и из северо-западной части Черного моря (СЗЧМ). В распределении температур морской воды у острова Змеиный в 2016-2017 гг. выявлен хорошо выраженный сезонный ход, который отражал сезонные изменения радиационного баланса и процессы теплообмена на границе море/ атмосфера, а также влияние адвекции водных масс из других районов моря. Показано, что сезонный ход солености морской воды у острова Змеиный, которая находилась в пределах от 7.48 до 18.34 PSU, в 2016-2017 гг. претерпевал спорадические возмущения вследствие миграции фронтальной зоны распространения вод реки Дунай в районе острова Змеиный, а также адвекции распресненных водных масс из СЗЧМ. Прослежено формирование устойчивой двухслойной вертикальной плотностной стратификации морских вод у острова Змеиный в весенне-летние периоды 2016-2017 гг. Выявлено более раннее, в отличие от Одесского залива, весеннее вертикальное расслоение воды по температуре (в мае 2016 и 2017 гг.) и более плавное, до глубокой осени, сезонное понижение температуры.

**Ключевые слова:** Черное море, остров Змеиный, прибрежные воды, гидрологические характеристики

**Gazyetov Ye. I., Medinets V. I., Snigirov S. M., Snigirov P. M., Abakumov A. N., Pitsyk V. Z.**

*Odessa National I.I. Mechnikov University, Odessa, Ukraine*

### STUDY OF MARINE WATERS HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS NEAR THE ZMIINYI ISLAND IN 2016-2017

**Purpose.** Results of hydrological characteristics observations in the Zmiinyi Island coastal waters carried out by research group of the Regional Center for Integrated Monitoring and Environmental Studies (Odessa National I.I. Mechnikov University) in 2016-2017 have been summarized. **Methods.** Primary data on transparency, temperature and salinity of marine water have been collected using standard methods. Data processing, calculation of statistics, producing of graphs and maps have been carried out using Excel and ArcGIS software. **Results.** Temporal and spatial distributions of transparency, temperature and salinity of marine waters near the Zmiinyi

Island for the period from April 2016 to December 2017 have been presented and analyzed. Using the results of analysis of the accumulated experimental data on transparency, temperature and salinity of sea water the peculiarities of those characteristics' seasonal changes have been revealed. **Conclusions.** Impact of desalinated water masses advection from the Danube River mouth and from the North Western part of the Black Sea (NWBS) on the seasonal cycles of marine waters hydrological characteristics at the Zmiinyi Island in 2016-2017 has been revealed. Well-visible seasonal variation was revealed in the sea water temperatures distribution near the Zmiinyi Island in 2016-2017, which reflected seasonal changes in radiation balance and heat exchange processes at the sea / atmosphere boundary, as well as the influence of water masses advection from other areas of the sea. It was shown that salinity seasonal variation in the sea water near the Zmiinyi Island, which ranged from 7.48 to 18.34 PSU, in 2016-2017 had the disturbance as the result of migration of the frontal zone of the Danube River waters distribution in the Zmiinyi Island area, as well as advection of desalinated water masses from the NWBS. Forming of stable two-layer vertical density stratification of the Zmiinyi Island coastal waters in spring-summer periods of 2016-2017 has been traced. An earlier (compared to Odessa Bay) spring vertical thermal stratification of water (May) and smoother, till late autumn, seasonal temperature decrease were revealed.

**Key words:** Black Sea, Zmiinyi Island, coastal waters, hydrological characteristics

Газтов Є. І., Медінець В. І. Снігірьов С. М., Снігірьов П. М., Абакумов О. М., Піщик В. З.  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСЬКИХ ВОД БІЛЯ ОСТРОВУ ЗМІЙНИЙ В 2016-2017 РР.

**Мета.** Узагальнення результатів спостереження гідрологічних характеристик вод острова Зміїний, який виконувався науковою групою Регіонального центру інтегрованого моніторингу та екологічних досліджень Одеського національного університету імені І. І. Мечникова в 2016-2017 рр. **Методи.** Збір первинних даних з прозорості, температури і солоності води виконувався стандартними методами. Обробка даних, розрахунок статистики, побудова графіків і карт проводилися з використанням програмного забезпечення Excel і ArcGIS. **Результати.** Представлені і проаналізовані часові та просторові розподіли прозорості, температури і солоності вод Чорного моря біля острова Зміїний в період з квітня 2016 по грудень 2017 р. За результатами аналізу накопиченої експериментальної інформації про прозорість, температуру і солоність морської води виявлені особливості сезонних змін цих характеристик. **Висновки.** Встановлено вплив на сезонні цикли гідрологічних характеристик вод Чорного моря поблизу острова Зміїний в 2016-2017 рр. адвекції розпріснених водних мас від узмор'я річки Дунай і з північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ). У розподілі температур морської води біля острова Зміїний в 2016-2017 рр. виявлено добре виражений сезонний хід, який відображав сезонні зміни радіаційного балансу і процеси теплообміну на границі море / атмосфера, а також вплив адвекції водних мас з інших районів моря. Показано, що сезонний хід солоності морської води біля острова Зміїний, яка перебувала в межах від 7.48 до 18.34 PSU, у 2016-2017 рр. зазнавав порушень в результаті мігрування фронтальної зони поширення вод річки Дунай в районі острова Зміїний, а також адвекції розпріснених водних мас з ПЗЧМ. Простежено формування сталої двошарової вертикальної щільнісної стратифікації прибережних вод острова Зміїний у весняно-літні періоди 2016-2017 рр. Виявлено більш ранне, на відміну від Одеського затоки, весняне вертикальне розшарування води за температурою (травень) і плавніше, до глибокої осені, сезонне пониження температури.

**Ключові слова:** Чорне море, острів Зміїний, прибережні води, гідрологічні характеристики

#### Введение

Гидрологический режим – один из главных факторов, определяющих особенности функционирования морских экосистем северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) [1, 2]. Важнейшим инструментом исследования состояния морской среды является регулярный мониторинг гидрологических характеристик, который до конца прошлого века проводился как на сети береговых станций, так и в сезонных и ежемесячных экспедициях научных судов в акватории СЗЧМ, и в настоящее время практически прекратился. В этой связи, уникальной научной и практической ценностью обладают комплексные экосистемные наблюдения, которые с 2003 г. проводятся в прибрежных

морских водах в районе острова Змеиний Региональным центром интегрированного мониторинга и экологических исследований (РЦИМ) Одесского национального университета имени И.И. Мечникова (ОНУ имени И.И. Мечникова) [3, 4].

Целью настоящего исследования является обобщение результатов регулярных наблюдений за гидрологическими характеристиками вод Черного моря в районе острова Змеиний, проведенных научной группой РЦИМ ОНУ имени И.И. Мечникова в 2016-2017 гг. в рамках выполнения бюджетной тематики при финансовой поддержке международного проекта «EMBLAS-II» [5].

Объектом исследования являются во-

ды Черного моря в районе острова Змеиный. Предмет исследования – прозрачность, тем-

пература и соленость прибрежных морских вод у острова Змеиный в 2016-2017 гг.

### Район исследований

Мониторинг гидрологических характеристик прибрежных морских вод у острова Змеиный проводился на сети станций, расположение которых приведено на рис. 1. Ежедневные наблюдения и измерения прозрачности, температуры и электропроводности воды проводились на реперной станции «ZPR» (глубина – 8.0-8.3 м, расстояние от берега – 85 м) в периоды с 10 апреля по 23 декабря 2016 г. и с 28 апреля по 20 декабря 2017 г. Ежемесячные съемки на одном из шести разрезов (выбор разреза про-

водился в зависимости от волнения и направления ветра в период экспедиции) включали по 7 станций в 500-метровой прибрежной зоне моря с глубинами от 0.5 до 32 м, прилегающей к острову Змеиный. Всего в 2016-2017 гг. было проведено одиннадцать экспедиций: 10.04.2016 г., 17.05.2016 г., 21.06.2016 г., 24.07.2016 г., 20.08.2016 г., 25.09.2016 г., 03.11.2016 г., 26.11.2016 г., 28.04.2017 г., 27.05.2017 г. и 25.06.2017 г.

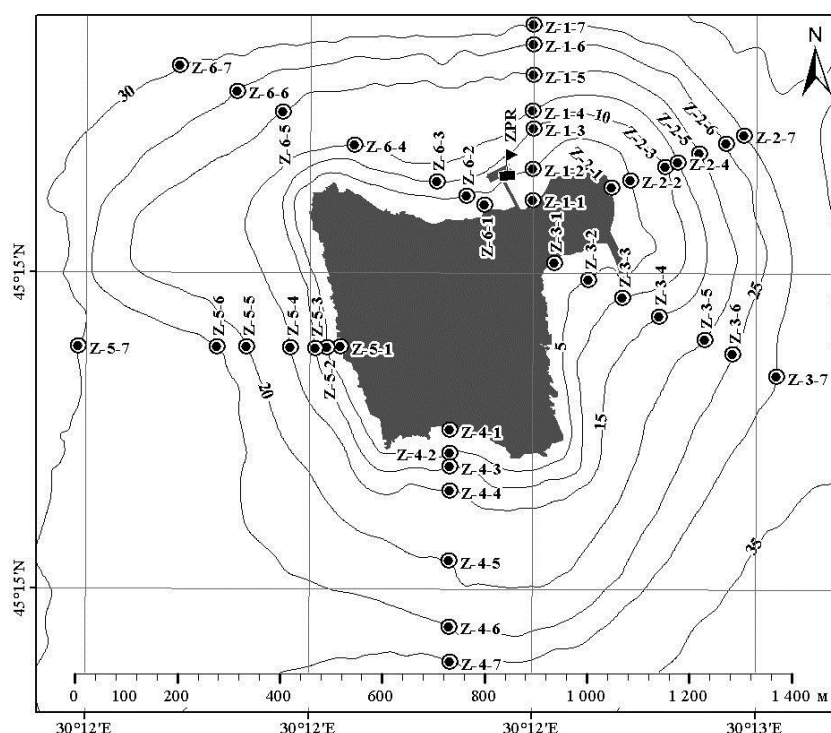
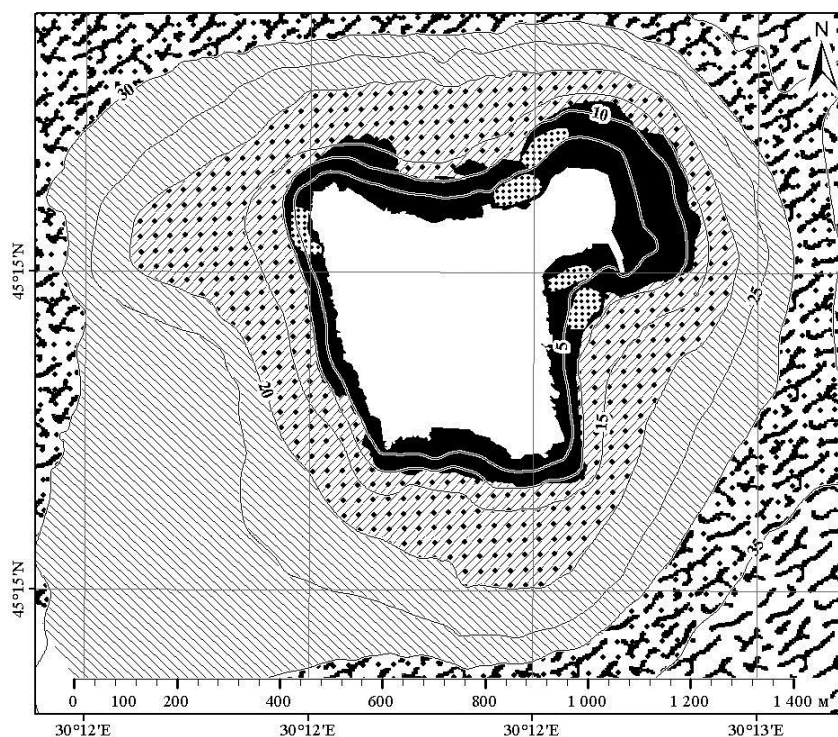


Рис. 1 – Расположение станций наблюдений РЦИМ ОНУ имени И.И. Мечникова за гидрологическими характеристиками в морских водах у острова Змеиный в 2016-2017 гг.

Анализ результатов батиметрических и легководолазных исследований ОНУ имени И.И. Мечникова в 2004-2017 гг., показал, что рельеф шельфовой зоны Черного моря в районе острова Змеиный на расстоянии до 1 км от острова характеризуется резким свалом глубин в северном и южном направлениях, а также более плавным изменением глубины в западном и восточном направлениях. Характерной особенностью подводного рельефа вокруг острова являются прибрежные абразионные террасы на глубинах от 7 до 11 м, наличие крупных наносов и

валунов. По данным легководолазных исследований зафиксировано большое количество мелких впадин, скалистых возвышений и крутых спадов глубин в южной части шельфа у острова, что обусловлено его геологическим строением: остров Змеиный сформировался около 11.5 тыс. лет назад в период новоэвксинского периода после последней гляциации в Европе [6]. Формирование подводного рельефа у острова происходило на фоне многолетнего подъема уровня Черного моря и в настоящее время определяется совокупностью гидродинамических



■ – каменистый субстрат, ракуша; ▨ – песок; ▩ – песок, ракуша; ▪ – песок, ракуша, ил; ▫ – илесто-песчаный субстрат; ▬ – илистый субстрат

Рис. 2 – Схема основных типов донных субстратов у острова Змеиний

факторов (волнение, течения, колебания уровня) и хозяйственной деятельностью (наличие причалов, буны).

По результатам вышеуказанных исследований построена карта глубин и дон-

ных субстратов (рис. 2), которая использовалась при выборе расположения станций мониторинга и отбора проб в период проведения ежемесячных съемок в акватории Черного моря в районе острова Змеиний.

### Методы исследования

При проведении наблюдений за основными гидрологическими параметрами использовались стандартные методы. Относительная прозрачность воды измерялась диском Секки с точностью 0.1 м [7]. Температура и электропроводность воды измерялись портативным прибором Nash HQ 40d с датчиком CDC 40115 с точностью  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$

для температуры и  $0.01 \mu\text{S}/\text{cm}$  для электропроводности [8]. Соленость воды рассчитывалась в единицах PSU из электропроводности по формулам ЮНЕСКО [9]. При построении карт и проведении статистического анализа использовались программные средства ArcGIS и Excel.

### Результаты исследований и их обсуждение

Анализ результатов измерений прозрачности, температуры и солености морской воды на различных глубинах на реперной станции «ZPR» и станциях разрезов в 500-метровой акватории Черного моря у острова Змеиний (рис. 1) в 2016–2017 гг. показал следующее.

Прозрачность морской воды на станции «ZPR» в апреле–декабре 2016 г. и в мае–декабре 2017 г. варьировала в пределах от 0.8 м (22.05.16; 23.05.16; 24.05.16 г.) до  $>8.3$  м (рис. 3). Всего в 20% наблюдений

величина прозрачности воды превышала глубину моря на станции «ZPR».

Сезонная динамика величин прозрачности вод на станции «ZPR» в 2016 – 2017 гг. по сравнению с такими же периодами 2008 – 2014 гг. [10, 11] не изменилась: минимальные величины наблюдались в мае – начале июня 2016 и 2017 гг. (0.8 и 1.0 м, соответственно), максимальные ( $>8.3$  м) – в октябре – декабре.

Прозрачность морской воды по результатам ежемесячных съемок в 2016 –

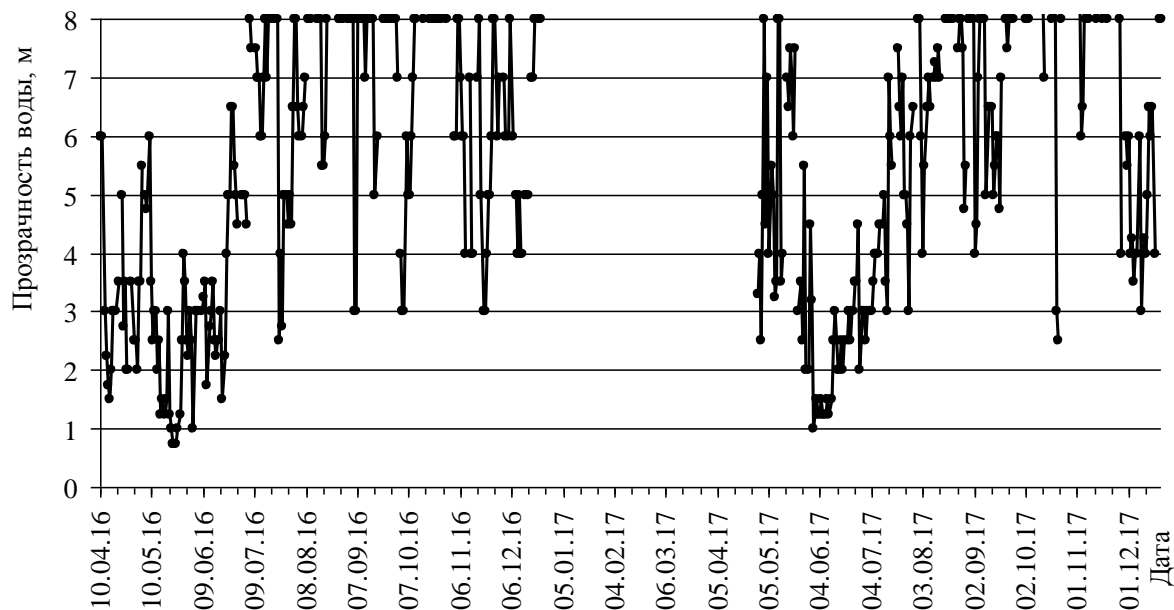


Рис. 3 – Результаты ежедневных наблюдений за прозрачностью воды на станции «ZPR» в 2016 – 2017 гг.

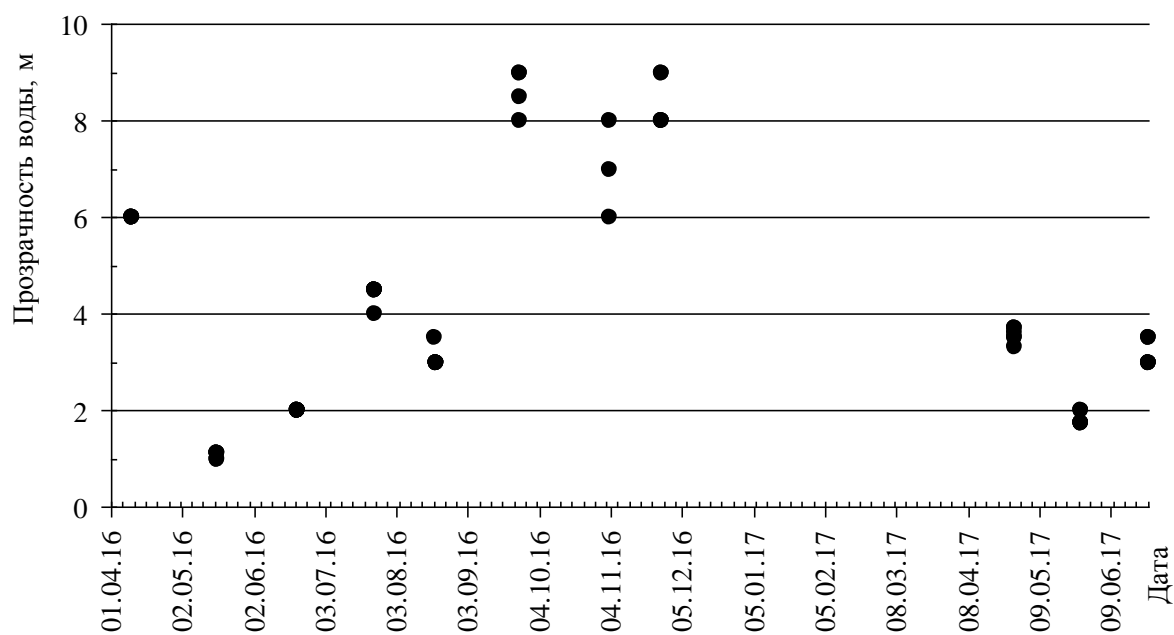


Рис. 4 – Сезонный ход прозрачности морской воды в 500-метровой акватории вокруг острова Змеиный по данным ежемесячных съемок 2016 – 2017 гг.

2017 гг. (рис. 4) изменялась в пределах от 1.0 м (17.05.2016 г. на станциях Z – 3-3, Z – 3-2) до 9.0 м (25.09.2016 г. и 26.11.2016 г. на станциях Z – 3-7, Z – 3-6, Z – 3-4, Z – 3-3).

При этом, сезонный ход прозрачности морских вод 500-метровой прибрежной зоны острова Змеиный практически совпадал с изменчивостью прозрачности на станции «ZPR» и характеризовался максимальными значениями в холодный период года (конец сентября – ноябрь) и минимальными – весной

(май). Температура поверхностного слоя воды на станции «ZPR» в апреле – декабре 2016 г. и мае – декабре 2017 г. находилась в пределах от 6.6°C (22.12.16) до 27.0°C (02 – 03.08.16). Границы изменений температуры воды в придонном слое были близки к границам в поверхностном слое – от 6.6°C (22.12.16) до 26.4°C (02.08.16). Временной ход температуры воды в поверхностном и придонном слое воды на станции «ZPR» приведен на рисунке 5. Анализ этих данных по-

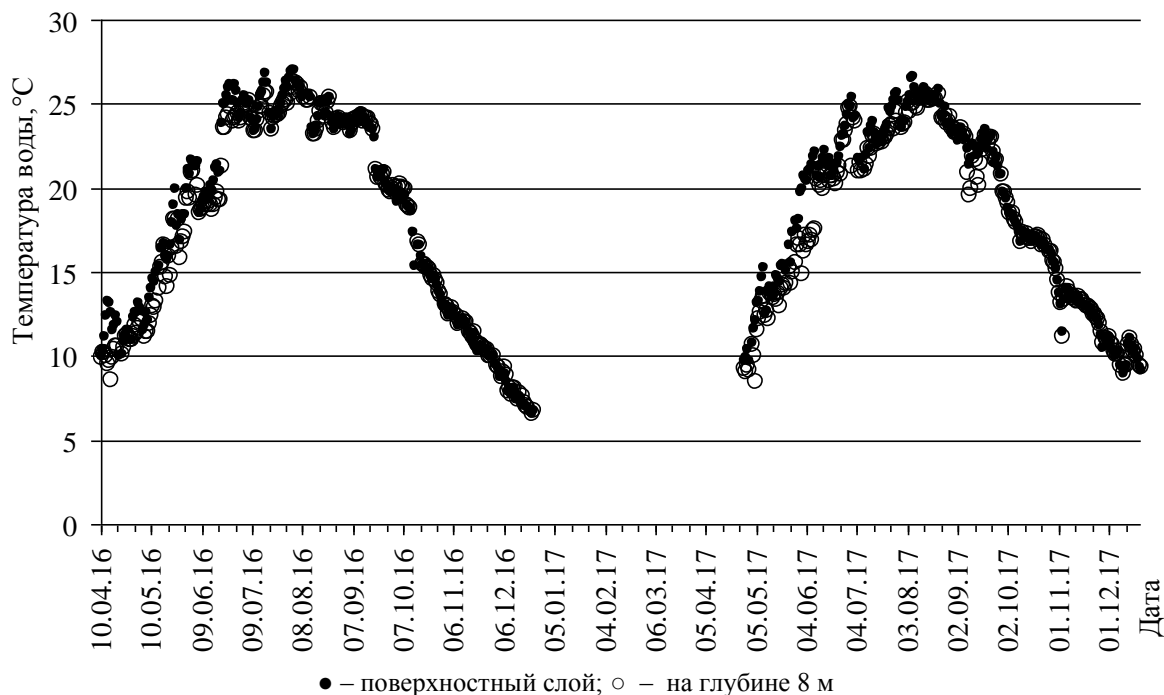


Рис. 5 – Результаты ежедневных измерений температуры воды на станции «ZPR» в 2016 – 2017 гг.

казал, что, как и в предыдущие периоды 2004 – 2014 гг. [3, 4, 10], так и в 2016 – 2017 гг. температура воды характеризовалась хорошо выраженным сезонным ходом как в поверхностном, так и в придонном слое воды, с максимумами в июле – августе.

Среднемесячные величины температуры поверхностного слоя воды в 2016 – 2017 гг. в целом не выходили за пределы периода 2008 – 2014 гг. [10, 11], за исключением минимальных значений ноября и декабря 2016 г.

( $11.3 \pm 0.2$ ;  $7.9 \pm 0.2^\circ\text{C}$  соответственно) и мая 2017 г. ( $14.6 \pm 0.4^\circ\text{C}$ ). Среднемесячная тем-

пература придонного слоя воды для декабря была в 2016 г. самая низкая в периоде 2008 – 2017 гг.

Анализ распределения температуры воды в 500-метровой акватории вокруг острова в 2016 – 2017 гг. показал классическую схему сезонных изменений температуры по глубине и формирования однородных по температуре слоев воды [4]. Вертикальные профили на самых глубоких (седьмых) станциях разрезов во время ежемесячных экспедиций представлены на рис. 6 – 10.

Во время первой съемки в апреле 2016 г. (рис. 6, левый) было зафиксировано начало

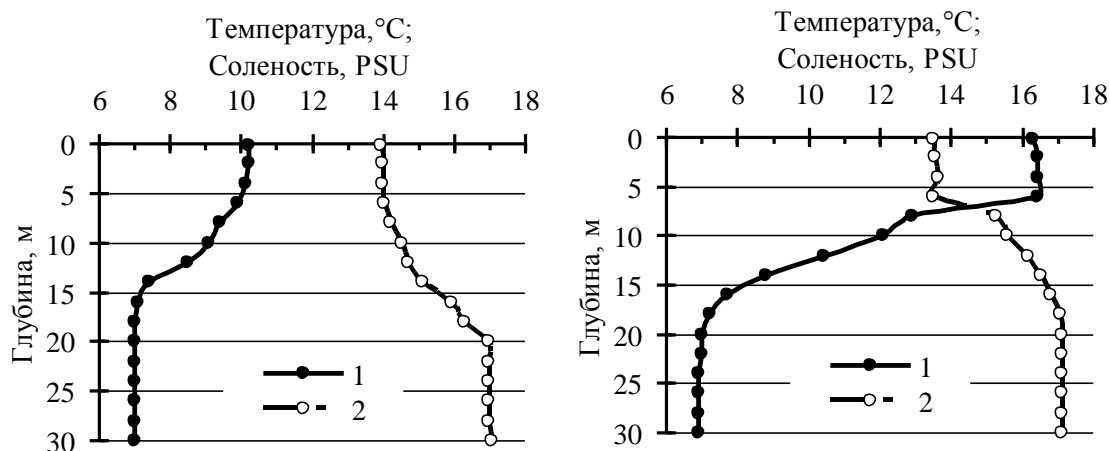


Рис. 6 – Вертикальное распределение температуры (1) и солености (2) на станции Z – 1-7 10.04.2016 г. (слева) и на станции Z – 3-7 17.05.2016 г. (справа)

сезонного прогрева воды до глубины 5 м со слабо выраженным расслоением водной толщи. Разница температур верхнего и придонного слоев составила 3.2°C; скачок температуры воды наблюдался в диапазоне глубин 5 – 16 м.

В мае 2016 г. (рис. 6, правый) вследствие интенсивного прогрева поверхностного слоя воды на 6 – 20 м наблюдался термоклин с вертикальными градиентами температуры до 1.2°C/м.

Температура придонного слоя воды (глубже 20 м) в мае 2016 г. по сравнению с апрелем 2016 г. практически не изменилась (около 7°C).

В июне 2016 г. (рис. 7, левый) верхний слой воды (0 – 6 м) был прогрет до 24.8°C. При этом разница температур поверхностного и придонного слоя (> 20 м) воды составила

17.5°C. Термоклин в этот период находился также в диапазоне глубин – 6 – 20 м, однако вертикальный градиент температуры достигал уже 2.3°C/м на 10 – 12 м.

В июле 2016 г. (рис. 7, правый) нижняя граница прогретого верхнего слоя воды, с температурой 24.3 – 25.3°C, опустилась до глубины 12 м. Термоклин в этот период также сместился глубже по сравнению с июнем на глубины 12 – 20 м, а вертикальный градиент температуры достиг годового максимума – 4.2°C/м (на 18 – 20 м глубины).

В августе 2016 г. (рис. 8, левый) наблюдалось резкое расслоение водной толщи на два слоя: верхнего от 0 до 20 м с температурой 24.1 – 25.6°C и нижнего с 26 м до дна с температурой ниже 10.9°C. Градиенты температуры в термоклине между этими слоями достигали 3.4°C/м.

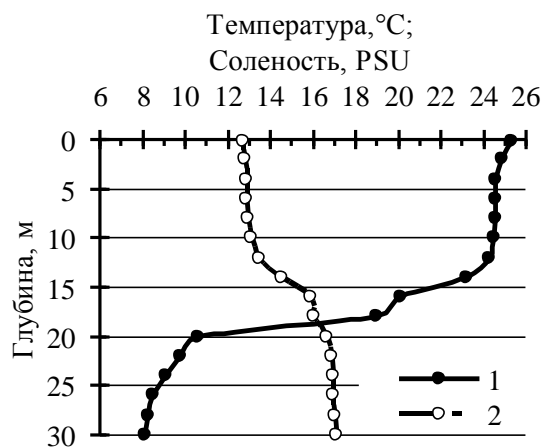
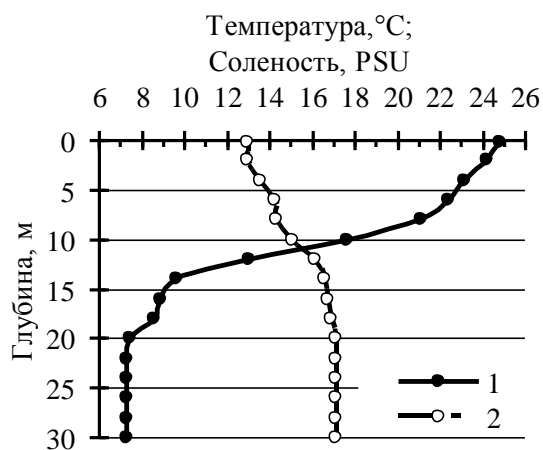


Рис. 7 – Вертикальное распределение температуры (1) и солености (2) на станции Z – 5-7 21.06.2016 г. (слева) и на станции Z – 3-7 24.07.2016 г. (справа)

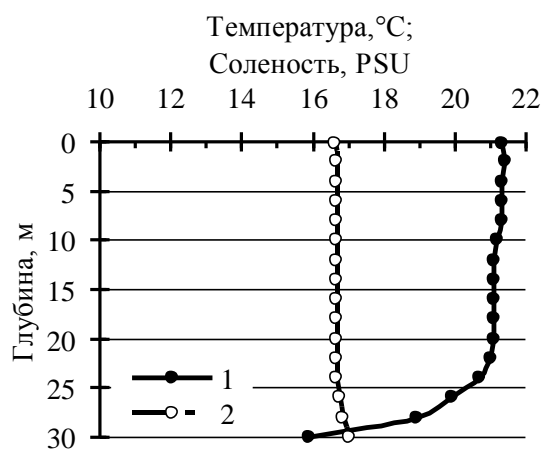
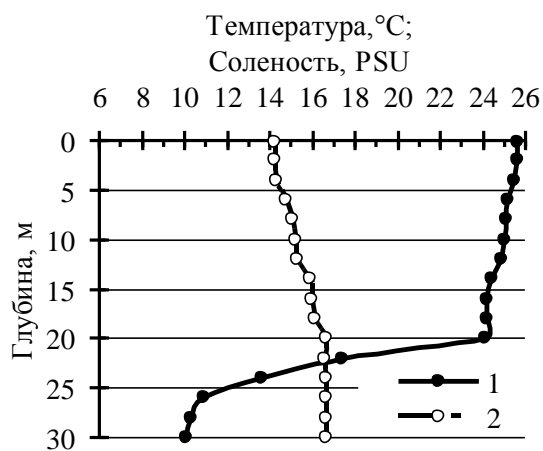


Рис. 8 – Вертикальное распределение температуры (1) и солености (2) на станции Z – 5-7 20.08.2016 г. (слева) и на станции Z – 3-7 25.09.2016 г. (справа)



В сентябре 2016 г. (рис. 8, правый) отмечалось заглупление квазиоднородного верхнего слоя воды до глубины 23 м и понижение его температуры до 21.0 – 21.4°C. Это связано с сезонным уменьшением количества поступающей солнечной энергии и усилением ветровой активности, влияющей на скорость теплообмена. Глубже 23 м до дна (30 м) вертикальные градиенты температуры достигали 1.5°C/м.

Во время ноябрьских съемок 2016 г. (рис. 9, левый и правый) наблюдалось уста-

новление температурной однородности от поверхности до 30 м. Причем за время между съемками (23 дня) средняя температура всего столба воды вследствие сезонного выхолаживания морских вод понизилась с 13 до 11°C. В начале ноября 2016 г. температурная инверсия, вызванная интенсивным теплообменом поверхностного слоя воды с атмосферой, зафиксирована до 8 м глубины; в конце ноября 2016 г. – до 22 м глубины.

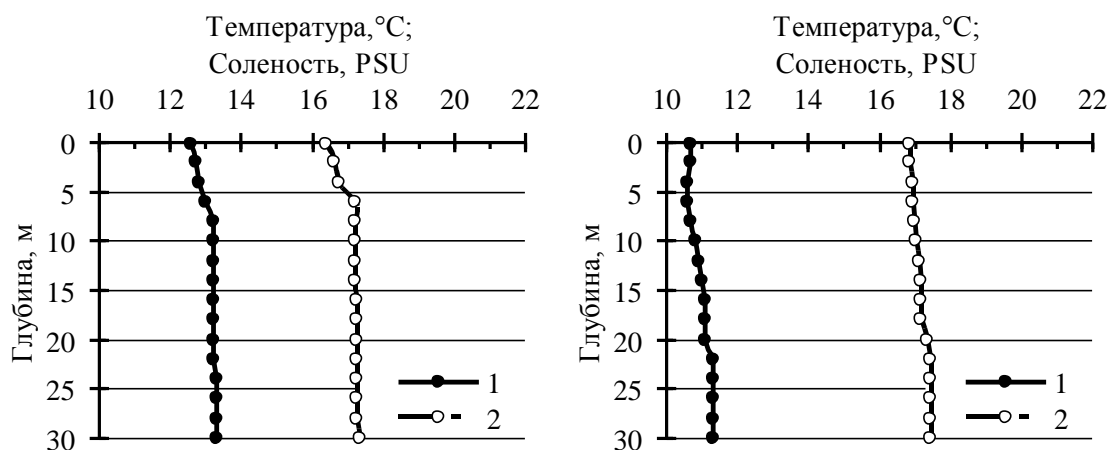


Рис. 9 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) на станции Z – 3-7 03.11.2016 г. (слева) и на станции Z – 3-7 26.11.2016 г. (справа)

В 2017 г. сезонность в смене температурных характеристик морских вод у острова Змеиный в значительной степени повторилась, но с некоторыми отличиями.

Во время первой съемки в апреле 2017 г. (рис. 10, левый) скачок температуры воды наблюдался в диапазоне глубин 6 – 16 м. Разница температур поверхностного и придон-

ного слоя составила 2.9°C.

В мае 2017 г. (рис. 10, правый), в отличие от мая 2016 г., вследствие активного ветрового перемешивания расслоение водной толщи по температуре не наблюдалось. Вместо этого отмечено плавное понижение температуры воды с 17.9°C на поверхности до 7°C на 30 м.

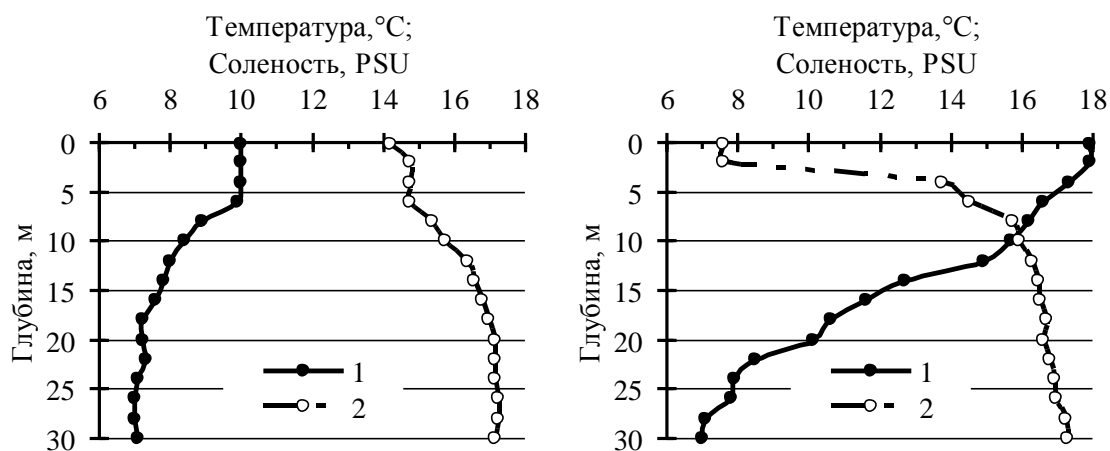


Рис. 10 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) на станции Z – 1-7 28.04.2017 г. (слева) и на станции Z – 3-7 27.05.2017 г. (справа)

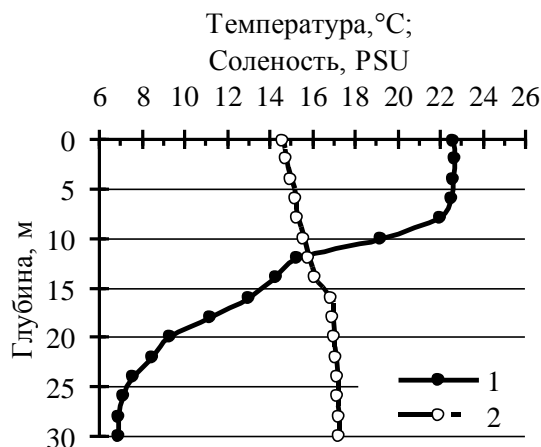


Рис. 11 – Вертикальное распределение температуры (1) и солености (2) на станции Z – 3-7 25.06.2017 г.

В июне 2017 г. (рис. 11) верхний слой воды (0 – 6 м) был прогрет до 22.6°C. Разница температур поверхностного и придонного ( $\geq 26$  м) слоя воды составила 15.7°C. Вертикальный градиент температуры в размытом слое термоклина достигал 2.0°C/м (на глубине 10 – 12 м).

Анализ сезонного изменения температуры воды на разных глубинах по данным ежемесячных съемок 2016 – 2017 гг. (рис. 12) выявил возникновение значительной разницы температур поверхностного и придонного

слоя уже с мая – месяца, в отличие от Одесского залива [12, 13]: в 2016 г. – 9.5°C, в 2017 г. – 11.6 °C. В июне – июле 2016 г. эта разница увеличилась до 18.7 и 17.7°C соответственно, что было максимумом за исследуемый период. В августе 2016 г. эта разница немного уменьшилась и составила 15.9°C, в сентябре 2016 г. она значительно уменьшилась до 5.5°C, а в ноябре 2016 г. составила менее 1 градуса, причем в придонном слое вода была теплее, чем в поверхностном.

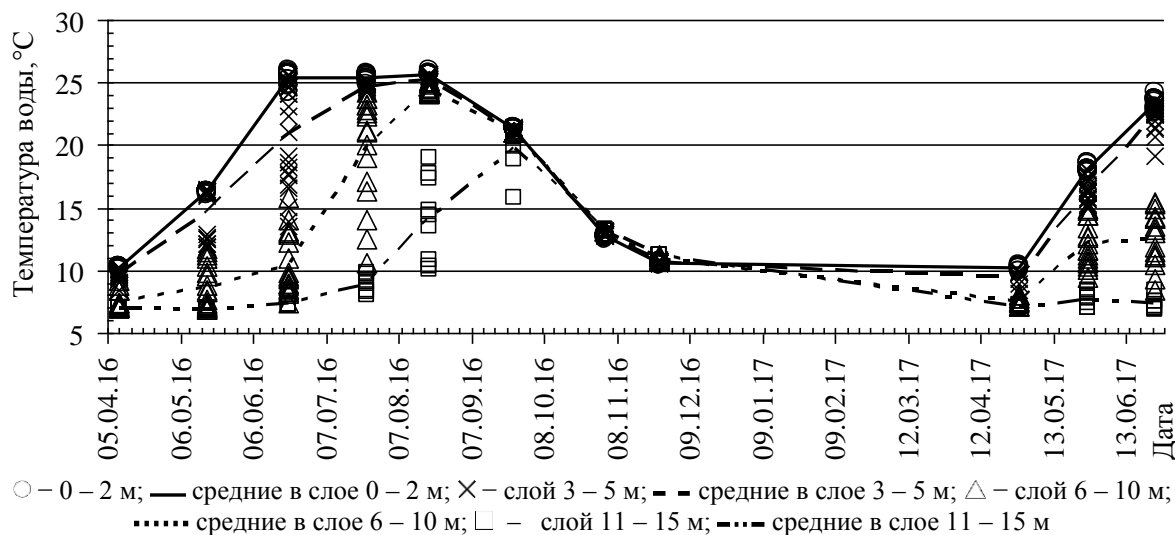


Рис. 12 – Температура воды в разных слоях в 500-метровой акватории у острова Змеиный в 2016 – 2017 гг.

Сравнение сезонного изменения температуры воды на разных глубинах у острова Змеиный и в Одесском заливе [12] показало, что близость первого к Основному черноморскому течению [14] и к центральным частям моря вызывала там более раннее, в отличие

от Одесского залива, весеннее вертикальное расслоение воды по температуре (май – месяц) и более плавное, до глубокой осени, сезонное понижение температуры за счет аккумулярованного летом тепла в водной толще открытого моря.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что температурный режим прибрежных морских вод у острова Змеиный в 2016 – 2017 гг. характеризовался хорошо выраженной сезонностью, определяемой взаимодействием с атмосферой (весенне – летний прогрев / осенне – зимнее охлаждение). Результаты наших наблюдений подтверждают выводы работы [15] о том, что температурный режим прибрежных вод Черного моря определяется радиационным балансом и процессами тепло- и энергообмена поверхностных слоев воды с атмосферой, а также турбулентным перемешиванием.

Соленость поверхностного слоя воды на станции «ZPR» в апреле – декабре 2016 г. и мае – декабре 2017 г. находилась в пределах от 8.23 PSU (26.05.17) до 18.27 PSU (16.08.17; 23.08.17) при среднем значении  $15.71 \pm 0.12$  PSU. Диапазон изменения солености воды придонного слоя был уже более чем на треть: от 12.26 PSU (30.06.17) до 18.34 PSU (16.08.17; 23.08.17) при среднем значении  $16.32 \pm 0.08$  PSU.

Временной ход солености в 2016 – 2017 гг. в поверхностном и придонном слое воды на станции «ZPR» приведен на рисунке 13. Анализ этих данных показал, что, как и в 2008 – 2014 гг. [10, 11], в исследуемый период соленость у острова Змеиный имела сезонный ход как в поверхностном, так и в придонном слое воды, с максимумами осе-

нью – зимой. Периодически в этом сезонном ходе отмечались резкие уменьшения значенной солености в поверхностном (а иногда и в придонном) слое воды 14 – 15.04.2016 г. (до 9.62 PSU), 21 – 24.05.2016 г. (до 10.36 PSU), 03.06.2016 г. (до 10.27 PSU), 11.06.2016 г. (до 10.13 PSU), 14 – 31.07.2016 г. (до 12.22 PSU), 17 – 24.08.2016 г. (до 14.05 PSU), 05 – 18.09.2016 г. (до 13.11 PSU), 02 – 07.10.2016 г. (до 12.68 PSU), 05 – 09.11.2016 г. (до 14.45 PSU), май – середина июня 2017 г. (до 7.48 PSU), 23 – 27.07.2017 г. (до 13.55 PSU), 02 – 03.09.2017 г. (до 14.50 PSU), 17 – 18.09.2017 г. (до 14.68 PSU), 20 – 22.10.2017 г. (до 12.89 PSU), 27.11. – 06.12.2017 г. (до 14.61 PSU). Эти явления, по нашему мнению, могли быть следствием кратковременных локальных синоптических ситуаций, явившихся причиной адвекции в район острова Змеиный распресненных водных масс со взморья р. Дунай или из СЗЧМ [3, 16].

Если в 2016 г. среднемесячные величины солености воды не выходили за пределы таковых для периода 2008 – 2014 гг. [10, 11], то в 2017 г. – напротив: в августе наблюдалась максимальная для этого месяца среднемесячная соленость ( $17.44 \pm 0.15$  и  $17.71 \pm 0.11$  PSU в поверхностном и в придонном слое соответственно), а в декабре – минимальная ( $16.04 \pm 0.21$  и  $16.10 \pm 0.20$  PSU в поверхностном и в придонном слое соответственно) в период наблюдений 2008 – 2017 гг.

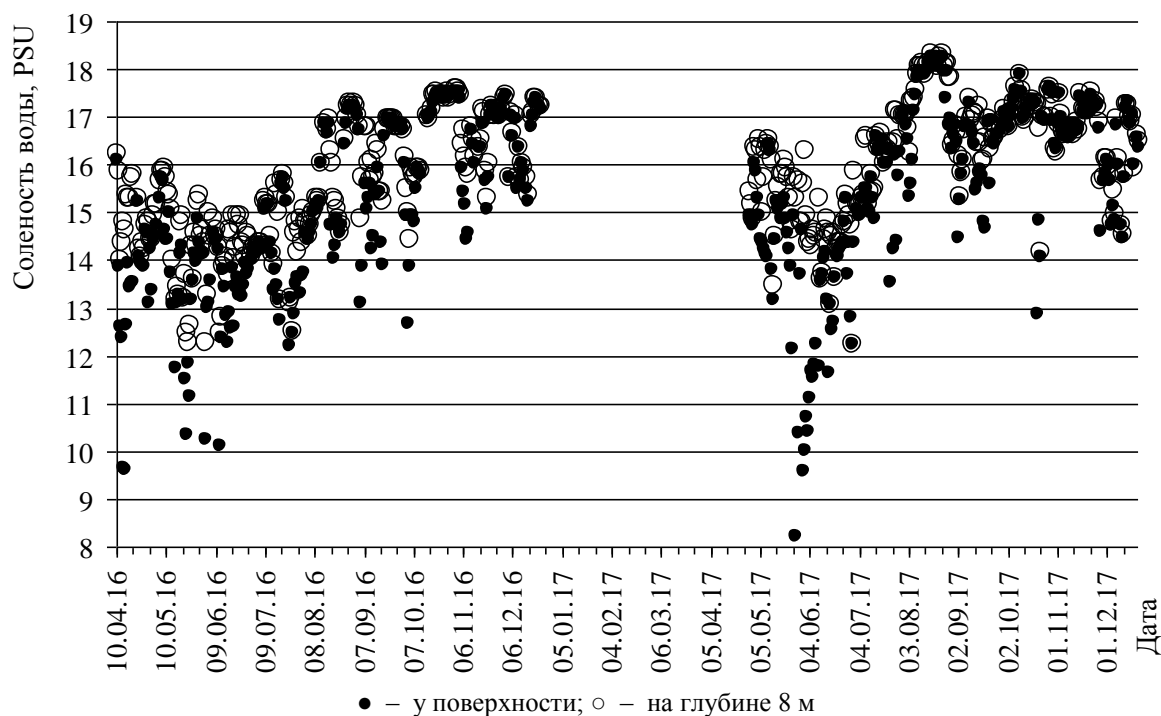


Рис. 13 – Результаты ежедневных измерений солености (по электропроводности) морской воды на станции «ZPR» в 2016 – 2017 гг.

Анализ вертикального распределения солености в 500-метровой акватории вокруг острова по ежемесячным экспедициям в 2016 – 2017 гг. показал следующее (рис. 6 – 11).

Во время первой съемки 2016 г. в апреле (рис. 6, левый) отмечено плавное увеличение величин солености с 13.91 PSU в верхнем слое до 16.97 PSU на глубине 20 м. С глубины 20 м до дна соленость оставалась постоянной.

В мае 2016 г. (рис. 6, правый) нами было зафиксировано наличие слоя распресненной морской воды с соленостью 13.50 – 13.61 PSU от поверхности до 6 м. Глубже, до глубины 8 м, отмечено резкое увеличение солености до 15.26 PSU с вертикальным градиентом солености – 0.29 PSU/м. Еще глубже наблюдалось плавное увеличение солености до 20 м глубины.

В июне 2016 г. (рис. 7, левый) вертикальное распределение солености практически повторило апрельское, с той лишь разницей, что в июне соленость поверхностного слоя была примерно на 1 PSU меньше.

В июле 2016 г. (рис. 7, правый) измерения солености выявили в водной толще два слоя: верхний (от поверхности до 12 м) с соленостью 12.69 – 13.44 PSU и нижний (с 20 м до дна) с соленостью 16.68 – 17.09 PSU. Максимальный вертикальный градиент солености при переходе между слоями достигал 0.65 PSU/м (на 14 – 16 м глубины).

В августе 2016 г. (рис. 8, левый), также как и в апреле 2017 г., отмечено плавное увеличение величин солености с 14.20 PSU в

верхнем слое до 16.68 PSU на глубине 20 м. С 20 м до дна соленость также оставалась постоянной.

В сентябре 2016 г. (рис. 8, правый) наблюдались практически одинаковые по величине значения солености по всей толще воды: диапазон изменения солености составлял 0.41 PSU.

Аналогичная сентябрьской схема вертикального распределения солености наблюдалась также в конце ноября, в отличие от начала ноября, когда такая же схема была нарушена наличием поверхностного (до глубины 4 м) слоя воды с меньшими величинами солености 16.38 – 16.74 PSU по сравнению со значениями на больших глубинах – 17.27 – 17.33 PSU.

Вертикальное распределение солености в апреле 2017 г. (рис. 10, левый) в значительной степени повторило таковое для апреля 2016 г. (рис. 6, левый), как и распределение солености в июне 2017 г. (рис. 11) было в значительной степени похоже на июньское 2016 г. (рис. 7, левый).

В мае 2017 г. (рис. 10, правый) поверхностный слой (0 – 2 м) у острова Змеиный наполняла сильно распресненная водная масса с соленостью 7.58 PSU, явно имевшая происхождение со взморья реки Дунай. Далее по глубине до 8 м следовал галоклин с максимальным вертикальным градиентом солености, зафиксированным нами в 2016 – 2017 гг., – до 3.08 PSU/м, а глубже 8 м до дна наблюдалось плавное увеличение солености с 15.73 до 17.27 PSU.

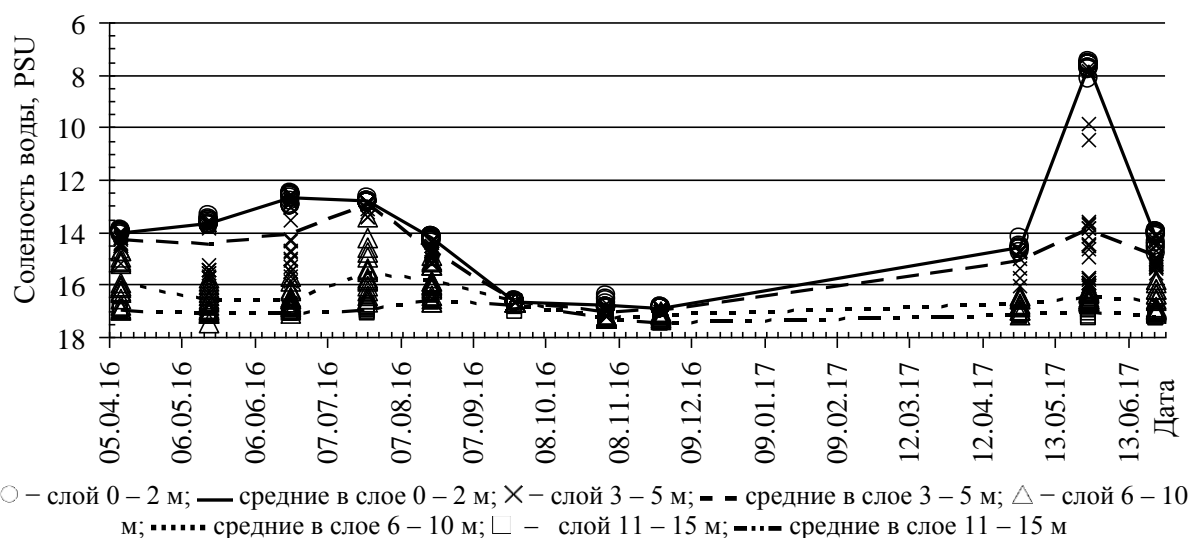


Рис. 14 – Соленость воды в разных слоях в 500-метровой акватории у острова Змеиный в 2016 – 2017 гг.

По измерениям на всех станциях 2016 – 2017 гг. в 500-метровой акватории вокруг острова Змеиный нами были построены временные распределения солености в разных слоях водной толщи (рис. 14), которые показали следующее.

Значительное расслоение водной толщи по солености наблюдалось с апреля по август 2016 г.: разница солености поверхностного (0 – 2 м) и придонного (21 – 30 м) слоя достигала максимума в июне – 4.60 PSU. В сентябре и ноябре 2016 г. разница солено-

сти поверхностного и придонного слоев уменьшилась до минимума в 0.41 и 0.88 PSU соответственно. В апреле – июне 2017 г. расслоение водной толщи по солености было почти аналогично таковому в тот же период 2016 г., – наблюдалась классическая схема сезонного включения акватории моря у острова Змеиный во фронтальную зону распространения вод реки Дунай [14] с минимальными значениями солености поверхностного (0 – 2 м) и подповерхностного (3 – 10 м) слоя воды.

### Выводы

Исследование гидрологических характеристик прибрежных морских вод в районе острова Змеиный позволило охарактеризовать сезонные особенности их распределения в 2016 – 2017 гг. следующим образом.

Сезонный ход прозрачности морской воды в 2016 – 2017 г. был ограничен минимумом в 0.8 м в мае 2016 г. и максимумом – 9.0 м в сентябре, ноябре 2017 г.

Распределение температуры морской воды в 2016 – 2017 гг., которая изменялась от 6.6°C до 27.0°C, характеризовалось хорошо выраженным сезонным ходом, который отражал сезонные изменения радиационного баланса и процессы теплообмена на границе море/ атмосфера, а также влияние адвекции водных масс из других районов моря. Сравнение результатов измерений с данными за прошлые годы показало, что в исследуемый период наблюдалась самая низкая среднемесячная температура воды в ряду 2008 – 2017 гг. для октября – ноября 2016 г. ( $11.3 \pm 0.2$ ;  $7.9 \pm 0.2$ °C соответственно) и мая 2017 г. ( $14.6 \pm 0.4$ °C).

Исследование солености морской воды у острова Змеиный, которая колебалась в 2016 – 2017 гг. в пределах от 7.48 до 18.34 PSU, показало, что максимальные амплитуды ее изменений были в весенне – летние периоды года, а минимальные – в осенне – зимние при среднем значении  $15.49 \pm 0.04$  PSU. Се-

зонность в изменении величин солености в 2016 – 2017 гг. претерпевала спорадические возмущения в результате адвекции распресненных водных масс со взморья реки Дунай из СЗЧМ.

Анализ данных о распределении температуры и солености в водной толще позволил выявить сезонные особенности вертикальной стратификации морских вод в районе острова Змеиный в 2016 – 2017 гг.: более раннее, в отличие от Одесского залива, весеннее вертикальное расслоение воды по температуре (май – месяц), более плавное, до глубокой осени, сезонное понижение температуры за счет аккумулированного морем тепла летом и схему сезонного включения исследуемой акватории во фронтальную зону распространения вод реки Дунай, что явилось причиной уменьшения солености морской воды на глубинах от 0 до 10 м.

Настоящая работа подготовлена в рамках научного проекта 2017 – 2019 гг. «Провести морские экосистемные исследования и разработать научную основу для внедрения директивы ЕС по морской стратегии» по заказу Министерства образования и науки Украины с использованием результатов части полевых исследований морских вод в районе острова Змеиный 2016 – 2017 гг., которые финансировались международным (EU-UNDP) проектом EMBLAS-II.

### Литература

1. Большаков В. С. Трансформация речных вод в Черном море. Киев: Наук. думка, 1970. 328 с.
2. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2: Черное море / Ильин Ю. П. и др. Севастополь: УкрНИИГМИ, 2012. 421 с.
3. Сминтина В. А. та ін. Острів Зміїний: екосистема прибережних вод: монографія. Одеса: Астропринт, 2008. 228 с.
4. Газетов Е. И., Мединец В. И. Исследование изменчивости основных физико-химических характеристик прибрежных морских вод у о. Змеиный в 2004-2014 гг. *Вестник ОНУ имени И.И. Мечникова*.

- Одесса, 2016. Т. 21. Вып. 2(29). С. 24-45.
5. Поліпшення моніторингу довкілля Чорного моря, фаза 2 - EMBLAS-II: Проект UNDP- EU, 2015-2018. URL: <http://www.emblasproject.org>
  6. Звіт про науково-технічну роботу № 343 «Проведення комплексного обстеження та розробка системи інтегрованого екологічного моніторингу і довгострокових наукових досліджень острову Зміїний та прилеглому шельфу». Під ред. В.А. Сминтини. Одеса, 2003. 384 с. Рукопис ОНУ ім. І.І. Мечникова.
  7. Руководство по гидрологическим работам в морях и океанах. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 725 с.
  8. Руководство пользователя портативного прибора HQ 40d (Hach). 28 с.
  9. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. *Tech. Pap. Mar. Sci. Unesco*, 1981. № 37. 145 p.
  10. Звіт про науково-технічну роботу № 478 «Створення системи інтегрованого екологічного моніторингу для оцінки якості морського середовища району Чорного моря біля острова Зміїний». Під ред. В.І. Медінця. Одеса, 2013. 478 с. Рукопис ОНУ ім. І.І. Мечникова.
  11. Звіт про науково-технічну роботу № 506 «Оцінити довгострокові зміни та обґрунтувати заходи щодо стабілізації екологічного стану прибережних вод та берегової смуги острову Зміїний». Під ред. В.І. Медінця. Одеса, 2015. 497 с. Рукопис ОНУ ім. І.І. Мечникова.
  12. Газетов Е. И., Мединец В. И., Снигирев С. М., Конарева О. П., Снигирев П. М., Мединец С. В., Абакумов А. Н., Пицък В. З., Ковалева Н. В., Солтыс И. Е. Исследования гидрологических характеристик морских вод в Одесском заливе в 2016-2017 гг. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2018. Вып. 30. С. 65-77.
  13. Дерезюк Н.В., Медінець В.І., Газетов Є.І., Люмкіс П.В. Дослідження фітопланктону Одеської затоки в 2016-2017 рр. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*, 2018. Вып. 18. С. 1 - 20.
  14. Иванов В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря. Севастополь: Морской гидрофизический институт, 2011. 212 с.
  15. Ильин Ю. П., Лемешко Е. М., Станичный С. В. Изменение гидрологической структуры вод под действием ветра на придунайском шельфе Чёрного моря по данным полигонных и спутниковых наблюдений. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа* : сб. науч. тр. Севастополь, 1999. С. 91–110.
  16. Ильин Ю. П. Гидрологический режим распространения речных вод в северо-западной части Черного моря. *Научные труды УкрНИГМИ*, 2006. Вып.255. С. 242-251.

### References

1. Bolshakov, V.S. (1970). Transformatsiya rechnykh vod v Chernom more [Transformation of river waters in the Black Sea]. Kiev: Naukova dumka. 328. [In Russian].
2. Pyin, Yu.P., Repetin, L.N., Belokopytov, V.N., Goryachkin, Yu.N., Dyakov, N.N., Cubryakov, A.A., Stanichnyi, S.V. (2012). Gidrometeorologicheskie usloviya morey Ukrainy. Tom 2: Chernoe more [Hydrometeorological conditions of the seas of Ukraine. Volume 2: The Black Sea]. Sevastopol: UkrNIGMI. 421 [In Russian].
3. Smyntyna, V.A., Medinets, V.I., Suchkov, I.O. et.al. (2008). Ostriv Zmiinyi: Ecosystema pryberzhnykh vod : Monografiya. [Zmiinyi Island: Ecosystem of coastal waters: Monograph]. Odessa, Astroprint. 228. ISBN 978-966-190-149-9. [In Ukrainian].
4. Gazyetov, Ye.I., Medinets, V.I. (2016). Issledovanie izmenchivosti osnovnykh fiziko-khimicheskikh kharakteristik pribrezhnykh morskikh vod u o. Zmeinyy v 2004-2013 gg. [Investigation of the basic physico-chemical characteristics variability in the Zmiinyi coastal sea waters in 2004-2013]. *Herald of Odessa National I.I. Mechnikov University. Series: geography and geology*. 21. 24-45 [In Russian].
5. UNDP-EU Project “Polipshenya monirovnyy dovkillya Chornogo morya. Faza 2 – EMBLAS-II (2015-2018) [UNDP-EU Project “Improvement of environmental monitoring in the Black Sea, Phase 2 - EMBLAS-II”]. <http://www.emblasproject.org>
6. Medinets V.I. et al. (2003). Provedennya kompleksnogo obstezhennya ta rozrobka sy`stemy` integrovanogo ekologichnogo monitory`ngu i dovgostrkovy`x naukovy`x doslidzhen` ostrovu Zmiyiny`j ta pry`leglogo shel`fu [Conducting a complex investigation and development of integrated environmental monitoring system and long-term scientific research of the Zmiinyi Island and adjacent shelf]. Report on scientific and technical work № 343. Odessa: Odessa National I.I. Mechnikov University. 384. [In Ukrainian].
7. Rukovodstvo po gidrologicheskim rabotam v moryakh i okeanakh. (1977). [Guidelines for hydrological work in the seas and oceans]. Ленинград: Гидрометеиздат. 725 [In Russian].
8. HACH LANGE (2006). The user manual of portable device HQ 40d (Hach). 28.
9. UNESCO (1981). Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. *Tech. Pap.*

*Mar. Sci.*, № 37.

10. Medinets V.I. et al. (2013) Stvorenniya sy`stemy` integrovanogo ekologichnogo monitory`ngu dlya ocinky` yakosti mors`kogo seredovy`shha rajonu Chornogo morya bilya ostrova Zmiiny`j [Creation of integrated environmental monitoring system for assessing the quality of the Black Sea marine environment near the Zmiinyi Island]. Report on scientific and technical work № 478. Odessa: Odessa National I.I. Mechnikov University. 478. [In Ukrainian].
11. Medinets V.I. et al. (2015). Ociny`ty` dovgestrokovyi zminy` ta obg`runtuvaty` zaxody` shhodo stabilizaciyi ekologichnogo stanu pry`berezny`x vod ta beregovoyi smugy` ostrovu Zmiiny`j [To evaluate of long-term changes and substantiate measures to stabilize the ecological status of the Zmiinyi Island coastal waters and the coastal zone]. Report on scientific and technical work № 506. Odessa: Odessa National I.I. Mechnikov University. 497. [In Ukrainian].
12. Gazyetov Ye.I., Medinets V.I., Snigirov S.M., Konareva O.P., Snigirov P.M., Medinets S.V., Abakumov A.N., Pitsyk V.Z., Kovalova N.V., Soltys I.E. (2018). Issledovaniya gidrologicheskikh harakteristik morskikh vod v Odesskom zalive v 2016-2017 gg. [Study of Marine Waters Hydrological Characteristics in Odessa Bay in 2016-2017]. *Man and environment. Issues of neoecology*. 30. 65-77 [In Russian].
13. Derezyuk N.V., Medinets V.I., Gazyetov Ye.I., Lyumkis P.V. (2018). Doslidzhennya fitoplanktonu Odeskoyi zatoky v 2016-2017 rr. [Study of Phytoplankton in Odesa Bay in 2016-2017]. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*. 18. 1-20. [In Ukrainian].
14. Ivanov, V.A., Belokopyitov, V.N. (2011). Okeanografiya Chernogo morya [Oceanography of the Black Sea], Sevastopol: Gidrometeoizdat. 212 [In Russian].
15. Ilyin, Yu.P., Lemeshko, E.M., Stanichnyi, S.V. (1999). Izmenenie gidrologicheskoy struktury vod pod deystviem vetra na pridunayskom shelfe Chernogo morya po dannym poligonnykh i sputnikovykh nablyudeny [The change in water hydrological structure under wind influence at the Danube shelf of the Black Sea according to the polygon and satellite observations]. Sevastopol. 91-110. [In Russian].
16. Ilyin, Yu.P. (2006). Gidrologicheskyy rezhim rasprostraneniya rechnykh vod v severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Hydrological regime of river water distribution in the northwestern part of the Black Sea]. Sevastopol: UkrNIGMI. Iss. 255. 242-251 [In Russian].

Надійшла до редколегії 19.04.2019

УДК 574.583

С. М. СНИГИРЕВ<sup>1</sup>, канд. биол. наук, П. В. ЛЮМКИС<sup>1</sup>,  
В. И. МЕДИНЕЦ<sup>1</sup>, канд. физ.-мат. наук, с. н. с., Е. И. ГАЗЕТОВ<sup>1</sup>, П. М. СНИГИРЕВ<sup>1</sup>,  
А. Н. АБАКУМОВ<sup>1</sup>, В. З. ПИЦЫК<sup>1</sup>, И. Е. СОЛТИС<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова

пров. Маяковского 7, м. Одеса, 65082, Украина

E-mail: [snigirev@te.net.ua](mailto:snigirev@te.net.ua) <https://orcid.org/0000-0003-3287-2519>

[pasha.lumkis@gmail.com](mailto:pasha.lumkis@gmail.com)

[medinets@te.net.ua](mailto:medinets@te.net.ua) <http://orcid.org/0000-0001-7543-7504>

[gazetov@gmail.com](mailto:gazetov@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-5362-1973>

[snigirev@te.net.ua](mailto:snigirev@te.net.ua)

[alex.n.abakumov@gmail.com](mailto:alex.n.abakumov@gmail.com)

[v.z.pitsyk@gmail.com](mailto:v.z.pitsyk@gmail.com)

[i.soltys@onu.edu.ua](mailto:i.soltys@onu.edu.ua)

## ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЗОЗООПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ В 2016-2017 ГГ.

**Цель.** Изучение состояния мезозoopланктона в прибрежных водах о. Змеиный в 2016-2017 гг. **Методы.** Стандартные методы отбора, определения, оценки численности и биомассы мезозoopланктона. **Результаты.** На основе полученных данных проведен анализ биоразнообразия и структурных характеристик мезозoopланктона прибрежных вод о. Змеиный. Определен таксономический состав, численность и биомасса каждого вида, представлена динамика численности и биомассы мезозoopланктона по сезонам года. По метрикам мезозoopланктона проведена оценка качества морской среды. **Выводы.** Всего в 2016-2017 гг. было идентифицировано 32 таксона 9-ти основных групп мезозoopланктона. Показано, что доминирующими группами были Copepoda, Rotatoria, Protozoa, Cladocera и Harpacticoida. Биоразнообразие зоопланктона изменялось в пределах от 0,41 (20.06.2016) до 3,29 (24.07.2016), при средних значениях в 2016 г – 2,32, в 2017 г – 1,64 соответственно. Численность и биомасса мезозoopланктона в 2016-2017 гг. изменялась в широких пределах от 645 до 55829 экз./м<sup>3</sup> и от 1,385 до 2597,248 мг/м<sup>3</sup> соответственно (при среднем значении 10129 экз./м<sup>3</sup> и 154,82 мг/м<sup>3</sup> в период IV-XII 2016 г и 21563 экз./м<sup>3</sup> и 466,30 мг/м<sup>3</sup> в IV-VI 2017 г). Качество воды в прибрежных водах у острова Змеиный по состоянию зоопланктона соответствовало оценке плохое («Bad») в 18 случаях из 68 (26,4% случаев) и, в общем, оценено как неудовлетворительное «Poor». По показателю общей биомассы (total biomass) оценено преимущественно как низкое «Poor» и плохое «Bad» (68,2%). Хорошее «Good» (10,6%) и высокое «High» (9,1%) качество отмечено в 19,7% случаях, что свидетельствует о неудовлетворительном состоянии мезозoopланктона – основного компонента кормовой базы пелагических личинок и пелагических видов черноморских рыб.

**Ключевые слова:** мезозoopланктон, численность, биомасса, остров Змеиный

Snigirov S. M., Lyumkis P. V., Medinets V. I., Gazetov Ye. I., Snigirov P. M., Abakumov A. N., Pitsyk V. Z., Soltys I. Ye.

*Odessa National I.I. Mechnikov University, Odessa, Ukraine*

**STUDIES OF MEZOOZOOPLANKTON IN THE ZMIINYI ISLAND COASTAL WATERS IN 2016-2017.**

**Purpose.** To study the state of mezozooplankton in the Zmiinyi Island coastal waters in 2016-2017. **Methods.** Standard methods of mezozooplankton sampling, determination, number and biomass assessment. **Results.** Based on the data received, analysis of biodiversity and structural characteristics of mezozooplankton in the Zmiinyi Island coastal waters has been made. Taxonomic composition, number and biomass have been determined for each species; dynamics of number and biomass presented season by season. Marine environment quality assessment has been performed on the metrics of mezozooplankton. **Conclusions.** Altogether 32 taxa of 9 main mezozooplankton groups were identified in 2016-2017. It was shown that the dominating groups were Copepoda, Rotatoria, Protozoa, Cladocera and Harpacticoida. Shannon's biodiversity index of mezozooplankton varied from 0.41 (20.06.2016) to 3.29 (24.07.2016) with average values 2.32 in 2016 and 1.64 in 2017. Mezozooplankton number and biomass varied in 2016-2017 within broad limits from 645 to 55829 ind/m<sup>3</sup> and 1.385 to 2597.248 mg/m<sup>3</sup> respectively (with average values 10129 ind/m<sup>3</sup> and 154.82 mg/m<sup>3</sup> in the period IV-XII, 2016 and 21563 ind/m<sup>3</sup> and 466.30 mg/m<sup>3</sup> in the period IV-VI, 2017). Water quality in the coastal waters of the Zmiinyi Island on the state of mezozooplankton was «Bad» in 18 cases out of 68 (26.4%) and was assessed in general as «Poor». On total mezozooplankton biomass the state was assessed as «Poor» and «Bad» (68.2%).

© Снигирев С. М., Люмкис П. В., Мединец В. И., Газетов Е. И., Снигирев П. М., Абакумов А. Н., Пицык В. З., Солтис И. Е., 2019

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-20-05>



«Good» (10.6%) and «High» (9.1%) quality was found in 19.7% of cases, which evidenced unsatisfactory state of mesozooplankton – the main component of food reserve for pelagic larvae and pelagic species of the Black Sea fish.

**Key-words:** mesozooplankton, number, biomass, Zmiinyi Island

Снігір'ов С. М., Люмкіс П. В., Медінець В. І., Газтов Є. І., Снігір'ов П. М., Абакумов А. М., Піцик В. З., Солтис І. Є.

*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Одеса, Україна*

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕЗОЗООПЛАНКТОНУ ПРИБЕРЕЖНИХ ВОД ОСТРОВА ЗМІЙНИЙ В 2016-2017 РР.

**Ціль.** Дослідження стану мезозoopланктону в прибережних водах острова Зміїний в 2016-2017 рр. **Методи.** Стандартні методи відбору, визначення, оцінки чисельності і біомаси мезозoopланктону. **Результати.** На основі отриманих даних проведено аналіз біорізноманіття і структурних характеристик мезозoopланктону прибережних вод острова Зміїний. Визначено таксономічний склад, чисельність та біомасу кожного виду, представлено динаміку чисельності і біомаси мезозoopланктону по сезонах року. За метриками мезозoopланктону проведено оцінку якості морського середовища. **Висновки.** Всього в 2016-2017 рр. було ідентифіковано 32 таксони 9 основних груп мезозoopланктону. Показано, що домінуючими групами були Copepoda, Rotatoria, Protozoa, Cladocera і Harpacticoida. Індекс біорізноманіття Шеннона для мезозoopланктону змінювався в границях від 0,41 (20.06.2016) до 3,29 (24.07.2016) при середніх значеннях 2,32 в 2016 р. і 1,64 в 2017 р. Чисельність та біомаса мезозoopланктону в 2016-2017 рр. змінювалась в широких границях від 645 до 55829 екз./м<sup>3</sup> і від 1,385 до 2597,248 мг/м<sup>3</sup> відповідно (при середньому значенні 10129 екз./м<sup>3</sup> і 154,82 мг/м<sup>3</sup> в період IV-XII 2016 р. і 21563 екз./м<sup>3</sup> та 466,30 мг/м<sup>3</sup> в IV-VI 2017 р.) Якість води в прибережних водах у острова Зміїний за станом мезозoopланктону відповідала оцінці «погана» («Bad») в 18 випадках з 68 (26,4% випадків) і оцінено в цілому як «Poor». За показником загальної біомаси (total biomass) стан мезозoopланктону оцінено переважно як «Poor» і «Bad» (68,2%). Якість «Good» (10,6%) і «High» (9,1%) відмічено в 19,7% випадків, що свідчить про незадовільний стан мезозoopланктону – основного компоненту харчової бази пелагічних личинок та пелагічних видів чорноморських риб.

**Ключові слова:** мезозoopланктон, чисельність, біомаса, острів Зміїний

### Введение

Северо-западная часть Черного моря (СЗЧМ), куда впадают наиболее крупные реки Дунай, Днестр, Днепр, всегда рассматривалась, как зона максимальной продукции кормового мезозoopланктона и продолжает оставаться основной зоной нагула рыб планктофагов. Кроме того, известно, что мезозoopланктонные организмы являются чувствительными индикаторами качества воды [1, 3, 4, 8]. Таксономический состав и количественные характеристики мезозoopланктона северо-западной части Черного моря были детально изучены учеными Института морской биологии НАН Украины (Одесское отделение ИнБЮМ) [1, 5, 6]. Наиболее полно особенности пространственно-временной структуры зоопланктона в северной части Черного моря были исследованы научной группой Л.Н. Грузова в 1992-1993 году [7]. Сведения о мезозoopланктоне прибрежных вод острова Змеиный немногочисленны [9, 10]. В этих публикациях, рассматриваются эпизодические

данные по качественному составу, численности и биомассе основных таксономических групп и отдельных видов зоопланктона прибрежных вод острова. В связи с экономическими проблемами в Украине в последние десятилетия регулярный мониторинг состояния мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный не проводился [2]. С марта 2016 по июнь 2017 г. при финансовой поддержке международного проекта EMBLAS II научной группой Регионального центра интегрированного мониторинга и экологических исследований Одесского национального университета имени И.И. Мечникова (ОНУ) был реализован пилотный проект интегрированного мониторинга, одной из основных задач которого был отбор и анализ проб мезозoopланктона. Целью настоящего исследования является обобщение результатов изучения состояния мезозoopланктонного сообщества в 2016-2017 гг. в прибрежных водах острова Змеиный.

### Материал и методы исследований

Отбор проб мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный проводился с апреля по декабрь 2016 года и с апреля

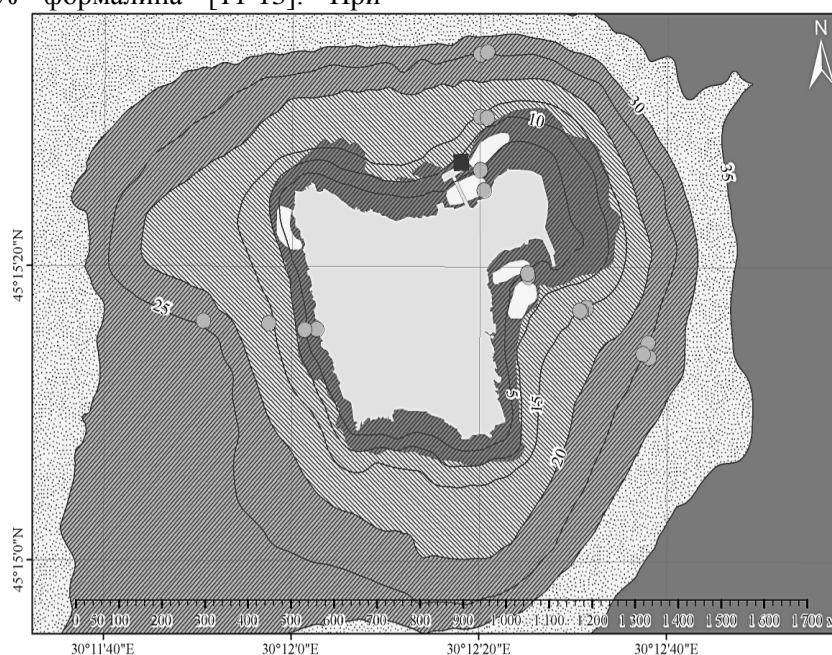
по июнь 2017 года. Всего еженедельно было отобрано 34 пробы мезозoopланктона на реперной станции ZPR (глубина 7,5-8,0 м) и

34 пробы – на станциях ежемесячных съемок в прибрежных водах острова Змеиный на глубинах 5,0-25,0 м (рис.1).

На всех станциях использовалась малая сеть Джеди (Juday net, 0,0113 м<sup>2</sup>, размером сита 150 мкм), рекомендованная для отбора проб экспертами международного проекта EMBLAS II.

Сконцентрированный в приемном стаканчике сети мезозoopланктон, помещали в пластиковую бутылку и фиксировали раствором 4% формалина [11-13]. При

дальнейшей камеральной обработке пробы мезозoopланктона сгущали методом фильтрации, просматривали в камере Богорова, используя микроскопы МБС-10 и «Prior». Определение видов проводили по [14, 15]. Видовое разнообразие определялось с помощью показателя (индекса) Шеннона (H). Определение качества морских вод по состоянию мезозoopланктона в прибрежной зоне Черного моря проводили по инструкциям [3, 4, 13].



— изобаты, м; ■ станция ZPR, ● - станции ежемесячных отборов

Рис. 1 – Расположение станций отбора проб мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный в 2016-2017 гг.

### Результаты исследования и их обсуждение

В период с апреля по декабрь 2016 г и с апреля по июнь 2017 г. в пробах мезозoopланктона отобранных в прибрежных водах острова Змеиный было обнаружено 32 таксона (в IV-XII 2016 г – 32, в IV-VI 2017 – 27) зоопланктонных организмов, из которых наибольшее число видов было представлено классом Crustacea (табл. 1). В весенние периоды 2016 и 2017 гг. в пробах было обнаружено 15 и 23 таксона зоопланктонных организмов соответственно, летом и осенью 2016 г по 25 таксонов, летом 2017 г – 23 таксона.

Раздельно проанализированы временные распределения количества идентифицированных таксонов и рассчитанного индекса биоразнообразия Шеннона (H) для четырех

групп проб, отобранных с разных глубин: 8 м – станция ZPR (рис. 2), а также на станциях ежемесячных экспедиций с глубинами 5, 15, 25 м (рис. 3 – 5). Анализ показал, что число таксонов зоопланктона в пробах изменялось от 6 (20.05; 01.11.2016) до 17 (20.07.2016) при среднем значении 11 в апреле – декабре 2016 г, 9 – в апреле – июне 2017 г. Значение H зоопланктона изменялось в пределах от 0,41 (20.06.2016) до 3,29 (24.07.2016), при средних значениях в 2016 г – 2,32, в 2017 г – 1,64 соответственно. С повышением температуры воды с конца апреля по август количество таксонов зоопланктона увеличивалось за счет развития теплолюбивых групп зоопланктона.

Таблиця 1

Таксономічний склад зоопланктону в прибережних водах острова Змеїний  
(апрель-декабрь 2016 г и апрель-июнь 2017 г.)

№.№	Таксон	Период исследований					
		2016				2017	
		IV-V	VI-VIII	IX-XI	XII	IV-V	VI
	<b>Copepoda Calanoida</b>						
1	<i>Calanoida nauplii</i>	+	+	+	+	+	+
2	<i>Acartia clausi</i>	+	-	+	-	+	+
3	<i>Acartia tonsa</i>	+	+	+	+	+	+
4	<i>Centropages ponticus</i>	-	+	+	-	-	-
5	<i>Calanipeda</i> gen.spp	-	-	+	-	+	-
6	<i>Pseudocalanus elongatus</i>	-	-	+	+	+	+
7	<i>Paracalanus parvus</i>	+	+	-	+	+	+
	<b>Copepoda Cyclopoida</b>						
8	<i>Oithona similis</i>	+	-	-	-	+	-
9	<i>Oithona davisae</i>	+	+	+	+	+	+
10	<i>Cyclops</i> gen.spp	-	+	-	-	-	-
	<b>Harpacticoida</b>						
11	<i>Harpacticoida</i> gen.spp	-	+	-	-	-	+
	<b>Cladocera</b>						
12	<i>Penilia avirostris</i>	-	+	+	-	+	+
13	<i>Evadne tergestina</i> ( <i>Pleopis tergestina</i> )	-	+	+	-	+	-
14	<i>Evadne spinifera</i>	-	+	+	-	-	-
15	<i>Pleopis polyphemoides</i> ( <i>Podon polyphemoides</i> )	+	+	+	+	+	+
16	<i>Podonevadne trigona</i>	-	+	-	-	-	-
	<b>Chaetognatha</b>						
17	<i>Parasagitta setosa</i>	-	+	+	+	+	+
	<b>Noctilucales</b>						
18	<i>Noctiluca scintillans</i>	+	+	-	+	+	+
	<b>Rotatoria</b>						
19	<i>Rotatoria</i> gen.spp	+	-	+	+	+	-
	<b>Scyphozoa</b>						
20	<i>Aurelia aurita</i> *	+	+	+	+	+	+
	<b>Ctenophora</b>						
21	<i>Pleurobrachia pileus</i> *	-	+	+	-	+	+
22	<i>Beroe ovata</i> *	-	+	+	-	-	+
23	<i>Mnemiopsis leidyi</i> *	+	+	+	-	+	+
	<b>Appendicularia</b>						
24	<i>Oikopleura dioica</i>	+	-	+	+	+	+
25	<b>Pisces: ova</b>	-	+	+	-	-	+
	<b>MEROPLANKTON</b>						
26	<i>Balanus</i> gen.spp nauplii	+	+	+	-	-	+
27	Decapoda larvae	-	+	+	-	+	+
28	Cirripedia larvae	-	-	+	+	+	+
29	Polychaeta larvae	+	+	+	+	+	+
30	Bivalvia larvae	+	+	+	+	+	+
31	Gastropoda larvae	-	+	+	-	+	+
32	Trochophora larvae	-	+	-	-	-	-
	<b>Всего таксонов:</b>	15	25	25	14	23	23
	<b>Новые таксоны</b>	15	13	3	0	0	0

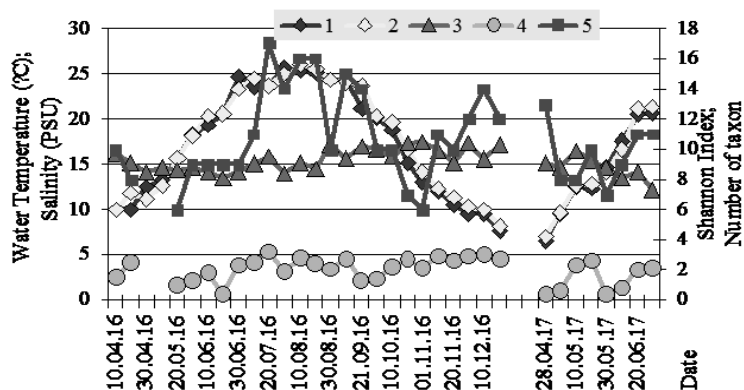
Примечание: \* - визуальные наблюдения

Далее до ноября, с похолоданием воды, число таксонов постепенно уменьшалось с последующим незначительным повышением в декабре вследствие развития холодолюбивых организмов зоопланктона и перемещением их в прибрежную зону. Индекс биоразнообразия постепенно увеличивался с апреля до июля. Максимальные значения индекса Н в июле 2016 года в прибрежных водах у острова Змеиный были зафиксированы на всех станциях мониторинга (рис. 2 – 5). В августе значения Н снижались, а в сентябре-октябре изменялись в достаточно широких пределах, обнаруживая тенденцию к постепенному снижению.

В конце осени индекс Н повысился, за счет развития и распространения холодолюбивых видов зоопланктонного сообщества и снижения численности доминантных видов,

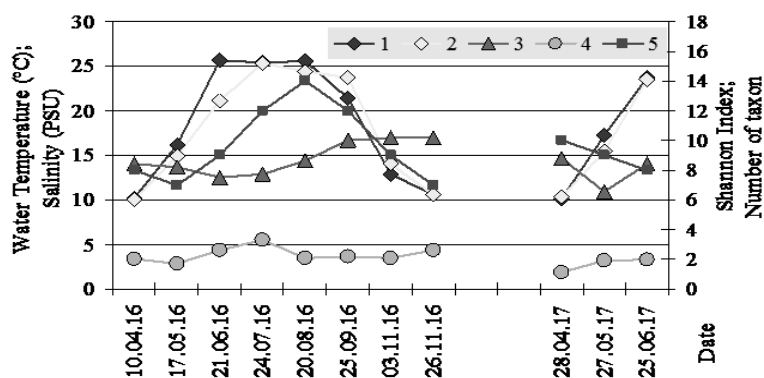
прежде всего *N. scintillans*, и к концу декабря при понижении температуры воды (менее 10°C) – снова снизился. Относительно низкие показатели температуры воздуха и воды в период затяжной холодной весны в 2017 году, по нашему мнению, явились основной причиной смещения на 2-3 недели (по сравнению с предыдущим годом) весеннего развития зоопланктона в прибрежных водах о. Змеиный (рис. 2).

В период исследований в апреле-декабре 2016 г и в апреле – июне 2017 г численность мезозоопланктона в прибрежных водах острова Змеиный изменялась в пределах от 645 (01.11.2016) до 55829 (30.05.2017) экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 1,385 (30.04.2017) до 2597,248 (30.05.2017) (рис. 6-9), при средних значениях 10129 экз./м<sup>3</sup> и 154,82 мг/м<sup>3</sup> и 21563 экз./м<sup>3</sup> и 466,30 мг/м<sup>3</sup> соответственно.



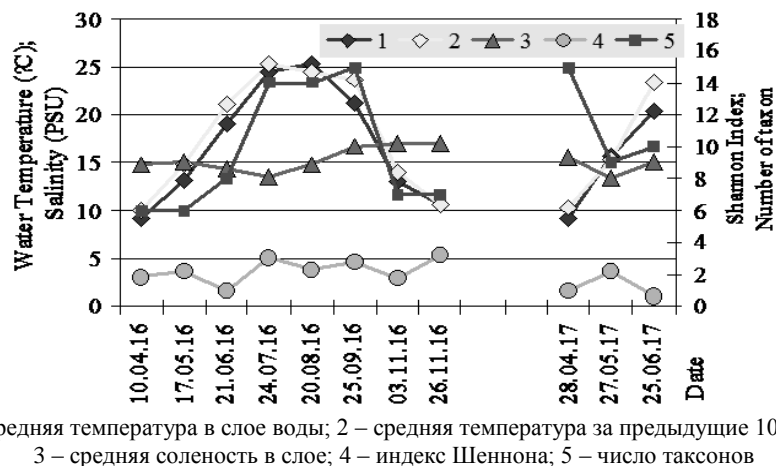
1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней; 3 – средняя соленость в слое; 4 – индекс Шеннона; 5 – число таксонов

Рис. 2 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, индексом Шеннона и числом зарегистрированных таксонов на станции «ZPR» в 2016-2017 гг.



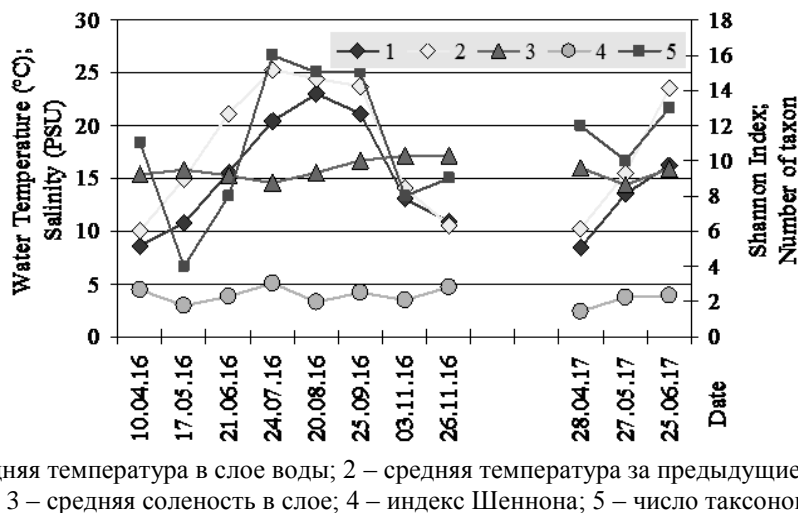
1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней; 3 – средняя соленость в слое; 4 – индекс Шеннона; 5 – число таксонов

Рис. 3 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, индексом Шеннона и числом зарегистрированных таксонов на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~5 м в 2016-2017 гг.



1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней; 3 – средняя соленость в слое; 4 – индекс Шеннона; 5 – число таксонов

Рис. 4 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, индексом Шеннона и числом зарегистрированных таксонов на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~15 м в 2016-2017 гг.



1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней; 3 – средняя соленость в слое; 4 – индекс Шеннона; 5 – число таксонов

Рис. 5 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, индексом Шеннона и числом зарегистрированных таксонов на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~25 м в 2016-2017 гг.

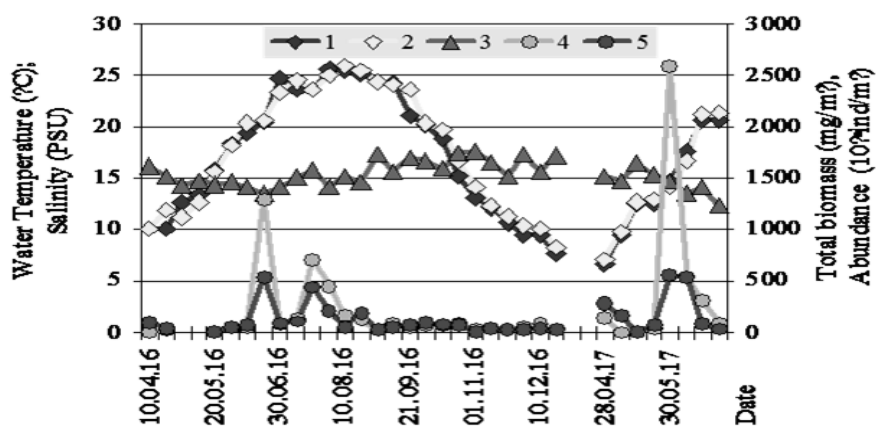
С первой декады апреля по первую декаду июня 2016 года при температуре воды от 10,1 до 19,8°C численность и биомасса мезозoopланктона в районе острова Змеиный была невысокой и не превышала 9527 экз./м<sup>3</sup> и 57,87 мг/м<sup>3</sup> соответственно.

В середине июня 2016 г при температуре воды 21,4°C наблюдали пик развития мезозoopланктона, количественные показатели которого достигли 53696 экз./м<sup>3</sup> и 1294,19 мг/м<sup>3</sup> (рис. 6).

Второй, но менее значительный пик наблюдали в 20.07.16 (43706 экз./м<sup>3</sup> и 709,02 мг/м<sup>3</sup>). Температура воды в этот период достигала 23,7°C. При ее повышении до 24–26°C численность и биомасса зоопланктона не превышала 20141 экз./м<sup>3</sup> и 443,41

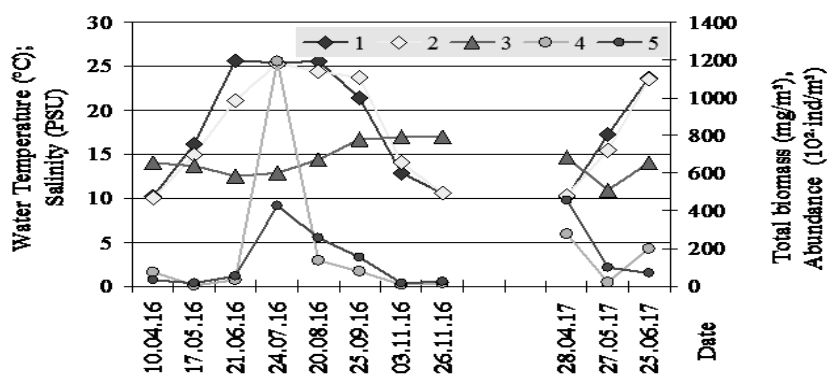
мг/м<sup>3</sup>). Со второй декады сентября с понижением температуры было отмечено снижение количественных характеристик мезозoopланктона. В декабре 2016 г при температуре воды 6,6–7,7°C численность и биомасса мезозoopланктона была на низком уровне от 1752 до 3464 экз./м<sup>3</sup> и от 31,44 до 86,53 мг/м<sup>3</sup>

В апреле-июне 2017 г количественные показатели мезозoopланктона в среднем были несколько выше, чем в 2016 и составляли от 1291 до 55829 экз./м<sup>3</sup> и от 1,39 до 2597,25 мг/м<sup>3</sup> соответственно, и были практически соизмеримы с показателями 2003 года, указанными для весенне-летнего периода [9, 10]. Наиболее высокие значения численности и биомассы в 2017 году (55829 экз./м<sup>3</sup> и 2597,25 мг/м<sup>3</sup>) были отмечены



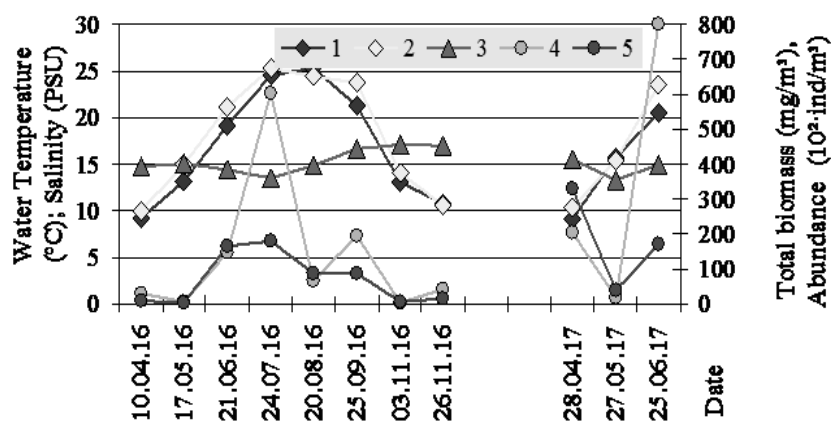
1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней;  
3 – средняя соленость в слое; 4 – биомасса, 5 – численность

Рис. 6 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, биомассой и численностью мезозoopланктона на станции «ZPR» в 2016–2017 гг.



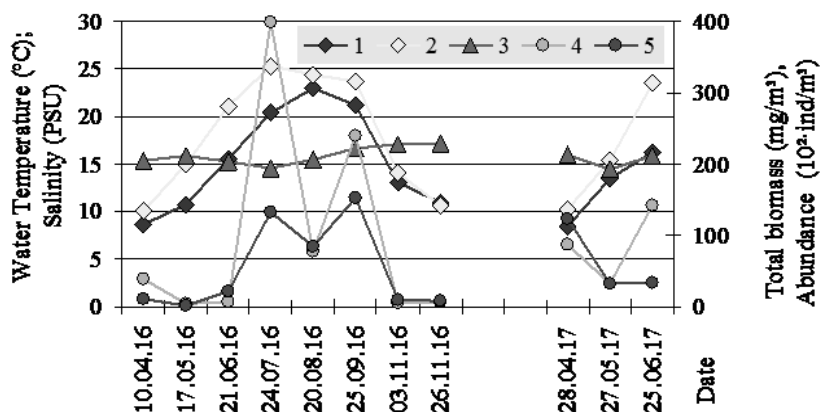
1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней;  
3 – средняя соленость в слое; 4 – биомасса, 5 – численность

Рис. 7 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, биомассой и численностью мезозoopланктона на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~5 м в 2016 – 2017 гг.



1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней;  
3 – средняя соленость в слое; 4 – биомасса, 5 – численность

Рис. 8 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, биомассой и численностью мезозoopланктона на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~15 м в 2016–2017 гг.



1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней;  
3 – средняя соленость в слое; 4 – биомасса, 5 – численность

Рис. 9 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, биомассой и численностью мезозoopланктона на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~25 м в 2016-2017 гг.

30.05.2017 при температуре воды 18,2°C (рис. 6). Согласно результатам отбора на прибрежных станциях с разными глубинами, наиболее высокие значения численности (от 13258 до 18045 экз./м³) и биомассы (от 398,54 до 1191,15 мг/м³) были отмечены 24.07.2016 (рис. 8 – 9).

В период исследований в прибрежных водах у острова Змеиный были идентифицированы представители 9 групп мезозoopланктона, включая меропланктон: Copepoda (Calanoida и Cyclopoida), Harpacticoida, Cladocera, Mysidae, Chaetognatha, Noctilucales, Rotatoria, Appendicularia и меропланктон объединяющий Cirripedia larvae (including Balanus): nauplius, cypris; Polychaeta larvae: nectochaeta; Bivalvia larvae: veliger; Gastropoda larvae: veliger (рис. 10–13).

Средние значения численности и биомассы Copepoda (Calanoida и Cyclopoida) за

весь период исследований 2016-2017 гг. на станции ZPR и станциях вокруг острова составляли 3981 и 4036 экз./м³ и 33,38 и 34,40 мг/м³ соответственно. Наибольшие количественные показатели этой группы мезозoopланктона отмечены в июле (11853 экз./м³ и 166,66 мг/м³), августе (13098 экз./м³ и 69,69 мг/м³) и сентябре 2016 г. (11216 экз./м³ и 77,24 мг/м³).

Вклад Copepoda в мезозoopланктон существенен и составлял по численности: от 5,8 % (апрель 2017 г) до 62,4% (август 2016) на станции ZPR (рис. 10); от 8,4% (май 2017) до 86,9% (август 2016) на прибрежных станциях мониторинга (рис. 11). Также существенен вклад этой группы и по биомассе: от 0,6% (май 2017) до 83,7% (сентябрь 2016) на станции ZPR (рис. 12); от 5,1% (июнь 2017) до 92,0% (апрель 2016) на прибрежных станциях мониторинга (рис. 13).

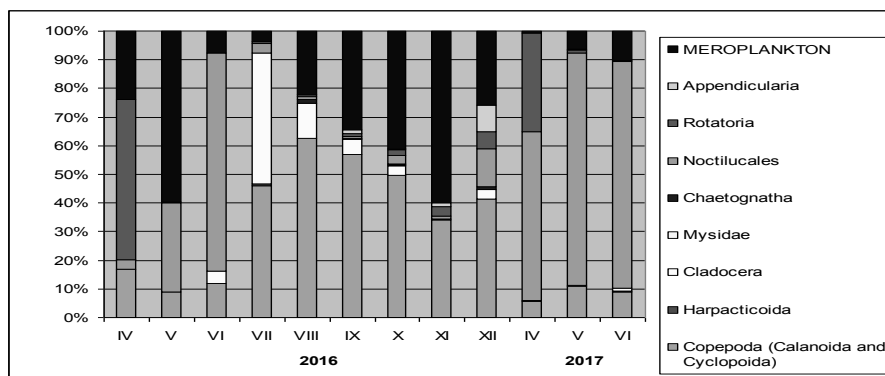


Рис. 10 – Распределение показателей численности по основным группам мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный (станция ZPR) в апреле – декабре 2016 г и апреле – июне 2017 г.

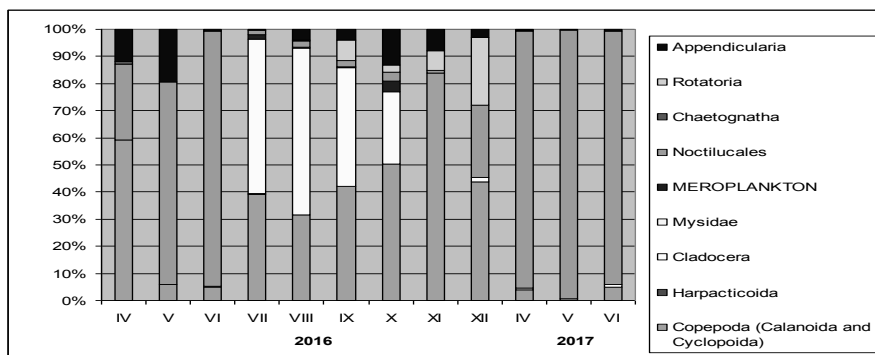


Рис. 11 – Распределение показателей численности по основным группам мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный (прибрежные станции) в апреле – декабре 2016 г и апреле – июне 2017 г.

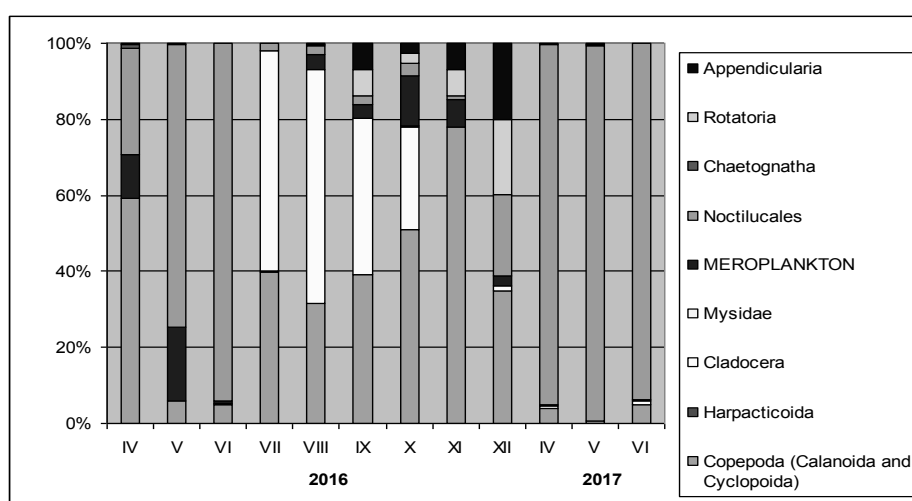


Рис. 12 – Распределение показателей биомассы по основным группам мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный (станция ZPR) в апреле – декабре 2016 г и апреле – июне 2017 г.

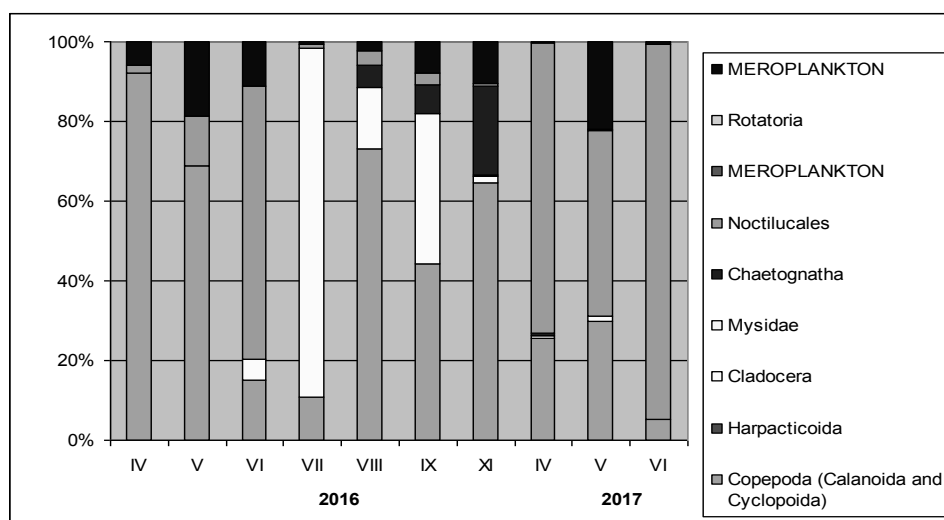


Рис. 13 – Распределение показателей биомассы по основным группам мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный (прибрежные станции) в апреле – декабре 2016 г и апреле – июне 2017 г.



Вклад Cladocera менее существенен по численности – 1461-1965 экз./м<sup>3</sup> (0,2-45,7% станции ZPR и 0,2-61,8% прибрежные станции), и по биомассе – 33,65-64,30 мг/м<sup>3</sup> (0,02-61,7% станции ZPR и 0,05-87,0% прибрежные станции). Пик развития этой группы отмечен в июле 2016 года – 11749-16780 экз./м<sup>3</sup> и 243,01-640,90 мг/м<sup>3</sup>. Вклад Naupacticoidea был незначителен. При наиболее массовом развитии представителей этой группы в июле 2016 г их вклад составлял всего 0,48% общей численности и 0,36% общей биомассы мезозoopланктона. Также незначителен вклад Mysidae – 0,14% как по численности, так и по биомассе (октябрь 2016). Вклад Chaetognatha составлял 0,03-1,3% по численности и 0,03-6,7% по биомассе.

По результатам исследований доминирующей группой являлись представители Noctilucales (с наиболее массовым видом *N. scintillans*). Средняя численность и биомасса этой группы составляла 3958-6495 экз./м<sup>3</sup> и 52,34-161,04 мг/м<sup>3</sup> с пиками развития в июне 2016 года (19255 экз./м<sup>3</sup> и 451,48 мг/м<sup>3</sup>), в мае (18433 экз./м<sup>3</sup> и 870,54 мг/м<sup>3</sup>) и июне 2017 года (19114 экз./м<sup>3</sup> и 296,49 мг/м<sup>3</sup>). Доля группы по численности составляла: от 0,9 % (сентябрь 2016 г) до 81,1% (май 2017 г) на станции ZPR и от 0,9% (сентябрь 2016 г) до 81,5% (апрель 2017 г) на прибрежных станциях мониторинга. Также существенен вклад этой группы был и по биомассе: от 1,0% (сентябрь 2016 г) до 98,9% (май 2017) на станции ZPR; от 0,5 % (сентябрь 2016 г) до 94,1% (июнь 2017 г) на прибрежных станциях мониторинга.

По численности существенный вклад в сообщество мезозoopланктона вносит и меропланктон, объединяющий пелагических личинок моллюсков, полихет и др. организмов – 2374-2429 экз./м<sup>3</sup>, составляя до 59,7 и 59,9% (май и сентябрь 2016 г) в первую очередь за счет пелагических личинок мидий. Биомасса его при высокой численности незначительна 3,03-4,20 мг/м<sup>3</sup>. Максимальные значения средней величины количественных показателей этой группы были отмечены в мае (5111 экз./м<sup>3</sup> и 7,33 мг/м<sup>3</sup>), в сентябре (5147 экз./м<sup>3</sup> и 13,49 мг/м<sup>3</sup>) и октябре 2016 года (5217 экз./м<sup>3</sup> и 11,27 мг/м<sup>3</sup>), а также в мае 2017 года (5606 экз./м<sup>3</sup> и 6,83 мг/м<sup>3</sup>). Доля меропланктона в общей биомассе мезозoopланктона не превышала 22,1% (рис. 13).

Согласно современным исследованиям [3, 4] качество водной среды черноморского шельфа оценивается как неудовлетворитель-

ное. Для определения качества морских вод по состоянию мезозoopланктона использовались четыре метрики состояния мезозoopланктона:

- биомасса мезозoopланктона (мг/м<sup>3</sup>); предлагаемые пороговые значения в летний период: прибрежные воды (550-280 мг/м<sup>3</sup>), шельф (300-130 мг/м<sup>3</sup>) и открытое море (150-50 мг/м<sup>3</sup>).

- биомасса копепод (%) – вклад биомассы копепод в общую биомассу мезозoopланктона; пороговое значение – 42%.

- биомасса *Noctiluca scintillans* (%) - вклад биомассы *N. scintillans* в общую биомассу мезозoopланктона; установленный порог для хорошего состояния окружающей среды составляет <30%.

- индекс Шеннона-Уивера; граница для хорошего статуса принята на уровне значения индекса равного 3 и более [3, 4].

Результаты оценки современного качества морской среды по итогам исследования мезозoopланктона прибрежных вод острова Змеиный представлены в таблице 2. Качество среды оценено как плохое по всем трем показателям только в одном случае – на станции постоянного мониторинга ZPR 30.05.2017 при практически абсолютном доминировании *N. scintillans* (табл. 2).

Из 32 и 34 проб, отобранных на станции ZPR и на станциях ежемесячных съемок качество среды по показателю общая биомасса оценено соответственно как Bad в 5 и 10 случаях, Poor – в 17 и 14, Moderate – в 5 и 3, Good – в 2 и 5, High – в 3 и 2. Количественная оценка среднего показателя качества морской среды (Bad=5.... High=1) по двум рядам наблюдений показала их хорошую сходимость (среднее значение для станции ZPR показателя качества составляло 3,6±0,6, а для всех станций ежемесячных съемок Z среднее значение составило 3,7±0,7. Таким образом, можно сделать вывод о том, что качество морской среды, оцененное по биомассе зоопланктона, находилось в интервале Moderate – Poor.

По показателю биомасса *Noctiluca scintillans* для станции ZPR и станций ежемесячных разрезов Z наиболее часто качество оценено как High в 24 и 28 случаях из 32 и 34 проб соответственно. Количественная оценка среднего показателя качества морской среды (Bad=5.... High=1) по двум рядам наблюдений показала их хорошую сходимость (среднее значение для станции ZPR показателя качества составляло 1,5±0,1, а для всех стан-

Таблица 2

Качество морских вод по состоянию мезозoopланктона (четыре метрики) прибрежных вод острова Змеинный в 2016-2017 гг

Дата	Шифр пробы	B*, mg·m <sup>-3</sup>	WQ	Нос*, mg·m <sup>-3</sup>	WQ	H*, bit·ind <sup>-1</sup>	WQ
Станция «ZPR»							
10.04.16	16ZPR-2-0,5	9,774	Bad	1,275	High	1,55	Moderate
22.04.16	16ZPR-17-0,5	29,649	Poor	11,078	High	2,55	Good
20.05.16	16ZPR-48-0,5	4,210	Bad	1,115	High	1,07	Poor
30.05.16	16ZPR-59-0,5	56,805	Poor	55,230	Good	1,31	Poor
10.06.16	16ZPR-71-0,5	57,872	Poor	50,557	Good	1,82	Moderate
20.06.16	16ZPR-82-0,5	1294,187	Bad	1289,023	Poor	0,41	Bad
30.06.16	16ZPR-93-0,5	79,477	Poor	14,870	High	2,31	Moderate
10.07.16	16ZPR-104-0,5	125,066	Poor	21,986	High	2,50	Moderate
20.07.16	16ZPR-115-0,5	709,018	High	0,451	High	3,26	Good
30.07.16	16ZPR-126-0,5	443,405	Good	1,275	High	1,97	Moderate
10.08.16	16ZPR-138-0,5	162,608	Poor	1,115	High	2,84	Good
20.08.16	16ZPR-149-0,5	121,323	Poor	1,487	High	2,42	Moderate
30.08.16	16ZPR-160-0,5	19,720	Bad	4,426	High	2,08	Moderate
10.09.16	16ZPR-172-0,5	84,644	Moderate	0,372	High	2,77	Good
21.09.16	16ZPR-184-0,5	49,161	Poor	1,275	High	1,35	Poor
30.09.16	16ZPR-194-0,5	65,303	Poor	3,525	High	1,47	Poor
10.10.16	16ZPR-205-0,5	59,574	Poor	3,525	High	2,22	Moderate
20.10.16	16ZPR-216-0,5	90,182	Moderate	1,983	High	2,68	Good
01.11.16	16ZPR-229-0,5	20,078	Poor	0,000	High	2,11	Moderate
11.11.16	16ZPR-240-0,5	36,536	Poor	0,952	High	2,91	Good
20.11.16	16ZPR-250-0,5	29,875	Poor	0,000	High	2,60	Good
01.12.16	16ZPR-262-0,5	49,231	Poor	2,266	High	2,91	Good
10.12.16	16ZPR-272-0,5	86,533	Moderate	19,669	High	3,07	Good
22.12.16	16ZPR-286-0,5	31,444	Poor	24,169	High	2,76	Good
28.04.17	17ZPR-1-0,5	146,203	Moderate	140,462	Good	0,45	Bad
30.04.17	17ZPR-4-0,5	1,385	Bad	0,000	High	0,61	Bad
10.05.17	17ZPR-16-0,5	3,511	Bad	0,000	High	2,30	Moderate
20.05.17	17ZPR-28-0,5	35,636	Poor	24,386	High	2,67	Good
30.05.17	17ZPR-40-0,5	2597,248	Bad	2587,232	Bad	0,44	Bad
10.06.17	17ZPR-53-0,5	543,917	Good	526,328	Poor	0,80	Bad
20.06.17	17ZPR-65-0,5	309,009	Moderate	282,243	Moderate	2,00	Moderate
30.06.17	17ZPR-77-0,5	93,481	Poor	80,910	Good	2,13	Moderate
Станции вокруг острова Змеинный с глубинами ~5, ~15 и ~25 м							
10.04.16	Z-1-6	38,345	Poor	1,181	High	2,66	Good
10.04.16	Z-1-4	28,591	Poor	0,516	High	1,82	Moderate
10.04.16	Z-1-2	75,936	Moderate	1,536	High	2,01	Moderate
17.05.16	Z-3-6	4,458	Bad	0,000	High	1,77	Moderate
17.05.16	Z-3-4	4,632	Bad	0,258	High	2,17	Moderate
17.05.16	Z-3-2	4,686	Bad	1,365	High	1,72	Moderate
21.06.16	Z-5-6	7,086	Bad	1,381	High	2,27	Moderate
21.06.16	Z-5-4	147,944	Poor	140,426	Good	1,00	Poor
21.06.16	Z-5-2	33,790	Bad	17,322	High	2,61	Good
21.06.16	Z-5-1	69,528	Poor	40,179	High	2,46	Moderate
24.07.16	Z-3-6	398,540	Good	2,797	High	3,02	Good

Дата	Шифр пробы	B*, mg·m <sup>-3</sup>	WQ	Нос*, mg·m <sup>-3</sup>	WQ	H*, bit·ind <sup>-1</sup>	WQ
24.07.16	Z-3-4	602,588	High	8,366	High	3,04	Good
24.07.16	Z-3-2	1191,145	Bad	4,779	High	3,29	Good
20.08.16	Z-5-6	77,631	Poor	0,929	High	1,99	Moderate
20.08.16	Z-5-4	66,001	Poor	0,697	High	2,31	Moderate
20.08.16	Z-5-2	135,518	Poor	8,495	High	2,07	Moderate
25.09.16	Z-3-6	239,232	Good	1,398	High	2,48	Moderate
25.09.16	Z-3-4	193,840	Good	14,524	High	2,74	Good
25.09.16	Z-3-2	79,533	Moderate	0,597	High	2,20	Moderate
03.11.16	Z-3-6	5,221	Bad	0,119	High	2,05	Moderate
03.11.16	Z-3-4	2,858	Bad	0,000	High	1,74	Moderate
03.11.16	Z-3-2	7,203	Bad	0,164	High	2,06	Moderate
26.11.16	Z-3-6	6,864	Bad	0,158	High	2,85	Good
26.11.16	Z-3-4	41,389	Poor	0,000	High	3,18	Good
26.11.16	Z-3-2	18,176	Poor	0,000	High	2,60	Good
28.04.17	Z-1-6	86,999	Moderate	49,020	High	1,42	Poor
28.04.17	Z-1-4	204,527	Good	155,210	Good	1,01	Poor
28.04.17	Z-1-2	275,999	Good	209,709	Good	1,13	Poor
27.05.17	Z-3-6	32,264	Poor	6,466	High	2,25	Moderate
27.05.17	Z-3-4	17,071	Poor	15,463	High	2,17	Moderate
27.05.17	Z-3-2	22,775	Poor	21,169	High	1,92	Moderate
25.06.17	Z-3-6	142,267	Poor	99,171	Good	2,36	Moderate
25.06.17	Z-3-4	800,377	High	793,147	Poor	0,58	Bad
25.06.17	Z-3-2	199,146	Poor	183,165	Good	1,95	Moderate

Примечание: **B** – общая биомасса, **Нос** – биомасса *Noctiluca scintillans*, **H** – Индекс Шеннона.

ций ежемесячных съомок Z – 1,2±0,1. В среднем качество морской среды, оцененное по этому индикатору, соответствовало интервалу Good – High.

Оценка качества морских вод по индексу Шеннона зоопланктона на станции ZPR показала, что из 32 проб в 5 пробах была оценка Bad, в 4 – Poor, в 12 – Moderate, в 11 – Good, а в 34 пробах отобранных в период выполнения ежемесячных съомок в 1 – Bad, в 4 – Poor, в 20 – Moderate и в 9 – Good. При этом оценки качества High не было зафиксировано. Количественная оценка среднего показателя качества морской среды (Bad=5... High=1) по двум рядам наблюдений показало, что среднее значение для станции ZPR показателя качества составляло 3,1±0,3, а для всех станций ежемесячных съомок Z среднее значение составило 2,9±0,4 что соответствует среднему качеству Moderate.

Анализ исторических данных о мезозоопланктоне в районе острова Змеиный показал, следующее: в 1997-1999 гг. его видовой состав насчитывал 31 таксон [1] при высоком содержании личинок донных беспозвоночных и рыб (до 89,5% общей численности мезозоопланктона). В 2003 году [9, 10] таксономический состав мезозоопланктона при-

брежных вод острова насчитывал более 66 таксонов (виды, варианты и более крупные подразделения). При этом наибольшим числом были представлены Protozoa и Rotatoria (по 16 таксонов), Copepoda (14 таксонов), Cladocera (10 таксонов). Далее следовали Hydrozoa (5 таксонов), Stenophora (3 таксона), Chordata (2 таксона). Планктонные формы каспийской фауны были представлены 1 видом *Podonevadne (Evadne) trigona*. Структура сообщества включала представителей генетически разнородных групп: морских, солоноватоводных и пресноводных. Ядро мезозоопланктона в основном составляли: *Noctiluca scintillans*, *Acartia* gen.spp, *Pseudocalanus elongatus*, *Pleurobrachia rhodopis*, *Oicopleura dioica*, *Sagitta setosa*, меропланктон был представлен *larvae* Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda, Balanus [9, 10].

Результаты исследований 2016 –2017 гг. свидетельствуют, что в настоящее время мезозоопланктон прибрежных вод о. Змеиный характеризуется видовым составом, который по числу таксонов существенно ниже, чем регистрировалось в 2003 г [9,10] и практически совпадает с результатами разовых экспедиций 1997-1999 гг. [1].

### Выводы

В период с апреля по декабрь 2016 г и с апреля по июнь 2017 г. в прибрежных водах острова Змеиный было обнаружено 32 таксона мезозoopланктона. В весенние периоды 2016 и 2017 гг. в пробах было обнаружено 15 и 23 таксона, а , летом и осенью 2016 г по 25 таксонов, летом 2017 г – 23 таксона соответственно. Число таксонов в пробах изменялось от 6 до 17 при среднем значении 11 в IV-XII 2016 г и 9 – в IV-VI 2017. Значение индекса Шеннона (H) мезозoopланктона изменялось в пределах от 0,41 до 3,29, при средних значениях в 2016 г и 2017 г - 2,32 и 1,64 соответственно. При этом с повышением температуры воды с конца апреля по август количество таксонов зоопланктона увеличивалось за счет развития всех теплолюбивых групп зоопланктона. С похолоданием воды число таксонов постепенно уменьшалось до ноября месяца с последующим незначительным повышением в декабре при развитии холодолюбивых организмов зоопланктона и перемещением их в прибрежную зону.

В период исследований в апреле-декабре 2016 г и в апреле-июне 2017 г численность мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный изменялась в пределах от 645 до 55829 экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – от 1,385 до 2597,248 мг/м<sup>3</sup>, при средних значениях 10129 экз./м<sup>3</sup> и 154,82 мг/м<sup>3</sup> и 21563 экз./м<sup>3</sup> и 466,30 мг/м<sup>3</sup> соответственно. В середине июня 2016 при температуре воды 21,4°C наблюдали пик развития мезозoopланктона. Второй, но менее значительный пик наблюдали во второй декаде июля 2016 при температуре воды – 23,7°C. При ее повышении до 24-26°C численность и биомасса зоопланктона снизилась. Со второй декады сентября с понижением температуры было отмечено снижение количественных характеристик мезозoopланктона до конца года.

В период исследований в прибрежных водах у острова Змеиный были идентифицированы представители 9 групп мезозoopланктона: Copepoda (Calanoida and Cyclopoida), Harpacticoida, Cladocera, Mysidae,

Chaetognatha, Noctilucales, Rotatoria, Appendicularia и меропланктон объединяющий Cirripedia larvae (including Balanus): nauplius, cypris; Polychaeta larvae: nectochaeta; Bivalvia larvae: veliger; Gastropoda larvae: veliger.

Вклад Copepoda в мезозoopланктон наиболее существенен и составлял по численности от 5,8% до 86,9%, по биомассе – от 0,6% до 92,0%. Доля группы Noctilucales (с наиболее массовым видом – *N. scintillans*) по численности составляла от 0,9% до 81,5%, по биомассе – от 1,0% до 98,9%. По численности существенный вклад в сообщество мезозoopланктона вносит и меропланктон, составляя до 59,7 и 59,9%. Доля меропланктона в общей биомассе мезозoopланктона не превышала 22,1%. Доля других групп мезозoopланктона в общей численности и биомассе была незначительна.

Качество воды в прибрежных водах у острова Змеиный по численности мезозoopланктона соответствовало «Bad» в 18 случаях из 68 (26,4% случаев) и в общем оценено как «Poor». По показателю общая масса мезозoopланктона качество воды оценено преимущественно как «Poor» и «Bad» (68,2%). «Good» (10,6%) и «High» (9,1%) качество отмечено в 19,7% случаях.

Результаты исследований 2016-2017 гг. показали существенное снижение количества видов мезозoopланктона прибрежных вод о. Змеиный в сравнении с результатами исследований 2003 г.

Настоящее исследование выполнено в рамках научного проекта «Провести морские экосистемные исследования и разработать научную основу для внедрения директивы ЕС по морской стратегии», который в 2017-2019 гг. финансируется Министерством образования и науки Украины с использованием результатов полевых исследований, которые проводились при финансовой поддержке международного (EU-UNDP) проекта EMBLAS – II (Улучшение мониторинга природной среды Черного моря).

### Литература

1. Зайцев, Ю., Александров, Б., Миничева, Г. и др. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. Киев: Наукова думка, 2006. 701 с.
2. Kovalova, N. et al. Investigations of Interconnections of Physical-Chemical and Phytoplankton Characteristics in the North-Western Part of the Black Sea (Zmiyni Island Area). *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*. 2015. Том 20, N 4. С. 35-46.

3. Moncheva, S., Boicenco, L. (Eds). State of Environment Report of the Western Black Sea based on Joint MISIS cruise. MISIS Joint Cruise Scientific Report, 2014. 401 pp.
4. Stefanova, K., Stefanova, E., Doncheva, V. A classification system for evaluation of ecological status of coastal marine waters in respect of zooplankton biological element of quality. Proceeding of "Seminar of ecology – 2015 with international participation", 2016. P. 231-240.
5. Александров, Б. Влияние Дуная на формирование мезозoopланктона Черного моря . Экосистема взморья украинской дельты Дуная, 1998. С. 245-261.
6. Black Sea Biological Diversity (Compiled by Yu.P. Zaitsev and B.G. Aleksandrov). United Nations Publications, 1998. 251 p.
7. Грузов, Л., Люмкис, П., Нападовский, Г. Исследования пространственно-временной структуры планктонных полей северной половины Черного моря в 1992-1993 гг. Исследование экосистемы Черного моря. Ред. В.И. Мединец, 1994. С. 94-113.
8. Konsulov, A. (Ed) Black Sea Biological Diversity: Bulgaria, 1998. – 131 p.
9. Мединец В.І. Острів Зміїний: екосистема прибережних вод: монографія. Одес. Нац. ун-т ім. І.І. Мечникова, Астропринт, 2008. XII. 228 с.
10. Полищук, Л. Состояние zooplanktona района о. Змеиный и приустьевого района Дуная в 2003 г. *Вісник ОНУ*. 2005. Том 10. Вип. 4. С. 174-184.
11. Инструкция по сбору и обработке планктона. Москва: ВНИРО, 1971. С. 8.
12. Киселев, И. Методы исследования планктона. *Жизнь пресных вод СССР*, 1956. Т. 4, вып. 1. С. 183-265.
13. Aleksandrov, B., Arashkevich, E., Gubanova, A., Korshenko, A. Black Sea monitoring guidelines: mesozooplankton. Publ. EMBLAS Project, BSC, 2014. 31 pp.
14. Определитель фауны Черного и Азовского морей / ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовский. Киев: Наукова думка, 1968. Т.1. 437 с.
15. Определитель фауны Черного и Азовского морей / ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовский. Киев: Наукова думка, 1969. Т.2. 536 с.

#### References

1. Zaitcev, Yu., Aleksandrov, B., Minicheva, G. (2006). Severo-zapadnayoі chasti Chernogo morya: biologiya i ekologiya. [North-western part of the Black Sea: biology and ecology]. Kiev: Naukova dumka, 701. [In Russian].
2. Kovalova N., Medinets V., Derezyuk N., Medinets S., Morozov V., Kovalova Ye. (2015). Investigations of Interconnections of Physical-Chemical and Phytoplankton Characteristics in the North-Western Part of the Black Sea (Zmiinyi Island Area). *Odesa National University Herald. Geography and Geology*, 20(4). 35–46. [In English].
3. Moncheva, S., Boicenco, L. (2014). State of Environment Report of the Western Black Sea based on Joint MISIS cruise. *MISIS Joint Cruise Scientific Report*, 401. [In English].
4. Stefanova, K., Stefanova, E., Doncheva, V. (2016). A classification system for evaluation of ecological status of coastal marine waters in respect of zooplankton biological element of quality. *Proceeding of "Seminar of ecology – 2015 with international participation"*. 231–240. [In English].
5. Aleksandrov, B. (1998). Vliyaniye Dunaya na formirovaniye mezozooplanktona Chernogo morya [Influence of the Danube on the formation of the mesozooplankton of the Black Sea ]. *Ekosistema vzmoriya ukraiynskoy delti Dunaya*, 245–261. [In Russian].
6. Zaitcev, Yu.P. , Aleksandrov, B.G. (1998). Black Sea Biological Diversity. United Nations Publications, 251 [In English].
7. Gruzov, L., Lyumkis, P., Napadovskyij, G. (1994). Issledovaniya prostranstvenno-vremennoj strukturi planktonnih polej severnoj polovins Chernogo morya v 1992–1993 gg. Studies of the spatial and temporal structure of plankton fields in the northern half of the Black Sea in 1992–1993]. *Issledovanie ekosystemi Chernogo morya*. 94-113. [In Russian].
8. Konsulov, A. (1998). Black Sea Biological Diversity: Bulgaria, 131.
9. Medinets, V. I. (2008). Ostriv Zmiyniy: ekosistema priberezhnih vod: monografiya [Zmiiny Island: Coastal Water Ecosystem: Monograph]. Odes. Nac. un-t im. I.I. Mechnikova, Astroprint, XII. 228. [In Ukrainian].
10. Polishuk, L. (2005). Sostoyanie zooplanktona rajona o. Zmiinyi i priustievogo raiona Dunaya v 2003 g. [ Status of zooplankton in the region of Zmiiny Island and mouth area of the Danube in 2003 ]. *Visnik ONU*, 10(4). 174-184. [In Russian].
11. Instrukciya po sboru i obrabotke planktona.(1971). [Instructions for the collection and processing of plankton]. Moskva: VNIRO, 8. [In Russian].
12. Kiselev, I. (1956). Metodi issledovaniya planktona [Plankton research methods]. *Zhizn presnih vod SSSR*, 4(1). 183-265. [In Russian].
13. Aleksandrov, B., Arashkevich, E., Gubanova, A., Korshenko, A. (2014). Black Sea monitoring guidelines: mesozooplankton. Publ. EMBLAS Project, BSC. 31. [In English].
14. Morduxaj-Boltovskiy F.D. (1968). Opredelyitel fauni Chernogo i Azovskogo morej [Determinant of the fauna of the Black and Azov seas]. Kyiev: Naukova dumka, 1. 437. [In Russian].
15. Morduxaj-Boltovskiy F.D. (1969). Opredelyitel fauni Chernogo i Azovskogo morej / red. F.D. Morduxaj-Boltovskiy [Determinant of the fauna of the Black and Azov seas]. Kyiev: Naukova dumka, 2. 536. [In Russian].

Надійшла до редколегії 24.04.2019

УДК 581.526.325 (574.622)

**Н. В. ДЕРЕЗІЮК**

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова*

пров. Маяковського 7, м. Одеса, 65082, Україна

E-mail: [n.derezyuk@onu.edu.ua](mailto:n.derezyuk@onu.edu.ua)

<https://orcid.org/0000-0003-1418-0981>

## **БАГАТОРІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПУЛЯЦІЙ ФІТОПЛАНКТОНУ ВЛІТКУ НА АКВАТОРІЇ ДНІСТРОВСЬКОГО ЛИМАНУ (2003-2018 РР.)**

**Мета.** Порівняння багаторічних даних за видовим складом, різноманітністю і кількісними показниками фітопланктону, який розвивався щоліта в Дністровському лимані. Особливу увагу приділено розвитку небезпечних (або потенційно токсичних) видів фітопланктону, які здатні погіршувати якість води і загрожують існуванню гідробіонтів. **Методи.** Використали матеріали, зібрані на 22 екологічних станціях Дністровського лиману (456 зразків). Збір та аналіз зразків фітопланктону здійснювали за стандартними методами. Консервація зразків здійснювалась з використанням формаліну. Для обробки зразків використовували мікроскопи HUND-H600 та OLIMPUS-BH2. Систематику мікроводоростей і ціанобактерій застосовано у відповідності до стандартів міжнародних баз. **Результати.** За 16-річний період досліджень було зареєстровано 445 видів, що належали до 13 таксономічних відділів/класів фітопланктону. У 4 головних таксонів мінімум видів був зареєстрований в 2004 р. і 2016 р. Максимальну кількість видів зелених водоростей спостерігали у 2012 р. (75); а максимума діатомових водоростей (53), динофітових водоростей (19) та ціанобактерій (33) фіксували у 2014 р. Найбільшою видовою різноманітністю відрізнялися північна та південна частини лиману (індекс Шенону = 4,6-4,4 біт·кл<sup>-1</sup>), тобто райони змішування флори різного походження. Діапазон змін максимальної біомаси фітопланктону, що реєстрували протягом 16 років, був від 2,5 г·м<sup>-3</sup> (2010 р.) до 231,2 г·м<sup>-3</sup> (2018 р.). **Висновки.** Простежується певна 12-річна циклічність в поступовій зміні кількості видів і індексу Шенону у головних таксонах фітопланктону. В останні роки також простежується тенденція до збільшення сумарної біомаси мікроводоростей та ціанобактерій, що призводило до погіршення якості води до оцінки "забруднена" або "гранично брудна" (згідно з національними стандартами).

**Ключові слова:** біорізноманіття, індекс Шенону, біомаса, цвітіння, якість води

**Dereziuk N.V.**

*Odessa National I. I. Mechnikov University, Odessa, Ukraine*

## **MULTI-YEAR STUDY OF PHYTOPLANKTON POPULATION IN THE DNISTROVSKIY ESTUARY IN SUMMER (2003-2018)**

**Purpose.** Comparison of multi-year data on species composition, biodiversity and quantitative variables of phytoplankton that developed in the Dnistrovskiy Estuary every summer. Particular attention was focused on the development of potentially dangerous (toxic) species, which can deteriorate quality of water and threaten hydrobionts' existence. **Methods.** The data used in the phytoplankton study have been collected from 22 stations in the Dnistrovskiy Estuary (456 samples). Phytoplankton sampling and analyses were carried out using standard methodologies. Nageotta and Sedgewick cameras (0,05 and 1 ml) were applied to count cell number. The samples were preserved using formalin. HUND-H600 and OLIMPUS-BH2 microscopes were used for sample analyses. Classification of microalgae and Cyanobacteria was done according to the standards of the international database. **Results.** The total number of species registered during 16 years exceeded 445 (13 taxa) out of which 54 are generally classified as potentially harmful species (genera Dolichospermum, Aphanizomenon, Microcystis, Cyclotella, Pseudo-nitzschia, Peridinium, Proocentrum etc.). Minimum record of species number within 4 main taxa was in 2004 and 2016. Maximum number of species of Chlorophyta (75) was observed in 2012, and maximum of Bacillariophyta (53), Dinophyta (19) and Cyanobacteria (33) was in 2014. Northern and middle part of the estuary had the highest species diversity (Shannon index = 4.6 – 4.4 bit·cells<sup>-1</sup>) i.e. the areas where flora of various geneses mixed. Over the years, number of species and  $\alpha$ -diversity of phytoplankton tend to increase in the north and in the centre of the estuary. The range of changes of maximum values of microalgae biomass during 16-year period was from 2.5 g·m<sup>-3</sup> (2010) to 231.2 g·m<sup>-3</sup> (2018). Algal blooms were recorded with Bacillariophyceae and Cyanobacteria as dominants. **Conclusions.** There is a certain 12-year periodicity in gradual changes in the number of species and Shannon index within the main phytoplankton taxa. Recent years' trends toward increase in the total biomass of microalgae and Cyanobacteria have been traced as well, the consequence of such an increase being deterioration of water quality which has downgraded to "polluted" or "extremely polluted" in those regions (as per national standards).

**Key words:** biodiversity, Shannon index, biomass, blooms, water quality

Дерезюк Н. В.

Одеський Національний університет імені І. І. Мечникова

**МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ФИТОПЛАНКТОНА ЛЕТОМ НА АКВАТОРИИ ДНЕСТРОВСКОГО ЛИМАНА (2003-2018 ГГ.)**

**Цель.** Сравнение многолетних данных по видовому составу, разнообразию и количественным характеристикам фитопланктона, который развивался каждое лето в Днестровском лимане. Особо внимание уделяли группе "вредных" (или потенциально токсичных) видов. **Методы.** Использовали материалы, собранные на 22 экологических станциях Днестровского лимана (456 проб). Сбор и анализ проб фитопланктона выполняли стандартными методами. Консервация образцов осуществлялась с использованием формалина. Для обработки проб использовались микроскопы HUND-H600 и OLIMPUS-BH2. Систематика микроводорослей и цианобактерий приведена в соответствии со стандартами международных баз. **Результаты.** За 16-летний период исследований было зарегистрировано 445 видов, принадлежащих 13 таксономическим отделам фитопланктона. У 4 главных таксонов минимум видов был зарегистрирован в 2004 г. и 2016 г. Максимальное количество видов зеленых водорослей наблюдали в 2012 г. (75); а максимумы диатомовых водорослей (53), динофитовых (19) и цианобактерий (33) зафиксировали в 2014 г. Наибольшим видовым разнообразием отличались северная и южная части лимана (индекс Шеннона =  $4,6-4,4 \text{ bit} \cdot \text{кл}^{-1}$ ), т.е. районы смешивания флоры различного генезиса. Диапазон изменений максимальной биомассы фитопланктона, которую регистрировали в течение 16 лет, был от  $2,5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$  (2010 г.) до  $231,2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$  (2018 г.). **Выводы.** Прослеживается определенная 12-летняя цикличность в постепенном изменении количества видов и индекса Шеннона у основных таксонов фитопланктона. В последние годы также наблюдается тенденция к увеличению суммарной биомассы микроводорослей и цианобактерий, что приводит к ухудшению качества воды до оценки "загрязненная" или "предельно грязная" (согласно национальным стандартам).

**Ключевые слова:** биоразнообразие, индекс Шеннона, биомасса, цветение, качество воды

**Вступ**

Влітку інтенсивний розвиток мікроводорослей забарвлює дністровську воду до зеленого або брунатного кольору, а бурхливе розмноження ціанобактерій викликає формування блакитних плівок на плесі лиману, що дозволяє пересічному спостерігачеві своєчасно оцінити якість води та її придатність до споживання. Невеликі глибини лиману та повільна течія сприяють розповсюдженню річкової альгофлори по всій акваторії та її потужного цвітіння на північній частині в умовах швидкого прогрівання усієї товщі води влітку. На південній частині лиману через проникнення морської води з протоки створюються інші загрози – цвітіння солонуватоводного планктону та ймовірно потрапляння потенційно небезпечних або токсичних мікроводорослей морського походження.

Дністровський лиман, який активно використовують для риболовства, забору води, рекреації та ін., є доволі складним об'єктом для екологічного менеджменту в Одеській області. Найбільші проблеми у природокористуванні створюють погіршення якості води, зменшення обсягу річкового стоку, зарегулювання через систему водосховищ, збільшення влітку рівня антропогенного забруднення. Екологічний статус лиману ("перехідні" води), згідно з класифікацією Водної Рамкової

Директиви ЄС (ВРД) [1], викликає певні вимоги до досліджень фітопланктону, головним чином – реєстрація частоти цвітіння та інтенсивності вегетації мікроводорослей. В липні 2003 р. фахівці Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету ім. І.І.Мечникова (РЦІМ ОНУ) розпочали регулярні щорічні дослідження на акваторії лиману, до яких входило вивчення складу та кількісних характеристик фітопланктону. До 2009 р. обстеження виконували навесні, влітку та восени, результати цих робіт були оприлюднені на численних конференціях та зборах [2 – 9]. Було зроблено висновок про те, що найбільші загрози екосистемі лиману завдаються влітку внаслідок формування локальних ділянок цвітіння фітопланктону поблизу містечок та численних зон рекреації (м. Білгород-Дністровський, м. Овідіополь, с. Роксолани, с. Затока) [10 – 12].

Метою роботи було порівняння багаторічних даних за видовим складом, різноманітністю та кількісними показниками фітопланктону, який розвивався щоліта у Дністровському лимані. Особливу увагу було приділено розвитку шкідливих або потенційно токсичних видів фітопланктону, які здатні погіршувати якість води та загрожують існу-

ванню гідробіонтів [13 – 15]. Підґрунтям слугував великий обсяг планктонних матеріалів, які були зібрані співробітниками РЦІМ

ОНУ впродовж експедиційних спостережень у 2003 – 2018 рр.

### Методи дослідження

Для вивчення фітопланктону використано матеріали, що зібрані на 22 станціях Дністровського лиману (0 м – дно) впродовж 2–5 днів у липні в 2003 – 2018 рр. (456 зразків води). Глибина води на досліджених станціях в лимані становила 1,1 – 4,5 м. Щорічно температура води на поверхні сягала 21,8 °С – 26,8 °С, у придонних шарах – від 24 °С до 27 °С, прозорість змінювалась в інтервалі 0,1 – 1,8 м [2, 3]. Згущення відібраних зразків води здійснювали фільтраційним методом з використанням ядерних мембран (діаметр пор 1,5 – 2 мкм) або седиментаційним методом після 3-тижневого відстоювання [16]. Консервацію зразків здійснювали за допомогою формаліну (1% розчин). Для обробки проб використовували мікроскопи HUND – H600 та OLIMPUS – BH2. Підраху-

нок дрібних видів нанопланктону виконано в камері Nageotta об'ємом 0,05 мл, а підрахунок великих клітин водоростей – в камері Sedgewick (1 – 2 мл). При визначенні величини сирової біомаси відносна щільність клітини водорості прийнята за 1,0 – 1,05 [16]. Розрахунок формалізованої величини видової різноманітності популяцій фітопланктону виконували по формулі Шенону [9]. Систематика мікроводоростей і ціанобактерій надана у відповідності до стандартів міжнародних баз даних [17, 18], виділення певних видів в групу потенційно небезпечних зробили згідно досліджень вітчизняних і закордонних фахівців [18, 19]. Якість води оцінювали згідно до положень Водної Рамкової Директиви ЄС («Фітопланктон») та за стандартами національної класифікації [1, 19].

### Результати досліджень та обговорення

Експедиційні роботи в липні 2003 – 2018 рр. на акваторії лиману проведено в періоди найбільшого розвитку фітопланктону [4, 10], яким притаманні дуже великі значення видової різноманітності, сумарної чисельності та біомаси популяцій.

За 16-річний період досліджень було зареєстровано 445 видів, що належали 13 таксономічним відділам/класам водоростей та ціанобактерій: Зелені – Chlorophyta (160 видів), Діатомові – Bacillariophyta (111 видів), Ціанобактерії – Cyanobacteria (66 видів), Динофітові – Dinophyta (44 види), Евгленові – Euglenophyceae (18 видів), Харові – Charophyta (26 видів), Золотисті – Chrysophyceae (7 видів), Примнезієві – Prymnesiophyceae (6 видів), Криптофітові – Cryptophyta (3 види), Діктіохові – Dictyochophyceae (2 види), Сінурові – Synurophyceae (1 вид), Ксантофітові – Xanthophyceae (1 вид).

Найбагатшими родами, які незмінно спостерігали щолита, серед зелених водоростей були р. Scenedesmus, серед діатомових водоростей – р. Nitzschia, ціанобактерій – рр. Dolichospermum і Microcystis, дінофітових – р. Protoperidinium, евгленових – р. Euglena.

У північній частині лиману розвивався прісноводний планктон: переважно зелені рр. Heleochloris, Monoraphidium, Scenedesmus, Schroederia; численні діатомові рр. Cyclotella, Pseudonitzschia, Skeletonema, Synedra; евгленові рр. Astartia, Euglena, Phacus та ціанобактерії рр. Dolichospermum, Aphanizomenon, Microcystis. У середній та південній частинах видовий склад був доповнений солонуватоводними і суто морськими видами (діатомові і динофітові водорості), що визначалося гідродинамікою районів [2, 3, 9]. Прісноводні динофітові види (*Glochidinium penardiforme* Bolt., *Peridinium aciculiferum* Lemm., *Peridinium penardii* Bourg., *Peridinium umbonatum* Stein.) реєстрували в північній та середній частинах лиману, а морські динофіти знаходили лише на півдні (*Tripos furca*, *Diplopsalis lenticula* Bergh., *Gymnodinium wulffii* Sch., *Lyngulodinium polyedrum* (St.) Dodge, *Prorocentrum cordatum* (Osten.) Dodge, *Pr. scutellum* Schr. та ін.).

У складі діатомових водоростей клітини р. *Attheya* реєстрували лише в 2006 р., 2007, 2011, 2012, 2014, 2015 р. В 2004 – 2005 рр. водорості рр. *Closterium*,



*Cosmarium*, *Staurastrum* (Десмідієві) на акваторії лиману були відсутні, а в 2015 р. було знайдено максимальне число десмідієвих видів (14). Ксантофітові водорості (р. *Bumilleriopsis*) епізодично фіксували в 2014, 2015, 2018 р., а сінурові водорості – в 2008 р. Примнезієві і криптофітові види (наприклад, *Emiliania huxleyi* Hay et M. і *Leucocryptos marina* Butc.) відмічали епізодично в зразках води на півдні лиману. Ці та інші

факти появи окремих видів потребують додаткових досліджень та можуть бути пов'язані або з гідрохімічними та гідродинамічними умовами [2, 3], або з довгостроковими змінами у структурі самого фітопланктону.

За 16-річний період в зразках води Дністровського лиману знаходили від 6 видів (2005 р.) до 62 видів (2012 р., 2015 р.). Сумарна кількість видів 4 домігантних таксонів наведена на рис. 1.

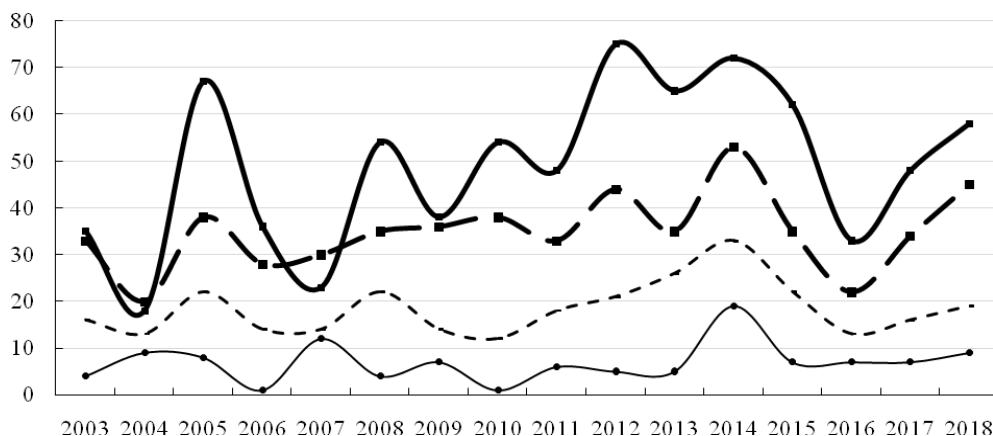


Рис. 1 – Кількість видів в головних популяціях фітопланктону влітку в 2003–2018 рр. у поверхневих шарах Дністровського лиману

В липні 2004 р. у складі головних популяцій фітопланктону була зареєстрована найменша сумарна кількість видів (60), при майже рівних частках серед головних таксонів. Впродовж наступних 8 років сума видів поступово збільшувалася при сталому домінуванні зелених водоростей. Загальна кількість видів усіх таксонів (на центральній частині) становила в 2012 р. 110 видів, проте влітку 2013 року спостерігали незначне зменшення кількості видів до 99. Але у 2014 р. було зафіксовано збільшення загальної кількості видів до 145. Причиною цього було проникнення морських водних мас через Цареградське гирло, які принесли в угруповання фітопланктону специфічні види. Другий мінімум всіх видів був зафіксований в липні 2016 р. (75), а в 2017–2018 рр. сумарна кількість видів домігантних таксонів знову сягала 105–131.

Зменшення кількості зелених водоростей в 2006 р. (до 23) було пов'язано з потужним впливом морської води на південну

та середню частини лиману, доказом цього слугував помітний розвиток морських динофітових водоростей. Максимуми кількості видів зелених водоростей спостерігали у 2012–2014 рр. (65–75 видів). Крім цього, у 2014 р. зафіксували максимальну (за 16 років) кількість діатомових, динофітових водоростей і ціанобактерій (53, 19 і 33 відповідно) [7, 12]. Слід припустити існування певної 12-річної циклічності у поступових змінах кількості видів в головних популяціях фітопланктону (рис. 1).

Особливо відзначено, що в загальному списку фітопланктону знайдено 54 види, які віднесено до групи шкідливих водоростей і які здатні сягати рівня цвітіння [13–15]:

- Ціанобактерії – 20 видів, переважно рр. *Dolichospermum*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*;
- Динофітові водорості – 13 видів, морські рр. *Peridinium* та *Prorocentrum*;
- Діатомові водорості – 12 видів, переважно рр. *Cyclotella* та *Pseudo-nitzschia*;

- Харові водорості – 2 види, (*Mougeotia spp.*, *Spirogyra spp.*);
- Зелені водорості – 2 види (*Coelastrum microporum* Nag., *Desmodesmus communis* (Heg.) Hegew.);
- Примнезієві – 2 види (*Emiliania huxleyi* (Lohm.) Hay, *Phaeocystis pouchetii* (Hariot) Lager.);
- Евгленові водорості – 1 вид (*Eutreptia lanowii* Steuer);
- Золотисті водорості – 1 вид (*Dinobryon balticum* (Sch.) Lemm.);
- Діктіохові водорості – 1 вид (*Dictyocha speculum* Ehr.).

Найбільшу загрозу для нормального функціонування біоти створювали ціанобактерії та діатомові водорості, що їх виносило з р. Дністер. Активну вегетацію цих видів на рівні цвітіння фіксували щорічно впродовж 16 років. Діатомові водорості та ціанобактерії в періоди цвітіння продукують токсичні речовини, котрі впливають на природний розвиток іхтіопланктону, зоопланктону і бентосних організмів, і які могли викликати, або викликали локальні замори риби і бентосу, що значно погіршувало якість води на ділянках рекреації [8]. Шкідливі морські дінофітові водорості не отримували в лимані переваги в розвитку, тому їх незначне потрапляння в південну частину імовірно не загрожувало біоті лиману.

Лише одного разу в 2005 р. на середній частині лиману в придонних шарах зафіксували суттєве скупчення шкідливих харових водоростей *Spirogyra spp.* У тому ж районі тільки в 2018 р. реєстрували масовий розвиток *Desmodesmus communis*, в інші роки вид не досягав великої щільності. Фа-

ктів загрозливого цвітіння інших, крім згаданих, потенційно токсичних видів харових, зелених, примнезієвих, евгленових, золотистих та діктіохових водоростей впродовж періоду досліджень не було виявлено, але спостереження 2006 – 2008 рр. довели, що деякі шкідливі водорості здатні бурхливо розмножуватися і восени.

Дослідження щільності потенційно небезпечних водоростей, тобто діатомових водоростей та ціанобактерій, дало змогу зробити висновок про істотне збільшення частоти та рівня їх цвітіння протягом останніх років. На рис. 2 відображено найбільші величини чисельності цвітіння, які були зареєстровані на акваторії лиману. В 2003–2013 рр. рівень масового цвітіння діатомових водоростей та ціанобактерій коливався від  $26 \text{ кл.} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$  до  $440 \text{ кл.} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$ . Значне збільшення сумарної чисельності ( $3070 \text{ кл.} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$ ) шкідливих видів спостерігали з 2014 р., головним чином за рахунок бурхливого розвитку ціанобактерій.

Видовий склад і щільність водоростей на поверхні і в придонних шарах лиману були майже однаковими. У донних пробах води частіше реєстрували бенто-планктонні і перифітонні види. Інформація, що наведена далі, стосується тільки поверхневого фітопланктону.

За 16-річний період досліджень було порівняно величини  $\alpha$ -різноманітності (видової різноманітності) фітопланктону по індексу Шенону, якій поєднує чисельність кожного виду відносно всієї популяції мікрводоростей (рис. 3).

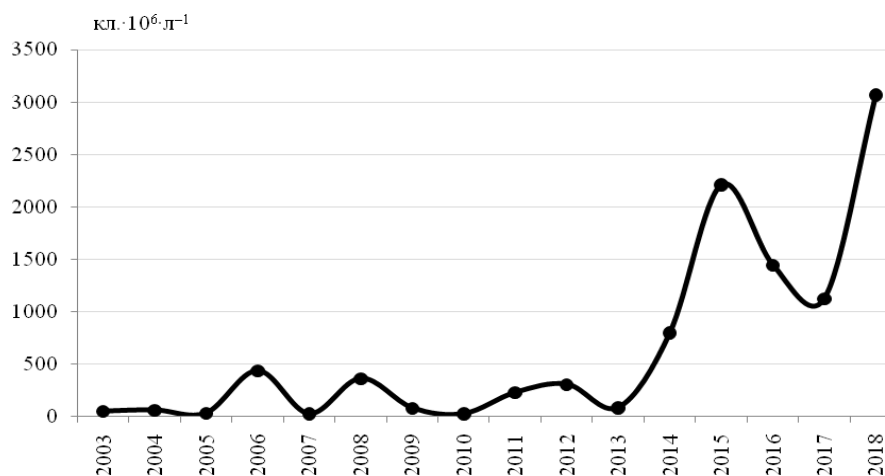


Рис. 2 – Максимальна сумарна чисельність шкідливих видів фітопланктону влітку в 2003–2018 рр. у поверхневих шарах Дністровського лиману



Рис. 3 – Максимальний індекс Шенону у поверхневих шарах Дністровського лиману влітку 2003 – 2018 рр.

По всьому лиману мінімальну різноманітність угруповань спостерігали у 2004 р. і 2016 р. ( $0,4 - 0,6$  біт·кл<sup>-1</sup>). Найбільші індекси Шенону на північній частині реєстрували у 2008 р. ( $3,8$  біт·кл<sup>-1</sup>), у 2010 р. –  $4,6$  біт·кл<sup>-1</sup> при сумісному розвитку маси зелених і діатомових видів, а також у 2013 – 2014 рр. ( $3,9$  біт·кл<sup>-1</sup>).

На середній частині лиману максимальні величини індексу відзначали у 2010 – 2012 рр. ( $4,1 - 4,4$  біт·кл<sup>-1</sup>), і 2018 р. ( $4,0$  біт·кл<sup>-1</sup>), що було пов'язано з одночасним розвитком прісноводних і морських видів. На півдні лиману найбільша різноманітність була зафіксована в 2005 р. –  $3,8$  біт·кл<sup>-1</sup> – несуттєво більша, ніж в двох інших районах, а також у 2008 р., 2010 р., 2012 р. ( $3,7, 3,8, 3,4$  біт·кл<sup>-1</sup> відповідно).

Попуски дністровської води з водосховища, або дощі перед початком експедиційних робіт, як у 2005 р., 2008 р., 2012 р., сприяли збільшенню кількості видів водоростей та різноманітності фітопланктону. Майже за всі роки спостережень найбільшою різноманітністю відрізнялися північна та середня частини лиману, тобто райони змішування вод різного походження. За багато років простежується тенденція до збільшення  $\alpha$  - різноманітності в популяціях фітопланктону на півночі та у центрі лиману, але на південній частині спостерігається зменшення видової різноманітності популяцій.

Так само, як за видовим складом, так і за кількісними характеристиками, фітопла-

нктон відрізнявся на 3 частинах лиману (рис. 4). Інтервал коливань максимальних величин біомаси мікродоростей, що спостерігали впродовж 16 років, становив від  $2,5$  г·м<sup>-3</sup> (2010 р.) до  $231,2$  г·м<sup>-3</sup> (2018 р.).

Максимальну біомасу фітопланктону частіше реєстрували на ділянках, які були розташовані поблизу населених пунктів і традиційних зон рекреації, схильних до евтрофікації внаслідок антропогенного впливу: с. Миколаївка, м. Овідіополь, с. Роксолани (Калаглія), с. Сухолуж'є (Нове), м. Білгород-Дністровський, с. Шабо, с. Затока – середня та південна частини лиману. Проте, лише у 2018 р. на північній акваторії зафіксували максимальну для всього періоду досліджень величину – під час сумісного розвитку великих клітин діатомових, дрібних клітин зелених і евгленових водоростей і маси колоній нитчастих ціанобактерій.

Цвітіння фітопланктону, коли сумарна біомаса перевищує  $50 - 100$  г·м<sup>-3</sup>, спостерігали переважно на середній і південній частинах лиману (рис. 4). В 2003 р. рівня цвітіння сягали діатомові водорості, а у 2007 р. максимум біомаси створювали ціанобактерії. З 2009 р. цвітіння почастішали і також були створені комплексом "діатомеї – ціанобактерії". Масовий розвиток цих видів визначав трофічний статус вод лиману (від евтрофних на півночі до гіпертрофних на півдні) [4–6], що може слугувати підґрунтям для менеджменту природокористування.

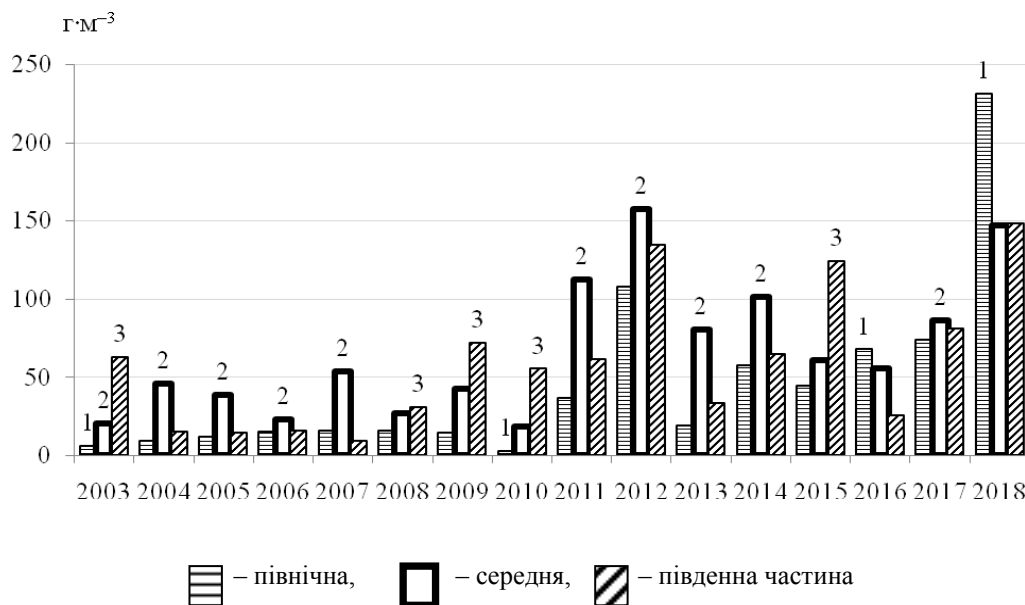


Рис. 4 – Максимальні величини сумарної біомаси фітопланктону, зареєстровані влітку в 2003 – 2018 рр. у поверхневих шарах Дністровського лиману

В 2016 р. максимальна величина біомаси фітопланктону на півночі ледве сягала рівня цвітіння ( $67,6 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$ ), та несуттєво перевищувала значення біомаси в сусідніх частинах за рахунок розвитку маси дрібного діатомового планктону і ціанобактерій, що поступово скочувалися до півдня вслід за повільною течією. У 2017 р. при домінуванні того ж самого комплексу видів рівень цвітіння трохи збільшувався по всій акваторії до  $70 - 80 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$ . В 2018 р. на середині та на півдні лиману сумісний розвиток численних *Cyclotella*, *Limnothrix planktonica* (Wolosz.) Meff. і *Spirulina laxissima* W. створював бурхливе цвітіння (до  $150 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$ ).

Дослідження фітопланктону у 2003 – 2018 рр. на акваторії лиману проведені в періоди літнього максимуму розвитку [4, 10], якому притаманні дуже великі значення видової різноманітності, сумарної чисельності та біомаси популяцій.

За 16-річний період досліджень зареєстровано 445 видів, що належали 13 таксономічним відділам/класам водоростей та ціанобактерій: Зелені – Chloophyta (160 видів), Діатомові – Bacillariophyta (111 видів), Ціанобактерії – Cyanobacteria (66 видів), Динофітові – Dinophyta (44 види), Евгленові – Euglenophyceae (18 видів), Харові – Charophyta (26 видів), Золотисті –

Аналіз рівня літніх цвітінь фітопланктону на різних ділянках лиману дозволив зробити висновок про погіршення якості води у напрямку з півночі на південь (до моря). За результатами багаторічних досліджень майже по всьому лиману простежено тенденцію до збільшення величин сумарної біомаси мікродоростей, що призводило до погіршення якості води до рівня «забруднена» або «гранічно брудна» у цих районах [8, 19].

Відповідно до класифікації ВРД стан Дністровського лиману оцінювалося як «добрий» в 2003 – 2011 рр., а в наступні роки оцінка знижувалася до «задовільної» в деяких районах лиману [1].

### Висновки

Chrysophyceae (7 видів), Примнезієві – Prymnesiophyceae (6 видів), Криптофітові – Cryptophyta (3 види), Діктіохові – Dictyochophyceae (2 види), Сінурові – Synurophyceae (1 вид), Ксантофітові – Xanthophyceae (1 вид). Крім того, в загальному списку фітопланктону знайдено 54 види, які віднесено до групи шкідливих водоростей. Найбагатшими родами, цвітіння яких незмінно спостерігали щоліта, серед діатомових водоростей були р. *Nitzschia*, ціанобактерій – рр. *Dolichospermum* і *Microcystis*.

У північній частині лиману розвивався прісноводний планктон: переважно зелені

pp. *Heleochloris*, *Monographidium*, *Scenedesmus*, *Schroederia*; численні діатомові pp. *Cyclotella*, *Pseudonitzschia*, *Skeletonema*, *Synedra*; евгленові pp. *Astasia*, *Euglena*, *Phacus* та ціанобактерії pp. *Dolichospermum*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*. У середній та південній частинах видовий склад був доповнений солонувато-водними і суто морськими видами (діатомові і динофітові водорості), що визначалося гідродинамікою районів.

У 4 головних таксонів мінімум видів був зареєстрований в 2004 р. і 2016 р. Максимальну кількість видів зелених водоростей спостерігали у 2012 р. (75); а максимума діатомових водоростей (53), динофітових водоростей (19) та ціанобактерій (33) фіксували у 2014 р.

По всьому лиману мінімальну різноманітність популяцій спостерігали у 2004 р. і 2016 р. ( $0,4 - 0,6 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$ ). Попуски дністровської води з водосховища, або дощі перед початком експедиційних робіт, як у 2005 р., 2008 р., 2012 р., сприяли збільшенню кількості видів водоростей та різноманітності фітопланктону. Майже за всі роки спостережень найбільшою різноманітністю відрізнялися північна та середня частини лиману (індекс Шенону =  $4,6 - 4,4 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$ ), тобто райони змішування вод різного походження. За багато років простежується тенденція до збільшення  $\alpha$  - різноманітності в популяціях фітопланктону на півночі та у центрі лиману, але на південній частині спостерігається зменшення видової різноманітності популяцій.

В 2003–2013 рр. рівень масового цвітіння діатомових водоростей та ціанобактерій коливався від  $26 \text{ кл} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$  до  $440 \text{ кл} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$ . Значне збільшення сумарної чисельності шкідливих видів спостерігали з 2014 р. ( $3070 \text{ кл} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$ ), головним чином за рахунок бурхливого розвитку ціанобактерій.

Зазначено потужний вплив річкового стоку на формування локальних ділянок або фронтів цвітіння фітопланктону на акваторії лиману, котрі значно змінювали якість води. Максимальну біомасу фітопланктону частіше реєстрували на ділянках, які були розташовані поблизу населених пунктів і традиційних

зон рекреації, схильних до евтрофікації внаслідок антропогенного впливу.

Інтервал коливань максимальних величин біомаси мікрowodоростей, що спостерігали впродовж 16 років, становив від  $2,5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$  (2010 р.) до  $231,2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$  (2018 р.). Масовий розвиток фітопланктону впливав на трофічний статус вод лиману, що може слугувати підґрунтям для менеджменту природокористування.

Простежується певна 12-річна циклічність у поступовій зміні кількості видів і індексу Шенону у головних таксонах фітопланктону. Величини індексів видового багатства і різноманітності фітопланктону, а також сумарна біомаса водоростей і ціанобактерій в останні роки (після 2010 року) мають тенденцію до збільшення. Після 2014 р спостерігається тенденція до збільшення рівнів цвітіння фітопланктону на акваторії Дністровського лиману.

Оцінка якості води згідно статусів Водної Рамкової Директиви (Фітопланктон) дозволила зробити висновок, що у більшості зареєстрованих влітку зразків якість води на акваторії лиману знаходилася на рівні «задовільного» стану, але за стандартами національної класифікації якість була значно гіршою – «забруднена» або «гранично брудна» [1, 19].

Дослідження виконано в рамках наукового проекту «Визначити джерела і роль азотного навантаження в евтрофікації водних екосистем Нижнього Дністра і Чорного моря» (науковий керівник канд. біол. наук Ковальова Н.В.), що у 2017 – 2019 рр. фінансує Міністерство освіти і науки України.

Автор висловлює глибоку подяку колегам – співробітникам РЦІМ ОНУ, які на протязі багатьох років здійснювали експедиційні роботи на Дністровському лимані та допомагали в первинній обробці зразків фітопланктону. Особливу подяку автор висловлює науковому керівнику РЦІМ ОНУ, канд. фіз.-мат. наук Медінцю В.І. за зауваження при написанні статті та неухильну увагу до досліджень дністровського фітопланктону.

### Література

1. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. Київ, 2006. 240 с.
2. Газетов Є.І., Медінець В. І., Снігірьов С. М., Конарева О. П. Довгострокові зміни гідролого-гідрохімічного режиму Дністровського лиману влітку 2003–2013 рр. *Лимани північно-західного При-*

- чорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф.. Одеса: ТЕС, 2014. С.78-80.
3. Газетов Є. І., Медінець В. І., Снігірьов С. М. Гідрологічні дослідження Дністровського лиману у 2012–2017 рр. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 1–2 (29), 2018. С. 47–56.
  4. Дерезюк Н. В., Конарева О. П., Молодит О. В. Мониторинговые исследования фитопланктона в Днестровском лимане (2003–2011 гг.). *Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення*: зб. статей за матер. доповідей Всеукраїнської науково-практичної конф. Одеськ. Держ. Екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2012. С.102–105. ISBN 978-966-2389-64-7
  5. Ковалева Н.В., Мединец В.И., Конарева О.И., Мединец С.В. Интегральная оценка трофического состояния водных объектов дельтовой части Днестра. *Современные проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы решения*: материалы III междунар. науч. конф, Херсон, 17–19 мая 2012 г. Херсон, 2012. С. 198–201.
  6. Ковальова Н. В., Медінець В. І., Медінець С. В. Трофічний стан вод Дністровського лиману в літні періоди 2012–2017 рр. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2018* : зб. тез доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції, м.Харків, 18–20 квітня 2018 року. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. С. 103–106.
  7. Дерезюк Н.В. Підсумки багаторічних досліджень структури та біорізноманітності фітопланктону Дністровського лиману в літній період (2003–2014 рр.). *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Сер. Біол., Спец. вип.: Гідроекологія*. 2015. № 3-4 (64). С. 185–188. – ISSN 2078-2357.
  8. Дерезюк Н.В., Конарева О.П., Солтыс И.Е. Летние цветения фитопланктона в Днестровском лимане (2003–2016 гг.). *Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы*: материалы междунар. конф. м.Тирасполь, 26–27 октября 2017 г.. Тирасполь: Есо-TIRAS, 2017. С. 96–100.
  9. Дерезюк Н. В. Разнообразие альгофлоры (фитопланктон) в Днестровском лимане (2012–2013 гг.) *Лимани північно-західного Причорномор'я: сучасний гідроекологічний стан; проблеми водного та екологічного менеджменту, рекомендації щодо їх вирішення*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. м. Одеса, 1–3 жовтня 2014. Одеса, ТЕС, 2014. С. 87–89.
  10. Гаркуша Д. В., Дерезюк Н. В. Літній фітопланктон Дністровського лиману (2013 р.). *Біологічні дослідження – 2014*: зб. наук. праць. V Всеукр. науково-практ. конф. Житомир, 4–5 березня 2014 р. Житомир, Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014. С. 404–406.
  11. Гаркуша Д. В., Дерезюк Н. В. Видовий склад угруповань фітопланктону у водних об'єктах дельти р. Дністер та Дністровського лиману (влітку 2013–2014 рр.). *Біологічні дослідження – 2015*: зб. наук. праць. VI Всеукр. науково-практ. конф., Житомир, 11–12 березня 2015 р. Житомир, Вид-во ПП «Рута», 2015. С. 240–242.
  12. Гаркуша Д. В., Дерезюк Н. В. Популяційні характеристики фітопланктону на акваторії Дністровського лиману влітку (2012–2015 рр.). *Біологічні дослідження – 2016*: Зб. наук. праць. VII Всеукр. науково-практ. конф. Житомир: ПП «Рута», 2016. 339–341 с.
  13. Рябушко Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. Севастополь, ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. 288 с.
  14. Moestrup, Ø.; Akselmann, R.; Fraga, S.; Hoppenrath, M.; Iwataki, M.; Komárek, J.; Larsen, J.; Lundholm, N.; Zingone, A. (Eds) (2009 onwards). IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Accessed at <http://www.marinespecies.org/hab/>
  15. Ignatiades L., Gotsis-Skretas O. A Review on Toxic and Harmful Algae in Greek Coastal Waters (E. Mediterranean Sea). *Toxins* (Basel); 2010. 2(5), 1019–1037. ISSN 2072-6651 [www.mdpi.com/journal/toxins](http://www.mdpi.com/journal/toxins) doi:10.3390/toxins2051019
  16. Методические основы комплексного экологического мониторинга океана. Сб. под ред. А.В. Цыбань. М., Московское отделение Гидрометеиздат, 1988, с. 185 – 200.
  17. Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2019. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org/>; searched on 17 April 2019.
  18. WoRMS Editorial Board (2019). World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2019-04-17. doi:10.14284/170
  19. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Окснюк О.П. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. К.: Наукова думка, 2001. 48 с.

### References

1. Vodna ramkova durekaiva YeS 2000/60/EC (2006) [EU Water Framework Directive 2000/60/EC]. Kyiv, 240 [In Ukrainian].
2. Gazetov, Є.І., Medinec', V.І., Snigir'ov, S.М., Konareva, O.Р. (2014). Dovgostrokovi zmini gidrologodirohimichnogo rezhimu Dnistrovs'kogo limanu vlitku 2003–2013 rr. [Long-term changes in the hydrological and hydrochemical regime of the Dniester estuary in the summer of 2003-2013]. *Vseukraїns'ka naukovo-*

- praktichna konf. "Limani pivnichno-zahidnogo Prichornomor'ya: aktual'ni gidroekologichni problemi ta shlyahi ih virishennya".* Odesa, TES. 78–80. [In Ukrainian].
3. Gazetov, C. I., Medinec', V. I., Snigir'ov, S. M. (2018). Hidrologichni doslidzhennya Dnistrovs'kogo limanu u 2012–2017 rr. [Hydrological investigations of the Dniester estuary in 2012-2017]. *Man and environment. Issues of neoecology.* (29). 47–56. [In Ukrainian].
  4. Derezyuk, N. V., Konareva, O. P., Molodit, O. V. (2012). Monitoringovyie issledovaniya fitoplanktona v Dnestrovskom limane (2003–2011 gg.). [Phytoplankton monitoring surveys in the Dniester estuary (2003-2011)]. Vseukraïns'ka naukovopraktichna konf. "Limani pivnichno-zahidnogo Prichornomor'ya: aktual'ni gidroekologichni problemi ta shlyahi ih virishennya". Odes'k. Derzh. Ekologichnij universitet. Odesa: TES.102–105. ISBN 978-966-2389-64-7 [in Russian].
  5. Kovaleva, N.V., Medinec, V.I., Konareva, O.I., Medinec, S.V. (2012). Integral'naya ocenka troficheskogo sostoyaniya vodnykh ob'ektov del'tovoj chasti Dnestra. [Integral estimation of trophic state of water objects of the delta of the Dniester]. III mezhdunar. nauch. konf. "Sovremennye problemy gidroekologii. Perspektivy, puti i metody resheniya", Herson. 198–201. [in Russian].
  6. Koval'ova, N. V., Medinec', V. I., Medinec', S. V. (2018). Trofichnij stan vod Dnistrovs'kogo limanu v litni periodi 2012–2017 rr. [Trophic condition of the Dniester estuary waters during the 2012-2017 summer periods]. XXI Mizhnarodna naukovopraktichna konferencya "Ekologiya, ohorona navkolishn'ogo seredovishcha ta zbalansovane prirodokoristuvannya: osvita – nauka – virobnictvo – 2018" zb. tez dopovidej, Harkiv: HNU imeni V. N. Karazina. 103–106. [In Ukrainian].
  7. Derezyuk, N.V. (2015). Pidsumki bagatorichnih doslidzhen' strukturi ta bioriznomanitnosti fitoplanktonu Dnistrovs'kogo limanu v litnij period (2003–2014 rr.). [The results of long-term research on the structure and biodiversity of the phytoplankton of the Dniester estuary in the summer period (2003-2014)]. *Nauk. zap. Ternop. nac. ped. un-tu im. V.Gnatyuka. Ser. Biol., Spec. vip.: Hidroekologiya.* 3-4 (64). 185–188. - ISSN 2078-2357. [In Ukrainian].
  8. Derezyuk, N.V., Konareva, O.P., Soltys, I.E. (2017). Letnie cveteniya fitoplanktona v Dnestrovskom limane (2003–2016 gg.). [Summer phytoplankton blooms in the Dniester estuary (2003–2016)]. Mezhdunar. konf. "Integrirovannoe upravlenie transgranichnym bassejnom Dnestra: platforma dlya sotrudnichestva i sovremennye vyzovy". Tiraspol': Eco-TIRAS, 96–100. [in Russian].
  9. Derezyuk, N. V. (2014). Raznoobrazie algoflory (fitoplankton) v Dnestrovskom limane (2012–2013 gg.). [Diversity of algal flora (phytoplankton) in the Dniester estuary (2012–2013)]. Vseukraïns'koï nauk.-prakt. konf. "Limani pivnichno-zahidnogo Prichornomor'ya: suchasnij gidroekologichnij stan; problemi vodnogo ta ekologichnogo menedzhmentu, rekomendacii shhodo ih virishennya". Odesa, TES, 87–89. [in Russian].
  10. Garkusha, D. V., Derezyuk, N. V. (2014). Litnij fitoplankton Dnistrovs'kogo limanu (2013 r.). [Summer phytoplankton of the Dniester estuary (2013)]. V Vseukr. naukovoprakt. konf. "Biologichni doslidzhennya – 2014". Zhitomir, Vid-vo ZHDU im. I. Franka. 404–406. [In Ukrainian].
  11. Garkusha, D. V., Derezyuk, N. V. (2015). Vidovij sklad ugrupuvan' fitoplanktonu u vodnih ob'ekтах del'ti r. Dnister ta Dnistrovs'kogo limanu (vliťku 2013–2014 rr.). [Species composition of phytoplankton groups in the water objects of the Dniester and Dniester estuary delta (summer 2013-2014)]. VI Vseukr. naukovoprakt. konf. "Biologichni doslidzhennya – 2015". Zhitomir, Vid-vo PP «Ruta». 240–242. [In Ukrainian].
  12. Garkusha, D. V., Derezyuk, N. V. (2016). Populyacijni charakteristiki fitoplanktonu na akvatorii Dnistrovs'kogo limanu vliťku (2012–2015 rr.). [Populations of phytoplankton in the Dniester estuary in the summer (2012-2015)]. VII Vseukr. naukovoprakt. konf. Biologichni doslidzhennya – 2016. Zhitomir: PP «Ruta». 339–341. [In Ukrainian].
  13. Ryabushko, L.I. (2003) Potentsialno opasnye mikrovdorosli Azovo-Chernomorskogo bassejna [Potentially dangerous microalgae of the Azov-Black Seas basin]. Sevastopol: EKOSI – Gidrofizika. 288 [In Russian].
  14. Moestrup, Ø.; Akselmann, R.; Fraga, S.; Hoppenrath, M.; Iwataki, M.; Komárek, J.; Larsen, J.; Lundholm, N.; Zingone, A. (Eds) (2009 onwards). IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Accessed at <http://www.marinespecies.org/hab> on 2019-04-17. doi:10.14284/362 [In English].
  15. Ignatiades, L., Gotsis-Skretas, O. (2010). A Review on Toxic and Harmful Algae in Greek Coastal Waters (E. Mediterranean Sea). *Toxins (Basel)*; 2(5), 1019–1037. ISSN 2072-6651 [www.mdpi.com/journal/toxins](http://www.mdpi.com/journal/toxins) doi:10.3390/toxins2051019 [In English].
  16. Tsyban, A.V. (1980). Metodicheskiye osnovy kompleksnogo ekologicheskogo monitoringa okeana [Manual on methods of biological analysis of sea water and sediments]. L.: Gidrometeoizdat, 191 [in Russian].
  17. Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2019). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 17 April 2019. [In English].
  18. WoRMS Editorial Board (2019). World Register of Marine Species. Available at: <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2019-04-17. doi:10.14284/170 [In English].
  19. Romanenko, V.D., Zhukins'kij, V.M., Oksiyuk, O.P. (2001). Metodika vstanovlennya i vikoristannya ekologichnih normativiv yakosti poverhnevih vod sushi ta estuariiv Ukraïni. [Methodology for the establishment and use of environmental quality standards for surface waters and estuaries in Ukraine]. K.: Naukova dumka, 2001. 48. [In Ukrainian].

Надійшла до редакції 22.04.2019

УДК 910.3(477.83)

**О. Р. ПЕРХАЧ**, канд. геогр. наук, доц.

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

вул. Дорошенка 41, м. Львів, 79000, Україна

E-mail: [oxana.perkhach@ukr.net](mailto:oxana.perkhach@ukr.net)

<https://orcid.org/0000-0001-5702-9048>

## АНАЛІЗ РЕСУРСІВ ВОДОСХОВИЩ ТА СТАВКІВ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Мета.** Подати різноаспектну характеристику водосховищ і ставків Львівщини. **Методи.** Загальноприйняті методи і методики природничо-географічних та гідролого-географічних досліджень. Використовуються також підходи, прийняті у дослідженнях з проблематики раціонального природокористування. **Результати.** Обґрунтовується актуальність географічних досліджень водосховищ і ставків, які є підсистемою водних ресурсів регіону. У Львівській області нараховується 20 водосховищ (в Україні – 968 водосховищ). У межах річкового басейну Дністра знаходиться 55 %, Західного Бугу – 25 % і Сяну 20 % від усіх водосховищ Львівщини. За кількістю ставків Львівська область займає четверте місце в Україні. Всього у регіоні нараховується 3085 ставків. Ці водойми – водосховища та ставки, мають велике господарське значення, а також є важливими для водності території. **Висновки.** Для підтримання нормального функціонування водосховищ і ставків вкрай потрібні їхні всебічні природничо-географічні, зокрема гідролого-географічні дослідження.

**Ключові слова:** гідролого-географічні дослідження, водні ресурси, водосховища, ставки, Львівська область

**Perkhach O. R.**

*Ivan Franko National University of Lviv*

## ANALYSIS OF WATER RESERVOIRS AND PONDS RESOURCES IN THE LVIV REGION

**Purpose.** The main purpose is to give integrated characteristics of the reservoirs and ponds located in Lviv region. **Methods.** Methodology and methods of natural geographical and hydro-geographical researches are used. **Results.** There is no clear difference between the reservoir and the pond. It is conditionally assumed that an artificial reservoir with a volume of up to 1 million m<sup>3</sup> is a pond, and with larger volume is a reservoir. In the Lviv region there are 20 reservoirs (in Ukraine there are 968 reservoirs). Within the river basin of the Dniester there is 55%, the Western Bug - 25% and Xian 20% of all reservoirs in Lviv region. In the low ground administrative districts, the largest reservoirs are located in Horodok and Yavorivsky Region - five. According to the number of ponds, Lviv region takes the fourth place in Ukraine. The region has in general 3085 ponds. The largest amount of ponds is located in the Dniester basin - 54%, 23% and 16%, respectively, in the basins of the Western Bug and Xian. The smallest amount (7%) of the ponds is located in the Styr's basin. According to the low ground administrative districts, the highest number of ponds is in Yavoriv - 353 and Horodok and Drohobych region, 217 and 216 respectively. In general, an average of 0.56 hectares (in neighboring regions of 0.12-0.20 hectares) of the water surface of artificial reservoirs is in km<sup>2</sup> of Lviv Oblast. As we see, Lviv region is two to three times the neighboring regions over this indicator. Of the total volume of reservoirs and ponds per person in the oblast, there are 71.8 m<sup>3</sup> of water per year. These reservoirs and ponds have of great economic importance, and they also are important for water content of the territory. **Conclusions.** In order to maintain the proper functioning of reservoirs and ponds, their comprehensive, in particular, geographic research is extremely necessary.

**Key words:** hydro-geographical research, water resources, reservoirs, ponds, Lviv region

**Перхач О. Р.**

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко*

## АНАЛИЗ РЕСУРСОВ ВОДОХРАНИЛИЩ И ПРУДОВ ЛЬВОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Цель.** Целью данной статьи является разноаспектная характеристика водохранилищ и прудов Львовщины. **Методы.** Общепринятые методы и методики естественно-географических и гидролого-географических исследований. **Результаты.** Обосновывается актуальность географических исследований водохранилищ и прудов, которые являются подсистемой водных ресурсов региона. Во Львовской области насчитывается 20 водохранилищ (в Украине – 968 водохранилищ). В пределах речного бассейна Днестра находится 55 %, Западного Буга – 25 % и Сана 20 % всех водохранилищ Львовщины. По количеству прудов Львовская область занимает четвертое место в Украине. Всего в регионе насчитывается



3085 прудов. Эти водоемы – водохранилища и пруды, имеют большое хозяйственное значение, а также являются важными для водности территории. **Выводы.** Для поддержки нормального функционирования водохранилищ и прудов крайне необходимы ихние всеобщие естественно-географические, в частности гидролого-географические исследования.

**Ключевые слова:** гидролого-географические исследования, водне ресурсы, водохранилища, пруды, Львовская область

### *Вступ*

Водосховища і ставки відносяться до специфічних об'єктів водних ресурсів. Більшість водосховищ і ставків є антропогенного походження. Для Львівської області, через її сухопутні властивості, вони мають особливе значення. Це значення посилюється контрастністю природних умов регіону – гори, передгір'я, рівнина. Поняття водні ресурси охоплює всі води нашої планети. Вони у широкому розумінні складаються з вод Світового океану та поверхневих (річки, озера, водосховища, ставки) і підземних вод суходолу, а також вод, зосереджених у льодовиках, заболочених і перезволожених ґрунтах, атмосфері. У вузькому розумінні до поняття водні ресурси належать поверхневі та підземні води певної території й акваторії, придатні для використання у сільському господарстві і промислового виробництва та для задоволення комунально-побутових потреб населення [7, с. 15]. У сучасних умовах суттєво зростає значення водосховищ і ставків. Зумовлено це тим, що в багатьох районах вони утворюють ядра, навколо яких формуються рекреаційні комплекси. Водосховища і ставки відіграють велику роль в оздоровленні та відпочинку людей.

Водосховища та ставки створено людиною для регулювання стоку з метою господарського використання поверхневих вод. Зокрема для енергетики, водного транспорту, водопостачання, зрошення, риборозведення та рекреації. Вони впливають на гідрологічний режим рік і озер та на мікроклімат прилеглих територій. Використання штучних водойм – водосховищ і ставків здійснюється, переважно, залежно від водності і господарської спеціалізації регіонів. На півдні і в центральних маловодних районах штучні водойми використовуються головним чином для водопостачання, зрошення і риборозведення. В північній частині –

в зоні надмірного зволоження, вони є водоприймачами осушувальних систем, джерелами водопостачання і зволоження, використовуються для риборозведення і рекреації. На Прикарпатті їх головне призначення – водопостачання, гідроенергетика, риборозведення, протипаводковий захист [2, с. 31].

Низка праць з даної проблематики належить вченому-географу Ільїну Л. В. Він, зокрема зазначає, що озера та штучні водойми є ключовими об'єктами рекреації, що формують так звані озерні рекреаційні території (місця відпочинку, рекреаційні зони). Кількість водойм, їх морфометричні характеристики, естетична цінність узбереж є вихідними величинами визначення рекреаційної ємності зони й рекреаційного навантаження на об'єкти [4, 5].

Половка О. проаналізував основні етапи та напрямки формування наукових досліджень гідрології суші на прикладі історії будівництва водосховищ в Україні. Наукові здобутки при вивченні водосховищ спонукали подальший розвиток різних напрямків гідрологічних досліджень у географічній науці [10, с. 173].

Темі аналізу та використання ресурсів водосховищ та ставків Львівської області присвячено відносно небагато публікацій. Зовсім нещодавно вийшли наші дві праці з даної проблематики [8, 9].

**Метою** статті є подати різноаспектну геопросторову характеристику водосховищ і ставків Львівщини. Ставиться також завдання проаналізувати використання ресурсів водосховищ і ставків, зокрема в аспекті раціонального природокористування.

У статті застосовані загальноприйняті **методи** і методики природничо-географічних, зокрема гідролого-географічних досліджень. Використовуються також підходи, прийняті у дослідженнях з проблематики раціонального природокористування.

### *Результати досліджень*

Ставки і водосховища Львівської області належать до басейнів трьох рік – Дністра, Західного Бугу і Сяну. Дністер впадає

у Чорне море. Останні дві ріки – притоки Вісли, яка відноситься до басейну Балтійського моря.

У Львівській області, як і в Україні загалом, досить поширені штучні водойми – ставки та водосховища. Це найбільші гідротехнічні споруди Львівщини. Чіткої відмінності між ставком і водосховищем немає. Умовно прийнято, що штучна водойма об'ємом до 1 млн м<sup>3</sup> – це ставок, а з більшим – водосховище [7, 11]. Ці водойми велике господарське значення, а також є важливими для водності території.

Водосховища – це водні об'єкти техногенного походження. У Львівській області налічується 20 водосховищ (в Україні – 968 водосховищ). Це такі водосховища: Андріанівське, Велико-Любінське, Гамалівське, Городоцьке, Добротвірське, Дроздовичьке, Завадівське, Золочівське, Краковецьке, Отиневицьке, Солокійське, Трускавецьке, Унятицьке, Черлянське, Щирецьке, Янівське, Стебниківське, Малий Гноянець, Великий Гноянець і Недільчинське. В області вони розташовані в басейнах річок Дністра, Західного Бугу та Сяну. Загальний об'єм води у них 67,59 млн м<sup>3</sup>, площа водного дзеркала 3288 га. Розподіл водосховищ Львівщини нерівномірний (табл. 1). Найбільше водосховищ розташовано у Городоцькому та Яворівському районах (по 5 штук). Всі вони збудовані у долинах здебільшого малих річок і належать до напірного та наливного типів [12].

До найбільших водосховищ належить Унятицьке (повна ємність 9,59 млн м<sup>3</sup>) на водотоці Бар (басейн річки Дністер). Площа дзеркала 1,23 км<sup>3</sup>. Призначене водосховище для регулювання поверхневих вод. Відомчо водосховище належить до Дрогобицького УВГ. Другим за розміром є Добротвірське водосховище (повна ємність 14,65 млн м<sup>3</sup>) на р. Західний Буг (басейн річки Західний Буг). Площа дзеркала становить 6,96 км<sup>3</sup>. Призначене водосховище для технічних потреб. Відомчо водосховище належить до Добротвірської ТЕС. Третім за розмірами є Завадівське водосховище (повна ємність 8,8 млн м<sup>3</sup>) на р. Завадівка (басейн річки Сян). Площа дзеркала становить 3,95 км<sup>3</sup>. Призначення водосховища для водопостачання для технічних потреб. Відомчо водосховище належить до Екотрансенерго.

Головне призначення водосховищ Львівської області – технічне, питне водопостачання, риборозведення, протиповене-

вий захист і зволоження та рекреація. Експлуатація водосховищ відбувається відповідно до розроблених правил експлуатації. Основний документ, згідно з яким розроблено Правила, – «Порядок встановлення режимів роботи каскадів ставків та водосховищ на малих річках України» НД 33-5.2-04-2008.

Використання водних ресурсів водосховищ Львівщини визначається з урахуванням пріоритетів водоспоживання та водокористування, тобто: виробництво електроенергії, зволоження меліорованих земель, промислове рибальство, санітарно-екологічні пропуски та рекреація, любительське і спортивне рибальство.

Відповідно до функціональних повноважень облводресурси та управління водного господарства ведуть контроль за дотриманням режиму роботи водосховищ і станом гідротехнічних споруд. Щорічно, перед початком весняної повені, фахівці водогосподарських організацій спільно з балансоутримувачами проводять обстеження ГТС стосовно їхньої надійності виконання протиповеневої (акумулювальної) функції.

У межах адміністративно-територіальних районів і міст обласного підпорядкування водосховища розташовані нерівномірно. На території Львівської області три водосховища (15 %) перебувають на балансі водогосподарських організацій, переданих в оренду водосховищ – немає.

За басейнами головних річок водосховища зосереджені так: Дністер – 11, Західний Буг – 5, Сян – 4 водосховища. У межах району річкового басейну Дністра розташовано 55 % від водосховищ Львівської області; на район річкового басейну Вісли (Західного Бугу) припадає 25 % від водосховищ.

Ставки доповнюють гідрографічну мережу Львівської області. За кількісними показниками щодо ставків Львівська область займає четверте місце в Україні. Станом на 1 січня 2016 р. згідно з проведеними обстеженнями та аналізом, працівники правління водного господарства виявили, що на території Львівщини налічується 3085 став-

Таблиця 1

Характеристика найбільших водосховищ Львівської області (складено за: [12]. Подається характеристика водосховищ з площею водного дзеркала більше, ніж 1,3 км<sup>2</sup>)

№ з/п	Територія Розташування (адміністративний район, населений пункт)	Назва водосховища	Водотік, на якому створено водосховище	Ємність, млн м <sup>3</sup>		Площа дзеркала НІР, км <sup>2</sup>	Призначення	Відомча належність		Наявність паспорта, коли і ким видано	Наявність правил експлуатації, коли і ким затверджено
				повна	корисна			Водосховища	Гідротехнічні споруди		
<b>Басейн річки Дністер</b>											
1	Городоцький р-н смт В.Любінь	Великоло-бінське	Верещиця	1,84	1,69	1,3	Рибо-розведення	НДІРГ смт. Вел.Любінь	НДІРГ смт. Вел.Любінь	1985 Львівдипровод-госп	2014 Львівське облводресурсів
2	Городоцький р-н с.Дроздовичі	Дроздовицьке	Верещиця	4,47	4,35	3,63	Рибо-розведення	Львівський облриб-комбінат	Львівський облриб-комбінат	1985 Львівдипровод-госп	2009 Львівський облводгосп
3	Яворівський р-н с. Ів.Франкове	Янівське	Верещиця	2,77	2,7	2,07	Рибо-розведення	Львівський облриб-комбінат	Львівський облриб-комбінат	1985 Львівдипровод-госп	2008 Львівський облводгосп
4	Жидачівський р-н с. Отиневичі	Отиневиське	Луг	1,46	1,46	1,97	Рибо-розведення	Львівський облриб-комбінат	Львівський облриб-комбінат	1983 Львівдипровод-госп	2009 Львівський облводгосп
	<b>Всього по басейну</b>			<b>30,85</b>	<b>27,74</b>	<b>15,29</b>					
<b>Басейн річки Західний Буг</b>											
5	Кам.-Бузький р-н с.Ст.Добротвір	Добротвір-ське	Зх.Буг	14,6	12,4	6,96	Водопоста-чання для технічних потреб	ТЕС	ТЕС	-	2009 Львівський облводгосп
6	Сокальський р-н с. Корчів	Соколійське	Солокія	3,5	2,18	1,36	Зрошення та зволоження сільськогосподарських культур	Сокальське УВГ	Сокальське УВГ	2013 Львівське облводресурсів	2013 Львівське облводресурсів
	<b>Всього по басейну</b>			<b>22,32</b>	<b>17,17</b>	<b>10,72</b>					
<b>Басейн річки Сян</b>											
7	Яворівський р-н с. Грушів	Завадівське	Завадівка	8,8	8,3	3,95	Водопоста-чання для технічних потреб	-	Екотрансенерго	2007 Львівський облводгосп	2007 Львівський облводгосп
	<b>Всього по басейну</b>			<b>14,42</b>	<b>12,93</b>	<b>6,87</b>					
	<b>Всього по області</b>			<b>67,59</b>	<b>57,84</b>	<b>32,88</b>					

ків (в Україні – 28,8 тис. ставків) загальною площею водного дзеркала 9,12 тис. га (в Україні 2,2 тис. км<sup>2</sup>). У користуванні перебуває 1456 ставків загальною площею водного дзеркала 6,26 тис. га, що становить 47 % від загальної кількості ставків в області та 69 % від площі водного дзеркала ставків.

У межах Львівської області найбільша кількість ставків розташована у Яворівському (353), Городоцькому (217), Дрогобицькому (216) і Пустомитівському (204) районах (табл. 2). Найбільшу площу ставки займають у Яворівському (1437,59 га) Миколаївському (1080,9 га) і Городоцькому (822, 43 га) районах [13].

Найбільша кількість ставків у басейні річки Дністер, що становить 54 % від загальної кількості ставків в області, 23% та 16% відповідно ставків у басейні Західного Бугу та Сяну. Найменший відсоток (7%) ставків у басейні Стира.

На території Львівської області переважають заплавні та руслові ставки. До найвідоміших ставків належать Городоцькі та Комарнівські – в долині річки Верещиця, Рудниківські, Ходорівські – в басейні р. Дністер, Ранівські – в в басейні р. Болозівка, Крехівські – в басейні р. Свіча та ставки в долині р. Серет.

Найчисленніша група водойм Городоччини – невеликі ставки, копанки, створені людьми. Їх можна виявити практично біля кожного населеного пункту або у його межах. Об'єм води ставків Городоцького району – понад 150 тис. м<sup>3</sup>. Вони виникли на місці старих торфорозробок або видобування піску, глини та вапняків. У межах району є понад 100 ставків різної величини та різного призначення. Це насамперед ставки державних рибних господарств Україн-

ського науково-дослідного інституту рибного господарства загальною площею водного дзеркала 1314,2 га, які розміщені в долині р. Верещиці. Таких ставків є понад 50. За своїм розташуванням вони об'єднані у вісім груп, які мають такі збірні назви – Дроздовицький – 363 га, Городоцький – 100 га, Черлянський – 85 га, Великолюбінський – 250 га, Катериницький – 209 га, Комарнівський – 165 га, Остроріг (Андріянівський) – 104 га, Новосільсько-Підзвіринецький (Риболовки) – 37,5 га. Більшість з них складається з групи ставків, розділених греблями. Наприклад, Катериницький став об'єднує групу ставків: Волиця, Горішній, Горбуля, Катериничі, Завада, Пісок, Пасовисько та кілька менших. До складу Комарнівського ставу входять: Карасівка, Горішній, Середній, Дільний і Пересадка.

Великолюбінський став є дослідною базою Українського науково-дослідного інституту рибного господарства, об'єднує чотири великі нагульні стави і 30 малих дослідних ставків.

Другу велику групу ставків Городоцького району становлять 59 ставків загальною площею 253,1 га, які були створені селянськими спілками та меліоративними організаціями для раціонального використання вод малих річок і струмків. З них 26 призначалися для водопостачання, 15 – для комплексного використання, 11 – для розведення риби, 7 – для захисту ґрунтів від ерозії. За місцем розташування 42 ставки є у долинах річок і струмків і 17 – у балках. Ці ставки у населених пунктах району або недалеко від них – Добряни, Завидовичі, Зашковичі, Мильчиці, Лісковичі, Переможене, Родатичі, Тулиголови та ін.

### Висновки

Загалом, у середньому на 1 км<sup>2</sup> площі Львівської області припадає 0,56 га (у сусідніх областях 0,12-0,20 га) водної поверхні штучних водойм. Із сумарного об'єму водосховищ і ставків на одну людину області припадає 71,8 м<sup>3</sup> води в рік. У межах річкового басейну Дністра знаходиться 55 %, Бугу (Західного) – 25 % і Сяну 20 % від усіх водосховищ Львівщини. Найбільше водосховищ розташовано у Городо-

цькому та Яворівському районах – по п'ять. За чисельністю ставків Львівська область займає четверте місце в Україні. Найбільша кількість ставків знаходиться у Яворівському – 353 та Городоцькому (217) і Дрогобицькому (216) районах. Замуленість ставків становить 10-30 % від їхнього об'єму. Ставки живляться поверхневими та підземними стоками.

Таблиця 2

Наявність і використання ставків в адміністративному розрізі (Складено за: [13])

№ з/п	Адміністративний район	Кількість ставків		Площа ставків,		Перебувають у користуванні, ставків, шт./га				Кількість ставків, на які укладено договори оренди водного об'єкта, шт./їх площа, га
		всього, шт.	%	га	%	всього, у тому числі:	у власності	постійному користуванні	оренді	
1	Бродівський	123	4,0	730,13	8,0	82/592,19	-	56/415,2	26/176,99	26/176,99
2	Буський	50	1,6	288,65	3,2	28/256,72	-	12/126,3	16/130,42	13/114,16
3	Городоцький	217	7,0	822,43	9,0	76/639,34	10/5,78	17/432,31	49/201,25	33/134,68
4	Дрогобицький	216	7,0	270,92	3,0	73/109,52	14/3,78	49/45,91	10/59,83	10/59,83
5	Жидачівський	139	4,5	246,39	2,7	48/168,49	1/0,25	19/126,82	28/41,42	8/3,54
6	Жовківський	195	6,3	659,48	7,2	183/663,03	5/1,8	57/206,34	121/454,89	55/191,76
7	Золочівський	124	4,0	270,34	3,0	35/91,61	7/1,84	6/5,63	22/84,14	22/84,14
8	Кам'янка-Бузький	129	4,2	329,35	3,6	82/210,88	22/44,34	10/26,14	50/140,4	22/61,27
9	Миколаївський	186	6,0	1080,9	11,8	106/910,03	21/9,4	5/268,1	80/632,53	43/118,87
10	Мостиський	142	4,6	213,45	2,3	62/105,5	-	46/79,12	16/26,38	16/26,38
11	Пустомитівський	204	6,6	465,66	5,1	91/272,17	4/5,46	13/18,46	74/248,25	35/130,91
12	Перемишлянський	115	3,7	219,6	2,4	80/177,47	25/2,71	-	55/174,76	48/141,9726
13	Радехівський	121	3,9	716,12	7,8	50/302,88	8/79,6	7/44,04	35/179,24	36/189,26
14	Самбірський	183	5,9	263,81	2,9	26/42,95	2/0,56	15/12,56	9/29,83	24/42,3866
15	Сколівський	45	1,5	4,76	0,1	42/2,9	3/0,6	14/1,2	25/1,1	25/1,1
16	Сокальський	144	4,7	305,5	3,3	31/102,44	-	6/37,9	25/64,54	21/50,58
17	Старосамбірський	182	5,9	222,3	2,4	50/93,87	5/4,4	35/79,61	10/9,856	10/9,8564
18	Стрийський	184	6,0	562,54	6,2	136/505,08	14/5,44	92/438,8	30/60,84	30/60,84
19	Турківський	33	1,1	14,81	0,2	9/5,68	-	-	9/5,68	9/5,68
20	Яворівський	353	11,5	1437,59	15,8	166/1004,05	11/1,28	106/711,35	49/291,42	16/167,7956
	<b>Всього по області</b>	<b>3085</b>	<b>100,0</b>	<b>9124,74</b>	<b>100,0</b>	<b>1456/6256,79</b>	<b>152/167,24</b>	<b>565/3075,792</b>	<b>739/3013,763</b>	<b>502/1772,0012</b>

### **Література**

1. Водне господарство в Україні / За ред. А. В. Яценка, В. М. Хорєва. К.: Генеза, 2000. 456 с.
2. Водний фонд України: Штучні водойми – водосховища і ставки: довідник / За ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня. К.: Інтерпрес, 2014. 164 с.
3. Садовий В., Крута Н., Вишневський В. Водогосподарський комплекс Львівської області. *Водне господарство України*. Київ, 2014. № 1 (109). С. 19-23.
4. Льїн Л. В. Озера та штучні водойми Західного регіону України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. К.: ВГЛ «Обрії», 2005. Т. 7. С. 213-218.
5. Льїн Л. В. Ставки України: ресурси й особливості поширення. *Наукові записки Вінницького держ. пед. ун-ту імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія*, 2007. Вип. 13. С. 89-94.
6. Козловський Б. І., Садовий В. М., Крута Н. С. Водні ресурси Львівської області. Львів: ЗУКЦ, 2013. 100 с.
7. Кукурудза С. І., Перхач О. Р. Використання та охорона водних ресурсів. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 304 с.
8. Перхач О. Р. Використання ресурсів водосховищ та ставків Львівської області. *Природні ресурси регіону: проблеми використання, ревіталізації та охорони*: матер. міжнар. наук. сем. (Львів, 5-7 жовтня 2018 р.). Львів, 2018. С. 282-287.
9. Перхач О. Р. Озера й водойми Львівської області. Львівська область: природні умови та ресурси. За ред. М. М. Назарука. Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. С. 204-210.
10. Половка О. Основні етапи та напрями формування наукових досліджень гідрології суші (на прикладі історії будівництва водосховищ в Україні). *Вісник Київського нац. ун-ту імені Т. Шевченка. Серія: Географія*, 2017. С. 169-173.
11. Шищенко П. Г., Гавриленко О. П. Геоекологія: термінологічно-тлумачний словник. Київ: Дірект Лайн, 2016. 412 с.
12. Водосховища Львівської області. URL: <http://deplv.gov.ua/diialnist-departamentu/vodni-resursy/vodoskhovyshcha> (дата звернення: 05.01.2019).
13. Стави Львівської області. URL: <http://lviv.davr.gov.ua/sites/default/files/files> (дата звернення: 05.01.2019).

### **References**

1. Jacyk A. V, Khorev V. M. (2000). *Vodne hospodarstvo v Ukraini*. [Water management in Ukraine]. Kyiv.: Heneza. 456 [in Ukrainian].
2. Khil'chevs'kyi V. K., Hreben V. V. (2014). *Vodnyj fond Ukrainy: Shtuchni vodojmy – vodoskhovyshcha i stavky: Dovidnyk*. [Water Fund of Ukraine: Artificial reservoirs - reservoirs and ponds: a guide]. Kyiv: Interpres, 164 [in Ukrainian].
3. Sadovyy V., Kruta N., Vyshnevskyy V. (2014). *Vodohospodarskyj kompleks Lvivskoji oblasti* [The water management complex of the Lviv region.]. *Vodne hospodarstvo Ukrainy: Naukovo-vyrobnychyy zhurnal*. 1 (109). 19-23 [in Ukrainian].
4. P'jin L. V. (2005). *Ozera ta shtuchni vodojmy Zachidnoho rehionu Ukrainy*. [Lakes and artificial reservoirs of the Western region of Ukraine]. *Hidrolohija, hidrokhimija i hidroekolohija*. Kyiv: VHL "Obriji". 7. 213-218 [in Ukrainian].
5. P'jin L. V. (2007). *Stavky Ukrainy: resursy j osoblyvosti poshyrennja* [Ukraine's rates: resources and peculiarities of distribution]. *Naukovi zapysky Vinnyckoho derzh. ped. un-tu imeni Mykhajla Kocjubynskoho. Serija: Geohrafija*, (13). 89-94 [in Ukrainian].
6. Kozlovskyy B. I., Sadovyy V. M., Kruta N. S. (2013). *Vodni resursy Lvivskoji oblasti*. [Water resources of the Lviv region]. Lviv: ZUKC. 100 [in Ukrainian].
7. Kukurudza S. I., Perkhach O. R. (2009). *Vykorystannja ta okhorona vodnykh resursiv* [Use and protection of water resources]. Lviv: LNU imeni Ivana Franka, 304 [in Ukrainian].
8. Perkhach O. R. (2018). *Vykorystannja resursiv vodoskhovyshch ta stavkiv Lvivskoji oblasti* [Use of resources of reservoirs and ponds of Lviv region ]. *Pryrodni resursy rehionu: problemy vykorystannja, revitalizacii ta okhorony: mater. mizhnar. nauk. seminar. Lviv, 5-7 zhovtnja 2018 r.* Lviv. 282-287 [in Ukrainian].
9. Perkhach O. R. (2018). *Ozera j vodojmy Lvivskoji oblasti* [Lakes and reservoirs of Lviv region ]. *Lvivska oblast: pryrodni umovy ta resursy*. Lviv: Vydavnytstvo Staroho Leva. 204-210 [in Ukrainian].
10. Polovka O. (2017). *Osnovni etapy ta naprjamky formuvannja naukovykh doslidzhen hidrolohiji sushi (na prykladi istoriji budivnytva vodoskhovyshch v Ukraini)* [Main stages of that directions for forming the research hydrology of sush (on the example of the history of the construction of reservoirs in Ukraine)]. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Geography*, 3-4 (68-69), 169-173 [in Ukrainian].
11. Shyshchenko P. H., Havrylenko O. P. (2016). *Geoekolohija: terminolohichno-tlumachnyj slovnyk*. [Geoeology: a terminological and explanatory dictionary]. Kyiv: Direkt Lajn, 412 [in Ukrainian].
12. *Vodoskhovyshcha Lvivskoji oblasti*. (2019). Available at: <http://deplv.gov.ua/diialnist-departamentu/vodni-resursy/vodoskhovyshcha>
13. *Stavky Lvivskoji oblasti*. (2019). Available at: <http://lviv.davr.gov.ua/sites/default/files/files>

Надійшла до редколегії 08.02.2019

# ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 56.545

Н. А. БЕРЛИНСКИЙ<sup>1</sup>, д-р геогр. наук, проф., М. А. САГАЙДАК<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одесский государственный экологический университет

г. Одесса ул. Львовская, 15, м. Одесса, 65016, Украина

E-mail: [nberlinsky@ukr.net](mailto:nberlinsky@ukr.net),

<https://orcid.org/0000-0002-4576-4958>

[mdzno.survey@gmail.com](mailto:mdzno.survey@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-2942-7625>

## ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ЗАИЛЕНИЯ ПОДХОДНОГО КАНАЛА ПОРТА АЗОВСТАЛЬ (Г. МАРИУПОЛЬ, УКРАИНА)

**Цель.** Физико-химические процессы устьевоего взморья крупных рек, к каким относятся Дон и Кубань, лимитируют транспортные возможности основных портов Азовского моря в результате заносимости непрерывно поступающим взвешенным веществом. Падение глубин в акваториях портов и подходных каналах одна из ключевых проблем функционирования портов. С нуждами судоходства неразрывно связаны дноуглубительные работы и дампинг извлекаемого грунта также как само судоходство связано с нуждами мирового хозяйства. Как невозможно отказаться от судоходства, так невозможно отказаться и от своевременного проведения дноуглубительных работ. По этой причине цель работы состоит в возможной оценке производства дноуглубительных работ для перспектив эксплуатации устьевых портов Украины в Азовском море. Цель работы состоит в оценке заиления подходных каналов для перспектив эксплуатации устьевых портов Украины в Азовском море и планирования производства дноуглубительных работ в будущих периодах. **Методы.** Выполнен сравнительный анализ современных гидрометеорологических условий, в том числе доминирующее влияние ветровой деятельности, скорость и направление течений по фактическим данным, прозрачность морской воды, расходы р. Кальмиус. Были изучены доступные снимки спутников дистанционного зондирования Земли компании DigitalGlobe и данные результатов дноуглубления, которое периодически выполнялось для поддержки глубин на морском подходном канале в акваторию порта. Также использованы современные и ретроспективные данные батиметрических съемок с применением технологий ГИС обработки для сопоставления результатов, а также стандартные методики статистической обработки данных. **Результаты.** За рассматриваемый период были изучены снимки спутников дистанционного зондирования Земли компании DigitalGlobe. Было выявлено антропогенное влияние на глубины в исследуемом районе. Для сравнения глубин в районе эстуария реки Кальмиус были определены точки (позиции промерного поста) сравнения глубин на постоянных профилях подходного канала порта Азовсталь. Анализ данных прямых измерений и графического материала показал устойчивое падение глубин, т.е. перманентное заиление морского подходного канала. При этом, прямой статистической зависимости между падением глубин и объемом поступающих взвешенных веществ со стоком р. Кальмиус не отмечено. Достаточно очевидно, что основной вынос и седиментацию взвешенных веществ в данном районе определяет сток р. Дон, несопоставимо больший по сравнению с объемом стока р. Кальмиус, т.е. верхняя граница максимальной седиментации 5–7 % совпадает с районом исследуемой акватории, где теоретически следует ожидать аккумуляцию донных отложений. **Выводы.** При сравнении стока р. Кальмиус с глубинами на подходном канале порта Азовсталь, в районе эстуария реки, не выявлено достоверной статистической связи. Необходим более длительный период получения данных для сравнения стока р. Кальмиус с глубинами на подходном канале порта Азовсталь для выявления взаимосвязей и тенденций. Сток р. Дон значительно деформирован под воздействием антропогенных факторов и искомые закономерности могут быть определены исключительно по данным прямых измерений, которые достаточно лимитированы. Тем не менее, сокращение стока и, тем самым, прямое влияние на заносимость исследуемой акватории определяет необходимость и технологическую доступность выполнения дноуглубительных работ при значительно меньших затратах на современном этапе.

**Ключевые слова:** Азовское море, речной сток, процесс заиления устьевых портов Украины

**Berlinsky N. A., Sahaidak M. O.**

*Odessa State Environmental University*

#### **THE ESTIMATION OF THE MAIN SILTING FACTORS IN THE MARINE ARTIFICIAL CHANNEL OF THE PORT OF AZOVSTAL (MARIUPOL, UKRAINE)**

**Purpose.** The physico-chemical processes in river mouth area, which include the Don and Kuban rivers, limited the transport capacity of the main ports of the Sea of Azov as a result of the silting by suspended matter by the river runoff. The fall of the depths in the the ports and marine channels is one of the key problems of the functioning of the ports. Dredging works and dumping linked with shipping as well as shipping linked with the world economy. It is impossible to abandon shipping, as well it is impossible to abandon the dredging and dumping. For this reason, the purpose of the work is to assess the optimal dredging works for the exploitation of the ports of Ukraine in the Sea of Azov. **Methods.** The comparative analysis of modern hydrometeorological conditions, including the dominant influence of wind activity, the velocity and the direction of currents according to actual data, the transparency of sea water, the runoff the river Kalmius had been done. The available images of DigitalGlobe's remote sensing satellites and dredging results, which were periodically performed to support the depths on the sea marine channel to the port water area, were examined. Modern and retrospective data of bathymetric surveys using GIS processing technologies for comparing the results, as well as standard methods of statistical data processing were also used. **Results.** During the investigated period, the images of the Earth's remote sensing satellites from DigitalGlobe were studied. An anthropogenic impact to the silting in the study area was revealed (the turning point between 0 km of the marine channel of the port and the shallow water area of the port of Azovstal). For compare the depths in the investigated area which is under the the river Kalmius influence positions of the surveyed post had been established. As result of analysis of direct measurement data and graphic material the permanent silting of the marine channel was not established as well as the direct statistical relationship between the silting and the river run incoming with suspended matter with Kalmius river. The main process of sedimentation determines by the Don river. The upper limit of maximum sedimentation is 5–7 %, coincides with the investigated area, where theoretically one should expect the process of accumulation of bottom sediments. **Conclusion.** The result of comparing Kalmius river runoff with depths in the marine channel of the port of Azovstal, in the area of area of river mouth, revealed there is not representative statistical relationship. It is necessary monitoring data for a long period of data for representative comparing the runoff Kalmius river and silting processes. In modern period the runoff of the Don river is significantly deformed under the influence of anthropogenic factors and the representative statistical estimation have to be done using only the direct measurements, which are fairly limited. Nevertheless, the reduction of Don river runoff and, thus, the direct impact on the recording capacity of the studied water area determines the need for and technological accessibility of dredging at a significantly lower the cost of works at the present stage.

**Key words:** Sea of Azov, river runoff, silting, Azovstal port, river mouth area

**Берлінський М. А., Сагайдак М. О.**

*Одеський державний екологічний університет*

#### **ОЦІНКА ГОЛОВНИХ ЧИННИКІВ ЗАМУЛЕННЯ ПІДХІДНОГО КАНАЛА ПОРТУ АЗОВСТАЛЬ (М. МАРІУПОЛЬ, УКРАЇНА)**

**Мета.** Фізико-хімічні процеси гирлового узмор'я великих річок, до яких відносяться Дон і Кубань, лімітують транспортні можливості основних портів Азовського моря в результаті заносимості зваженою речовиною, що безперервно надходить. Падіння глибин в акваторіях портів і на підхідних каналах одна з ключових проблем функціонування портів. З потребами судноплавства нерозривно пов'язані днопоглиблювальні роботи і дампінг ґрунту, що витягується, також як саме судноплавство пов'язане з потребами світового господарства. Як неможливо відмовитися від судноплавства, так неможливо відмовитися і від своєчасного проведення днопоглиблювальних робіт. З цієї причини мета роботи полягає в можливій оцінці виробництва днопоглиблювальних робіт для перспектив експлуатації гирлових портів України в Азовському морі. Мета роботи полягає в оцінці замулювання підхідних каналів для перспектив експлуатації гирлових портів України в Азовському морі і планування днопоглиблювальних робіт у майбутніх періодах. **Методи.** Виконано порівняльний аналіз сучасних гідрометеорологічних умов, в тому числі домінуючий вплив вітрової діяльності, швидкість і напрямок течій за фактичними даними, прозорість морської води, витрати р. Кальміус. Були вивчені доступні знімки супутників дистанційного зондування Землі компанії DigitalGlobe і дані результатів днопоглиблення, яке періодично виконувалося для підтримки глибин на морському підхідному каналі в акваторію порту. Також використані сучасні та ретроспективні дані батиметричних зйомок із застосуванням технологій ГІС обробки для зіставлення результатів, а також стандартні методики статистичної обробки даних. **Результати.** За розглянутий період були вивчені знімки супутників дистанційного зондування Землі компанії DigitalGlobe. Було виявлено антропогенний вплив на глибини в досліджуваному районі. Для порівняння глибин в районі естуарію річки Кальміус були визначені точки (позиції промірного поста) порівняння глибин на постійних профілях підхідного каналу порту Азовсталь. Аналіз даних прямих вимірювань і графічного матеріалу показав стійке падіння



глибин, тобто перманентне замулення морського підхідного каналу. При цьому, прямої статистичної залежності між падінням глибин і обсягом надходження зважених речовин зі стоком р. Кальміус не відзначено. Досить очевидно, що основний винос і седиментацію зважених речовин в даному районі визначає стік р. Дон, незрівнянно більший у порівнянні з обсягом стоку р. Кальміус, тобто, верхня межа максимальної седиментації 5–7% збігається з районом досліджуваної акваторії, де теоретично слід очікувати акумуляцію донних відкладень. **Висновки.** При порівнянні стоку р. Кальміус з глибинами на підхідному каналі порту Азовсталь, в районі естуарію річки, не виявлено достовірного статистичного зв'язку. Необхідний більш тривалий період отримання даних для порівняння стоку р. Кальміус з глибинами на підхідному каналі порту Азовсталь для виявлення взаємозв'язків і тенденцій. Сток р. Дон значно деформований під впливом антропогенних факторів і пошук закономірності можуть позначатися виключно за даними прямих вимірювань, які досить лімітовані. Проте, скорочення стоку і, тим самим прямий вплив на заносимість досліджуваної акваторії визначає необхідність і технологічну доступність виконання днопоглиблювальних робіт при значно менших витратах на сучасному етапі.

**Ключові слова:** Азовське море, річковий стік, процес замулення гирлових портів України

### Вступление

Процесс заиления или заносимости прибрежного мелководья, находящегося под постоянным воздействием крупной реки или рек, относится к категории важнейших при планировании и эксплуатации устьевых портов, гидротехнический сооружений, в первую очередь – подходных каналов. Действительно, согласно законам гидродинамики, к определяющим процессам, формирующих заиление относятся: седиментация взвешенных частиц стока реки, т.е. осаждение или выпадение взвеси из взвешенного состояния в донные осадки и коагуляция. Коагуляция или укрупнение тонких частиц взвеси и их быстрое выведение из водной толщи наиболее активно происходят в диапазоне солености 2–6 ‰ при наименьших значениях электрокинетического потенциала [1]. Эти процессы характерны для устьевых взморья в зоне смешения речных и морских вод, при уменьшении скорости течения. Процессу коагуляции на взморье способствуют повышение температуры, перемешивание вод, преобладание тонких взвесей. Наряду с процессом укрупнения частиц имеет место и уменьшение их размера, за счет микробиологического распада детрита и при растворении частиц. Эти процессы зависят от pH и Eh водной среды. Наиболее тонкие частицы, оставаясь в верхнем распресненном слое воды, выносятся в открытое море; более грубые (размер 2–5 мкм) и тяжелые опускаются – седиментируют в соленый придонный слой воды и далее оседают на дно.

Кроме того, из воды при коагуляции частично выводятся ионы основного солевого состава морской воды – хлор, натрий, магний, сера, кальций, калий. Однако при определенных условиях такие ионы могут переходить из взвеси в раствор. На взморье осаждаются в

среднем до 10–60 % взвешенного в речной воде вещества, а жидкое дно, образованное плотной морской водой и наклоненное к берегу, задерживает значительную часть взвесей, приводит к появлению песчаных кос и обмелению предустьевого взморья [1, 2].

Физико-химические процессы устьевого взморья крупных рек, к которым относятся Дон и Кубань, лимитируют транспортные возможности основных портов Азовского моря в результате заносимости непрерывно поступающим взвешенным веществом. Падение глубин в акваториях портов и на подходных каналах одна из ключевых проблем функционирования портов. С нуждами судоходства неразрывно связаны дноуглубительные работы и дампинг извлекаемого грунта также как само судоходство связано с нуждами мирового хозяйства. Как невозможно отказаться от судоходства, так невозможно отказаться и от своевременного проведения дноуглубительных работ и дампинга грунта, разве что заменяя дампинг на морскую свалку складированием грунта на береговые отвалы (рис. 1).

Порты Мариуполь и Азовсталь находятся под влиянием р. Дон, устье которой расположено примерно в 100 км. Изменчивость солености в данной акватории от 7 до 11 ‰, т.е. на верхней границе диапазона солености активных процессов выпадения взвеси в донные осадки. Годовой сток Дона составляет около 21 км<sup>3</sup> в год, что около 50 % от общематерикового стока в море. По данным АЗНИРХ годовой сток р. Кубань, в настоящее время даже превысил сток Дона [3]. Однако, следует полагать, что перенос распресненных вод Кубани в Таганрогский залив не происходит [4].

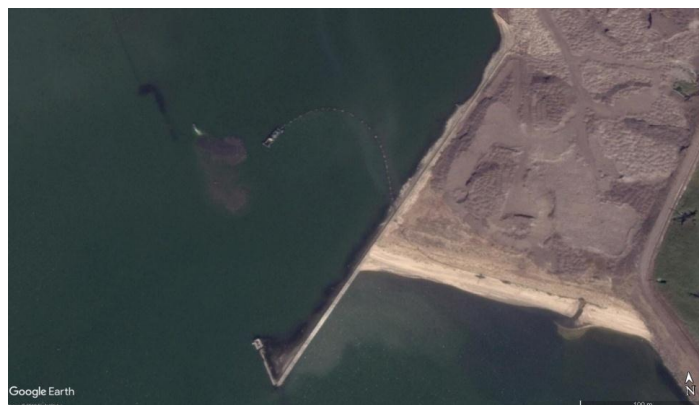


Рис. 1 – Пример (27.08.2015 и 25.09.2015 года) производства дноуглубления со складированием грунта на береговые отвалы по пульповоду на территории порта Азовсталь

Помимо этого, к определенным факторам, влияющих на заносимость прибрежных и портовых акваторий г. Мариуполь относится взвесь стока реки Кальмиус. Современный, подверженный значительной антропогенной деформации сток р. Кальмиус, составляющий около  $8 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ , может формировать значительный уровень накопления взвешенных веществ в непосредственной близости порта.

Согласно паспорту, проектная глубина на акватории морского порта Мариуполь и на подходном канале Угольной гавани составляет 9,75 м и 9,15 м соответственно. В текущее время (февраль 2019 г.) глубина по оси подходного канала порта Мариуполь составляет 7,5 м. Несмотря на прилагаемые усилия земснаряда «Меотида» Мариупольского филиала АМПУ, ситуация с глубинами на подходном канале Угольной гавани все еще остается сложной. На сегодня общий объем дноуглубления, необходимый для возвращения к проходной осадке 8,0 м, составляет более 1,5 млн  $\text{м}^3$ . Среднее ежегодное заиливание (согласно паспорту) на подходном канале

Угольной гавани Мариупольского порта составляет 820 730  $\text{м}^3$  и на акватории порта – 85 тыс.  $\text{м}^3$ .

Наименьшая глубина на подходном канале порта Азовсталь (в устье реки Кальмиус), приведенная к среднему многолетнему уровню, на апрель 1985 года составляла 5,4 м, 1990 г. – 5,6 м, август 2018 г. – 2,2 м [5]. В последние годы, до критического обмеления, в порт Азовсталь ходили суда типа Славутич (проект Д-080М) с осадкой 2,5 м и проекта 576 с осадкой 2,8 м.

Геолого-геоморфологические условия прибрежных регионов и факторы, лимитирующие природно-хозяйственное развитие в условиях изменения климата описаны в [6].

Таким образом, на современном этапе оценка использования возможностей украинских портов Азовского моря и перспектив их эксплуатации в результате многофакторного анализа заносимости портовых акваторий и морских подходных каналов относится к важной и актуальной задаче развития экономического потенциала государства.

### **Материалы и методика**

В качестве исходных использованы физико-географические и геоморфологические данные района исследований к которому относится акватория п. Мариуполь и канал порта Азовсталь, и прилегающая часть прибрежного мелководья, находящаяся под непосредственным влиянием р. Кальмиус. Выполнен сравнительный анализ современных гидрометеорологических условий, в том числе доминирующее влияние ветровой деятельности, скорость и направление течений по фактическим данным, прозрачность мор-

ской воды, расходы р. Кальмиус. Были изучены доступные снимки спутников дистанционного зондирования Земли компании DigitalGlobe и данные результатов дноуглубления, которое периодически выполнялось для поддержки глубин на морском подходном канале в акваторию порта. Также использованы современные и ретроспективные данные батиметрических съемок с применением ГИС технологий для сопоставления результатов, а также стандартные методики статистической обработки данных.

### Обсуждение и анализ результатов

Азовское море – полужамкнутое море Атлантического океана на востоке Европы, омывающее побережье Украины и России. Самое мелкое море в мире (максимальная глубина составляет 13,5 м). Крайние точки Азовского моря лежат между  $45^{\circ}12'30''$  и  $47^{\circ}17'30''$  с. ш. и между  $33^{\circ}38'$  (оз. Сиваш) и  $39^{\circ}18'$  в. д. Наибольшая длина составляет 380 км, наибольшая ширина – 200 км; длина береговой линии – 1472 км; площадь поверхности –  $37\,800\text{ км}^2$  (без учета островов и кос, занимающих  $107,9\text{ км}^2$ ). В зимний период возможно частичное или полное замерзание моря, при этом лёд выносится в Чёрное море через Керченский пролив. Морские течения зависят от северо-восточных и юго-западных ветров и весьма изменчивы по направлению. При этом принято считать генеральным, т.е. доминирующим – циркуляционное течение вдоль берегов моря по часовой стрелки.

Гидрохимические особенности Азовского моря формируются в первую очередь под влиянием обильного притока речных вод (до 12 % объёма воды) и ограниченного водообмена с Чёрным морем. Под влиянием пресного стока р. Дон и р. Кубань воды северной и юго-восточной части Азовского моря значительно распреснены. К примеру, в Таганрогском заливе соленость составляет – менее 7 ‰. В период штормов вариации солености во фронтальной зоне Таганрогского залива достигают 2 – 3 ‰. Напротив, в глубоководной котловине моря эти вариации не превышают 0,2 ‰ [4]. По этой причине море быстро замерзает, а северная часть моря до использования ледоколов была несудоходна с декабря до середины апреля. Южная часть моря не замерзает [7]. Кроме того, в течение XX века практически все крупные реки, впадающие в Азовское море, были зарегулированы. Это привело к сокращению поступления пресной воды и взвешенных веществ в море.

Материковый сток рек, впадающие в Азовское море можно условно разделить на реки, расположенные на северо-западе – на территории Украины: это: Малый Утлюк, Молочная, Корсак, Лозоватка, Обиточная, Берда, Кальмиус, Грузский Еланчик и реки, расположенные на северо-востоке – на территории России: Мокрый Еланчик, Миус, Самбек, Дон, Кагальник, Мокрая Чубурка, Ея; и на юго-востоке: Протока и Кубань.

Водосборная площадь Азовского моря составляет около 570 тыс. км<sup>2</sup>, причем основной объём стока поставляют реки Дон и Кубань, на долю которых приходится около 85 % всей водосборной площади. Остальные реки Приазовья представляют собой небольшие маловодные водотоки [8].

Берега моря отмельные, сложены в основном из ракушечника, центральная котловина заилена. В северной части моря – пять узких кос. Здесь преобладают восточные и северо-восточные ветры. Водные массы подвержены постоянному горизонтальному и вертикальному ветровому перемешиванию.

К району исследований относится устьевая область р. Кальмиус, которая ограничена следующими координатами:  $47^{\circ}04'28''$  и  $47^{\circ}05'20''$  с. ш. и  $37^{\circ}34'12''$ ,  $37^{\circ}34'56''$  в. д. В данном районе прозрачность, как и по всему заливу и морю, зависит от наличия взвеси в воде и колеблется в пределах 0,5 – 1 м. По данным прямых наблюдений с ноября 2016 г. по август 2018 г. скорость течения в поверхностном слое моря не превышала 4 – 13 см/с, в придонном – 26 – 36 см/с. По данным прямых наблюдений с ноября 2016 г. по август 2018 г. основным направлением ветра является северо-восточное. По наблюдениям с июня 2015 г. по октябрь 2017 г. месячный расход воды р. Кальмиус составил от минимального  $5,10\text{ м}^3/\text{с}$  (сентябрь, 2017 г.) и до максимального  $10,1\text{ м}^3/\text{с}$  (май, 2016 и 2017 гг.), где соответственно объём стока составил – 13.219 млн. м<sup>3</sup> и по 27.052 млн. м<sup>3</sup>.

К основному фактору прямой техногенной нагрузки на окружающую среду следует отнести металлургический комбинат «Азовсталь», который был построен в Мариуполе в 1933 г. в месте впадения р. Кальмиус в Азовское море.

Акватория порта создана искусственно. Землечерпание началась в 1932 г. и было завершено в 1935 г. Постоянное функционирование порта имеет важное значение для экономики страны, поэтому следует привести некоторые примеры его деятельности. Первоначально порт строился для приемки из Керчи горячего агломерата (сырьё для производства чугуна). Для этих целей была создана специальная серия судов. Агломерационные причалы действовали до 1994 г., до закрытия Керченского производства. Сейчас причалы выведены из эксплуатации, агломерат по-

ставляется по железной дороге. В 80-е гг. были построены еще 2 причала: шлаковый (для отправки шлака) и листовой (для отправки продукции комбината морем, прежде всего крупногабаритного листа) (рис. 2) [9].

За рассматриваемый период (2010 – 2017 гг.) были изучены снимки спутников дистанционного зондирования Земли компа-

нии DigitalGlobe. Было выявлено антропогенное влияние на глубины в исследуемом районе (поворотный участок между 0 км подходного канала порта и акваторией порта Азовсталь) – работа землесосного снаряда 27.08.2015 и 25.09.2015 года с транспортированием пульпы на территорию металлургического комбината «Азовсталь» (рис. 1).



Рис. 2 – Спутниковый снимок акватории порта Азовсталь, 2011 г. [9].

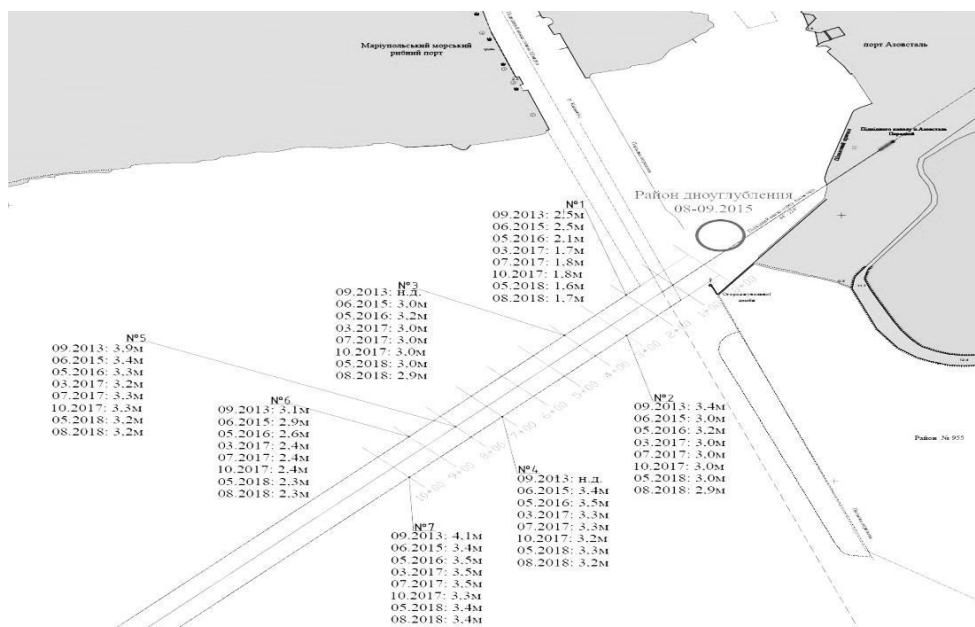


Рис. 3 – Динамика глубин на подходном канале порта Азовсталь

Предыдущие дноуглубительные работы на подходном канале порта Азовсталь проводились летом 2008 года. В настоящее время именно лимитирование глубин может приостановить работу порта. Из-за отсутствия регулярных наблюдений за состоянием

устьевой области, где расположен порт, следует, на основании современных данных оценить перспективные возможности дальнейшей деятельности порта. Для сравнения глубин в районе эстуария реки Кальмиус были определены точки (позиции промерного по-

ста) сравнения глубин на постоянных профилях подходного канала порта Азовсталь.

Для исследования заносимости подходного канала порта Азовсталь, в районе эстуария реки Кальмиус, использовались материалы промеров трех промерных групп. В связи с разностью нуля глубин у промерных групп и разными способами округления глубин, все данные приводились к единой точке

отсчета и могут иметь погрешность не более 0,1 м.

В результате приведения к единому нулю глубин и сортировки данных была получена следующая схема (рис. 3).

Построены графики сопоставления объемов стока р. Кальмиус и динамикой глубин по точкам (промерным постам) (рис. 4).

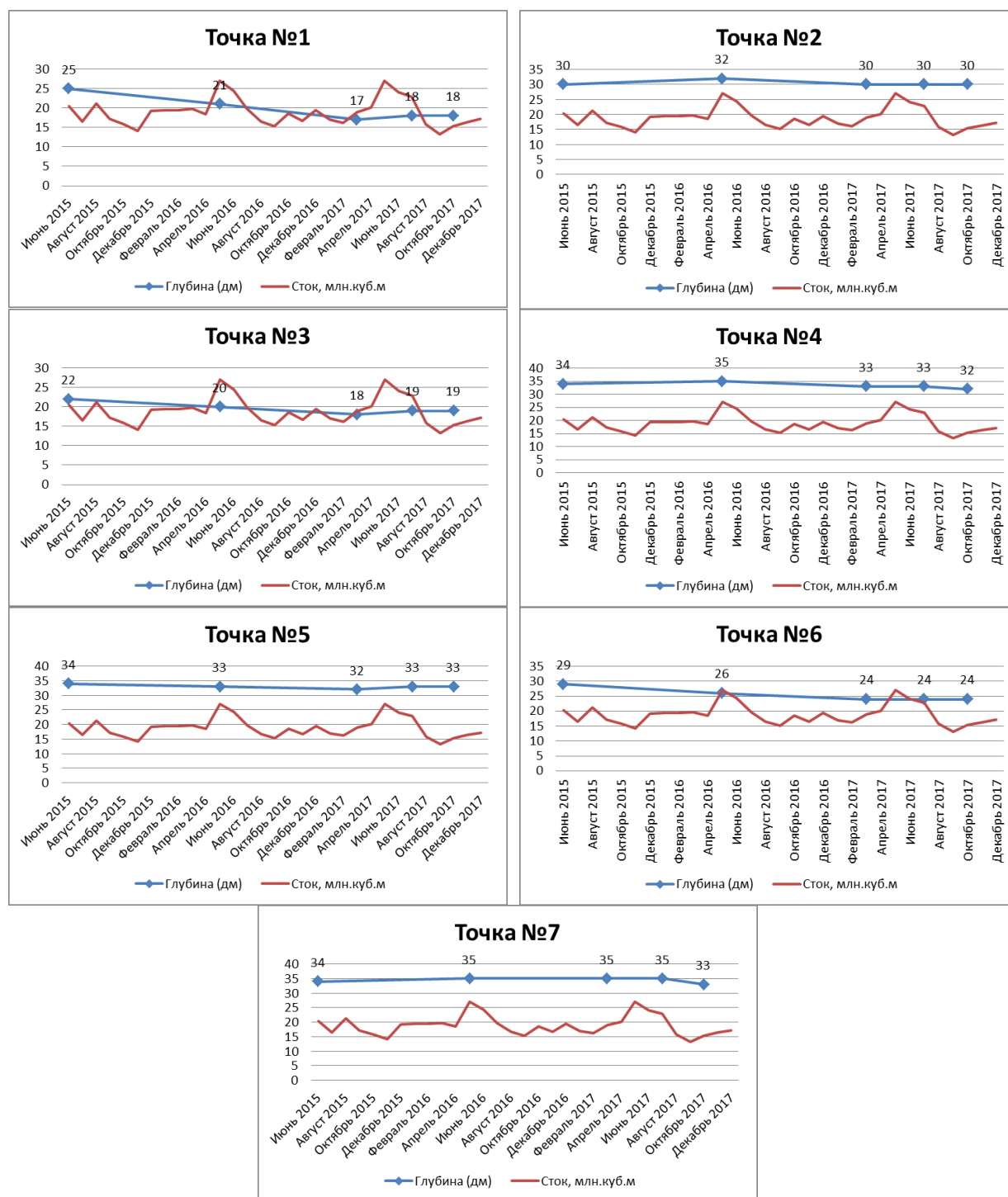


Рис. 4 – Графики сопоставления объемов стока р. Кальмиус и динамикой глубин по точкам (промерным постам)

Анализ данных прямых измерений и графического материала (рис. 4, 5) показал устойчивое падение глубин, т.е. перманентное заиление морского подходного канала. При этом, прямой статистической зависимости между падением глубин и объемом поступающих взвешенных веществ со стоком р. Кальмиус не отмечено, с учетом оценки мно-

голетнего характера и тенденций изменений среднего годового уровня Азовского моря по более, чем вековому ряду лет [10, 11].

Таким образом, основной вынос и седиментацию взвешенных веществ в данном районе определяет сток р. Дон, несопоставимо больший по сравнению с объемом стока р. Кальмиус (рис. 6).

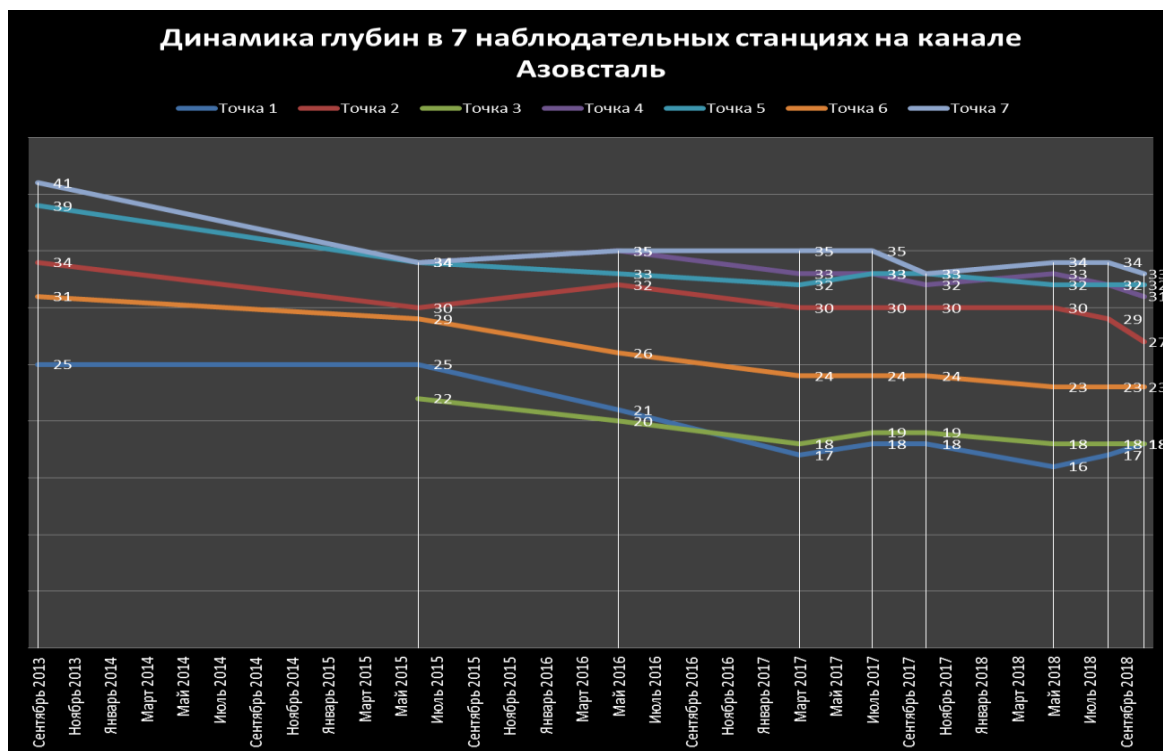


Рис. 5 – Динамика глубин [дм] на станциях подходного канала п. Азовсталь



Рис. 6 – Спутниковый мониторинг за движением взвеси

Отмечена тенденция на точке (промерном посту) №1, самой ближайшей к речному руслу, что при повышении объема стока происходит увеличение глубины. Это свидетельствует об отсутствии закономерной связи между изменчивостью глубин и стоком р. Кальмиус. Прежде всего это подтверждает доминирующую роль источника заносимости

со стороны речного стока Дона и выносе взвешенного вещества рекой.

Как было отмечено выше, верхняя граница максимальной седиментации, 5–7 ‰ совпадает с районом исследуемой акватории, где теоретически следует ожидать аккумуляцию донных отложений (рис. 7).

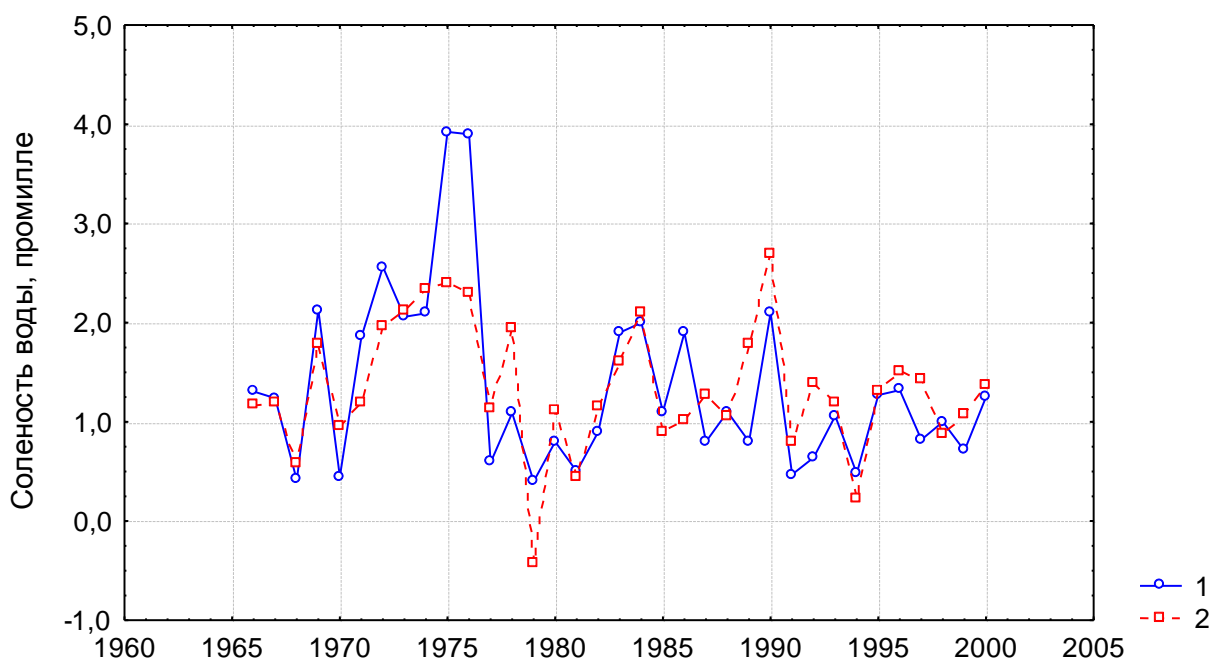


Рис. 7 – Фактична (1) і розрахована (2) середньомісячна солоність води для Таганрозького залив, по [12]

В [12] відзначається, що досліджуваний ряд умовно-естественного стока р. Дон являється однорідним з точки зору середнього і дисперсії стока. Але аналізований ряд фактичного річного стока р. Дон, на відміну від умовно-естественного ряду, в результаті посилення антропогенного впливу на сток набуває рис нестационарності в частині математичного очікування і дисперсії. Крім того, для даного часового ряду можна констатувати наближення кореляції між стоком сусідніх років до нуля.

Следовательно, сток р. Дон значительно деформирован под воздействием антропогенных факторов, и искомые закономерности могут быть определены исключительно по данным прямых измерений, которые достаточно лимитированы. Тем не менее, сокращение стока и, тем самым, прямое влияние на заносимость исследуемой акватории, определяет необходимость и технологическую доступность выполнения дноуглубительных работ при значительно меньших затратах на современном этапе.

### Выводы

При сравнении стока р. Кальмиус с глубинами на подходе к каналу порта Азовсталь, в районе эстуария реки, не выявлено достоверной статистической связи.

Необходимо более длительный период получения данных для сравнения стока р.

Кальмиус с глубинами на подходе к каналу порта Азовсталь для выявления взаимосвязей и тенденций.

Сток р. Дон значительно деформирован под воздействием антропогенных факторов, и искомые закономерности могут быть опреде-

лены исключительно по данным прямых измерений, которые достаточно лимитированы. Тем не менее, сокращение стока и, тем самым прямое влияние на заносимость исследуемой

акватории определяет необходимость и технологическую доступность выполнения дноуглубительных работ при значительно меньших затратах на современном этапе.

### Литература

1. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М.: Наука, 1983. 160 с.
2. Berlinsky N., Bogatova Yu., Garkavaya G. Estuary of the Danube. *The Handbook of Environmental Chemistry*. – Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg, 2006. Vol. 5, Part H (Estuaries). P. 233–264.
2. Распределение стока. URL: <http://azniirkh.ru/wp-content/uploads/2017/08/RaspredelenieStokovStokov.jpg> (дата звернення: 05.01.2019).
3. Фомин В.В., Полозок А.А., Фомина И.Н. Моделирование циркуляции вод Азовского моря с учетом речного стока. *Морской гидрофизический журнал*, 2015. No 1. С. 17–28.
4. Министерство обороны СССР. Лотия Азовского моря. М., 1985. 159 с.
5. Современные опасные экзогенные процессы в береговой части Азовского моря: монография под ред. Л.А. Беспаловой. Южный федеральный университет. Ростов Дон, 2015. 323 с.
6. Чепурна В.Ю., Гаврилюк Р.В. Зміни льодового режиму в Азовському морі в останній кліматичний період. Матеріали III міжнародної конференції молодих вчених ОДЕКУ від 22 березня 2018 р. Одеса. ТЕС, 2018. С. 245–246.
7. Азовское море. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Азовское\\_море](https://ru.wikipedia.org/wiki/Азовское_море) (дата звернення: 15.01.2019).
8. Морской порт «Азовсталь». URL: <https://graintrade.com.ua/ru/port/morskij-port-azovstal-id1904> (дата звернення: 15.01.2019)
9. Еремеев В.Н., Андрианова О.Р., Скипа М.И. Особенности колебаний уровня внутренних морей Атлантического океана. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*, 2017. Т. 22, вип. 2. С. 11–28.
10. Permanent Service for Mean Sea Level. URL: <http://www.psmsl.org/> (Дата звернення 25.09.2017)
11. Мурашченкова Н.В. Оценка характеристик речного стока в изменяющихся природно-хозяйственных условиях. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2007. 28с.

### References

1. Gordeev, V.V. (1983). Rechnoj stok v okean i cherty ego geohimii. [River flow into the ocean and the features of its geochemistry]. M. Nauka, 160. [In Russian]
2. Berlinsky, N., Bogatova, Yu., Garkavaya, G. (2006). Estuary of the Danube. The Handbook of Environmental Chemistry. Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg, 5, Part H (Estuaries), 233-264.
3. <http://azniirkh.ru/wp-content/uploads/2017/08/RaspredelenieStokovStokov.jpg> (electronic resource)
4. Fomin, V.V., Polozok, A.A., Fomina, I.N. (2015). Modelirovanie cirkulyacii vod Azovskogo morya s uchetom rechnogo stoka [Modeling the circulation of the waters of the Sea of Azov, taking into account the river flow]. *Marine Hydrophysical Journal*. (1), 17-28. [In Russian]
5. Ministerstvo oborony SSSR. Lotiya Azovskogo morya (1985). [Ministry of Defense of the USSR. Lotiya Azov Sea]. M., 159. [In Russian]
6. Bespalova, L.A.(Ed.). (2015). Sovremennye opasnye ehkzogennye processy v beregovoj chasti Azovskogo morya [Modern dangerous exogenous processes in the coastal part of the Sea of Azov]. Monograph . South Federal University. Rostov Don, 323. [In Russian]
7. Chepurna, V.Yu., Gavrilyuk, R.V. (2018). Zminy` l`odovogo rezhymu v Azovs`komu mori v ostannij klimaty`chny`j period [Changes in the ice regime in the Azov Sea in the last climatic period]. Materials of the 3rd International Conference of Young Scientists, ODEKU dated March 22, Odesa. TES 2018, 245-246. [In Ukrainian]
8. Azovskoye more [Azov Sea]. (2019). Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Азовское\\_море](https://ru.wikipedia.org/wiki/Азовское_море) [In Russian]
9. Morskoy port "Azovstal" (2019). [Seaport "Azovstal" ].Available at: <https://graintrade.com.ua/ru/port/morskij-port-azovstal-id1904> [In Russian]
10. Eremeev, V.N., Andrianova, O.R., Skipa, M.I. (2017). Osobennosti kolebanij urovnya vnutrennih morej Atlantskogo okeana [Features fluctuations in the level of the internal seas of the Atlantic Ocean] *Visnyk ONU. Ser. Geographical and geological science* 22(2), 11-28. [In Russian]
11. Permanent Service for Mean Sea Level. Available at: <http://www.psmsl.org/>
12. Murashchenkova, N.V. (2007). Otsenka kharakteristik rechnogo stoka v izmenyayushchikhsya prirodno-khozyaystvennykh usloviyakh [Assessment of river flow characteristics in a changing natural and economic conditions]. Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences. M., 28. [In Russian].

Надійшла до редколегії 14.02.2019



УДК 574.64:504.064

О. М. КРАЙНЮКОВ<sup>1</sup>, д-р геогр. наук, доц., В. Д. ТИМЧЕНКО<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»  
вул. Бакуліна, 6, 61166, Харків, Україна

e-mail: [alkraynukov@gmail.com](mailto:alkraynukov@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-5264-3118>  
[biotest.niepkharkiv@meta.ua](mailto:biotest.niepkharkiv@meta.ua)

## ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ НАСЛІДКІВ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ (НА ПРИКЛАДІ В'ЯЛІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА)

**Мета.** Провести еколого-токсикологічну оцінку якості поверхневих вод та донних відкладів В'ялівського водосховища та на основі отриманих результатів експериментальних досліджень впливу антропогенного забруднення на життєдіяльність кормових організмів здійснити розрахунок збитків, заподіяних водним об'єктам за показником зниження біопродуктивності на прикладі В'ялівського водосховища. **Методи.** Біотестування проб води проводили з використанням в якості тест – об'єктів кормових організмів для риби – представники зоопланктону (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg) та зообентосу - личинки комах (*Chironomus dorsalis* Meig.). Для розрахунків збитків, заподіяних В'ялівському водосховищу використовували методику розрахунку розміру компенсації шкоди, заподіяної рибному господарству внаслідок порушення законодавства про охорону, використання і відтворення водних біоресурсів. **Результати.** За результатами визначення токсичності поверхневих вод та донних відкладів розраховано збитки, заподіяні В'ялівському водосховищу за показником зниження рибопродуктивності внаслідок загибелі кормових організмів для риби. **Висновки.** Проведені токсикологічні дослідження поверхневих вод та донних відкладів В'ялівського водосховища виявили наявність токсичних властивостей досліджуваних об'єктів, що може спричинити зменшення біомаси кормових організмів аборигенних видів риби даного водосховища.

**Ключові слова:** водний об'єкт, екологічний стан, якість води, біотестування, економічний збиток

Krainiukov O. M.<sup>1</sup>, Timchenko V. D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kharkiv National University V. N. Karazin,

<sup>2</sup>Research Institution "Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems"

## EVALUATION OF ECONOMIC CONSEQUENCES OF ANTHROPOGENIC POLLUTION OF WATER OBJECTS (ON THE EXAMPLE OF VYALIVSKY RESERVOIR)

**Purpose.** Eco-toxicological assessment of surface water and bottom sediments of Vyalivsky reservoir and based on the results of experimental studies on the influence of anthropogenic pollution on the livelihoods of fodder organisms, to calculate the damage caused to water bodies by the indicator of decrease of bio-productivity on the example of Vyalivsky reservoir. **Methods.** Biotesting of water samples was carried out using zooplankton (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg) and zoobenthos - insect larvae (*Chironomus dorsalis* Meig.) as a test facility for fodder organisms for fish. For estimation of losses caused for Vyalivsky reservoir we used methodology for calculating the amount of compensation for damage caused to the fishery as a result of violations of legislation on the protection, use and reproduction of aquatic biological resources. **Results** According to the results of determination of the toxicity of surface waters and bottom sediments, damages caused to Vyalivsky reservoir were calculated on the indicator of decrease in fish productivity as a result of the death of fodder organisms for fish. **Conclusions** The toxicological studies of surface waters and bottom sediments of Vyalivsky reservoir have revealed the presence of toxic properties of the investigated objects, which may result in the reduction of biomass of fodder organisms of aboriginal species of fish in a given reservoir.

**Key words:** water body, ecological state, water quality, biotesting, economic damage

Крайнюков А. Н.<sup>1</sup>, Тимченко В. Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,

<sup>2</sup>НДУ «Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем»

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВЯЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

**Цель.** Провести еколого-токсикологічну оцінку якості поверхневих вод та донних відкладів Вяловського водохранилища та на основі отриманих результатів експериментальних досліджень впливу антропогенного забруднення на життєдіяльність кормових організмів здійснити розрахунок збитків, заподіяних водним об'єктам за показником зниження біопродуктивності на прикладі Вяловського водохранилища. **Методи.** Біотестування проб води проводили з використанням в якості тест – об'єктів кормових організмів для риби – представників зоопланктону (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg) та зообентосу - личинки комах (*Chironomus dorsalis* Meig.). Для розрахунків збитків,

причиненных Вяловскому водохранилищу, использовали методику расчета размера компенсации вреда, причиненного рыбному хозяйству в результате нарушения законодательства об охране, использованию и воспроизводству водных биоресурсов. **Результаты.** По результатам определения токсичности поверхностных вод и донных отложений рассчитан ущерб, причиненный Вяловскому водохранилищу по показателю снижения рыбопродуктивности в результате гибели кормовых организмов для рыб. **Выводы.** Проведенные токсикологические исследования поверхностных вод и донных отложений Вяловского водохранилища показали наличие токсических свойств изучаемых объектов, что могло привести к уменьшению биомассы кормовых организмов аборигенных видов рыб данного водохранилища.

**Ключевые слова:** водный объект, экологическое состояние, качество воды, биотестирования, экономический ущерб

### Вступ

Теоретичні основи економічної оцінки наслідків негативного впливу господарської діяльності на довкілля закладалися ще в кінці 70-х років ХХ ст. Основоположниками цих досліджень були О.Ф. Балацький, Т.С. Хачатуров, К.Г. Гофман. У ті часи вважалося неправомірним використовувати в економічних розрахунках величини збитків, де проводилося підсумовування різнопланових величин збитків різним реципієнтам (наприклад, збиток від погіршення здоров'я населення та збитки житлово-комунальному господарству), а також аморальним розрахунок деяких локальних збитків, наприклад, оцінка „вартості“ життя людини [1]. Вагомий внесок у розвиток теорії економічного збитку належить Балацькому О.Ф., який запропонував трактувати економічні збитки як фактичні або можливі втрати, негативні зміни природи, живих істот, які виникають від яких-небудь дій, утримуються від них, настання подій і їх комбінацій, виражені у вартісній формі. У подальших – виражені у вартісній формі фактичні і можливі збитки, що заподіюються народному господарству забрудненням середовища, або додаткові витрати на компенсацію цих збитків. Балацький О.Ф. у роботі [2] заклав фундамент поняття економічні збитки, що за своїм змістом означає втрати, пов'язані із впливом забруднення на здоров'я, додаткові витрати на компенсацію інтенсивного зносу основних фондів промисловості, житлово-комунального господарства і обумовлені цим різні втрати, недовироблення продукції сільського, лісового господарства і ін. [3].

У вітчизняній практиці зміст екологічного оцінювання водних ресурсів полягає в аналізі поточного екологічного стану та обсягів антропогенного навантаження на водні ресурси. При цьому водні об'єкти ро-

зглядають як складно організовані динамічні системи, у яких відбувається багаторівнева взаємодія гідрологічних та гідробіологічних чинників і стан яких можна оцінити за низкою органолептичних показників (фізико-хімічних, біологічних та мікробіологічних). Матеріали для проведення екологічного оцінювання водних ресурсів одержують шляхом гідрологічних та екологічних спостережень (регулярних або спеціальних). На підставі регулярних спостережень можливе встановлення гідрологічного режиму того чи іншого водного об'єкту, фіксація якісних та кількісних показників вмісту та руху речовин різної природи (зокрема, антропогенного походження), з'ясування міри стійкості до антропогенного забруднення, що зрештою сприяє впровадженню науково обґрунтованих систем природоохоронного регулювання.

Під забрудненням навколишнього середовища розуміються антропогенні обумовлені надходження речовини і енергії в навколишнє середовище, що приводять до погіршення її стану з погляду соціально-економічних інтересів суспільства [4]. Екологічний збиток навколишньому природному середовищу означає фактичні екологічні, економічні або соціальні втрати, що виникли в результаті порушення природоохоронного законодавства, господарської діяльності людини, стихійних екологічних бід, катастроф [5]. Збиток виявляється у вигляді втрат природних, трудових, матеріальних, фінансових ресурсів в народному господарстві, а також погіршення соціально-гігієнічних умов мешкання для населення. Під збитком від забруднення водного середовища і водного фонду територій розуміються матеріальні і фінансові втрати і збитки (прямі і непрямі), в результаті зниження біопродуктивності водних екосис-

тем, погіршення споживчих властивостей води як природного ресурсу, додаткових витрат на ліквідацію наслідків забруднення вод і відновлення їх якості, а також виражена у вартісній формі шкода здоров'ю населення [5]. Економічна оцінка величини запобігання шкоди, від забруднення навколишнього природного середовища є оцінка в грошовій формі можливих негативних наслідків від забруднення природного середовища, які вдалося уникнути в результаті природоохоронної діяльності територіальних природоохоронних органів, здійснення природоохоронних заходів і програм, направлених на збереження або поліпшення

### Методи дослідження

Водойми комплексного призначення, зокрема, водосховища відносяться до водних об'єктів рибогосподарського використання поряд з іншими, що мають свою специфіку, яка стосується необхідності збереження якості води в межах вимог водокористувачів та функціонування біоценозів з відносно обмеженим видовим складом [6].

В даній роботі оцінка розміру компенсаційної шкоди завданої рибному господарству проводилась на основі методик - біотестування для визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg [7]; біотестування для визначення токсичності донних відкладів на личинках комах *Chironomus dorsalis*

### Результати та обговорення

В'ялівське водосховище — невелике руслове водосховище на річці В'ялий, розташоване у Харківському районі Харківської області. В'ялівське водосховище має об'єм 10 млн куб. метрів, площа 1,74 кв. кілометрів. Його довжина 5 км, максимальна ширина 0,6 км. Водосховище розташоване у Харківському районі Харківської області. Гребля водосховища розташована у с. Циркуни, за 3 км від гирла річки В'ялий. Водосховище було побудовано для технічного водопостачання м. Харкова, та було резервуаром для накопичення води в системі водогону Старий Салтів — Лозовеньківське водосховище [10]. В'ялівське водосховище з'єднується з Печенізьким водосховищем та м. Харків підземними водоводами. Завдяки стабільному рівню води у водосховищах протягом літньо-осіннього меженого періоду з'явилися умови для рибогосподарського і рекреаційного використання водосховищ.

якісних і кількісних параметрів, що визначають екологічну якість (стан) навколишнього природного середовища в цілому і її окремих еколого-ресурсних компонентів.

**Мета** даної роботи – провести еколого-токсикологічну оцінку якості поверхневих вод та донних відкладів В'ялівського водосховища та на основі отриманих результатів експериментальних досліджень впливу антропогенного забруднення на життєдіяльність кормових організмів здійснити розрахунок збитків, заподіяних водним об'єктам за показником зниження біопродуктивності на прикладі В'ялівського водосховища.

Meig [8] та за допомогою методики розрахунку розміру компенсації шкоди, заподіяної рибному господарству внаслідок порушення законодавства про охорону, використання і відтворення водних біоресурсів [9].

Відповідно до «Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру» (затв. Міністерством екології та природних ресурсів України №196 від 09.06.2011 р.) [9] розрахунок збитків, заподіяних рибному господарству здійснюється у натуральному (вага втрачених рибних ресурсів), а також у вартісному виразі, який обчислюється з урахуванням цін на певні види товарної риби для даного регіону.

Побудована в 1970-х роках система середніх водосховищ (Грав'янське, Муромське, В'ялівське, Рогозянське) в основному використовувалась для зрошення меліоративних систем та риборозведення. На цей час внаслідок зміни умов використання водосховищ практично припинився забір води для зрошення. Унаслідок цього змінились пріоритети в регулюванні режимів роботи цих водосховищ. Тепер водосховища, що розташовані на річках Уди, Лопань і Харків вище міста Харкова, виконують буферну функцію для прийняття весняних талих вод та зрізання піку повені з метою запобігання підтопленню міста Харкова та захисту від шкідливої дії вод, що може спричинити вплив вторинного забруднення із забрудненими поверхневими водами та донними відкладами.

Для загальної екологічної оцінки якості води конче важливим є врахування абіотичних і біотичних чинників функціонуван-

ня екосистеми водного об'єкта. Така оцінка повинна включати визначення біологічного статусу водного середовища, екологічну оцінку якості води та донних відкладів, оцінку взаємодії угруповань водних організмів з абіотичними факторами. При цьому особлива увага приділяється визначенню токсичних властивостей води. Це обумовлено тим, що у складних розчинах хімічний аналіз специфічних показників токсичної дії дає інформацію тільки про «вершину айсбергу» тому, що велика кількість токсичних хімічних речовин залишається невиявленою. Для таких складних розчинів необхідна оцінка сумісної дії розчину на біоту водної екосистеми. У зв'язку з цим, тест на токсичність повинен бути обов'язковим як додаток до хімічного аналізу.

Такий підхід забезпечує більш економічну та ефективну стратегію обмеження антропогенного забруднення поверхневих вод у порівнянні з підходом, що характеризується вимірюванням вмісту забруднюючих речовин, кількість яких постійно збільшується. Дотримання норм якості води водних об'єктів рибогосподарського призначення передбачає забезпечення сприятливих умов для функціонування водних екосистем. Якість води буде відповідати зазначеним вимогам, якщо у будь-якому створі водного об'єкта не буде проявлятися хронічна токсичність

води, тобто буде відсутній негативний вплив забруднюючих речовин на виживаність та відтворюваність водних організмів.

Дослідження якості води та донних відкладів В'ялівського водосховища здійснено влітку 2018 року.

Для проведення еколого-токсикологічної оцінки стану В'ялівського водосховища обрано 7 створів (рис.):

- 1 створ – р. В'ялий, впадіння у В'ялівське водосховище;
- 2 створ – правий беріг В'ялівського водосховища, рекреаційна зона;
- 3 створ – лівий беріг В'ялівського водосховища, сільськогосподарські угіддя;
- 4 створ – лівий беріг В'ялівського водосховища, сільськогосподарські угіддя;
- 5 створ – правий беріг В'ялівського водосховища, рекреаційна зона;
- 6 створ – лівий беріг В'ялівського водосховища, сільськогосподарські угіддя;
- 7 створ – В'ялівське водосховище, дамба.

Результати дослідження за методиками біотестування за літній період представлено у таблиці. Хронічну токсичність було виявлено у зразках води із створів №№ 3-7, що може бути наслідком водної ерозії ґрунтів, що проявляється у вигляді площинного і лінійного розмивання ґрунтів з сільгоспугідь та надходження до водойми забруднюючих речовин (добрив, пестицидів,



1 - місця відбору проб води

Рис.1 – Місця відбору проб води з В'ялівського водосховища

тощо). Токсичні властивості донних відкладів було зафіксовано також у створах №№3-7, що може бути наслідком буферної функції водосховища при надходженні весняних талих вод, які містять у своєму складі повний спектр забруднюючих речовин, що надходять до р. В'ялий з усієї водозбірної

площі. Слід підкреслити, що згідно вимог до якості води водних об'єктів нормативом гранично допустимого рівня токсичності, який запобігає порушенню життєдіяльності водних організмів, є відсутність хронічної токсичності.

Таблиця

## Результати біотестування проб води ( відібрано у серпні 2018 р.)

№ №	Місце відбору проб	Дата відбору проб	Визначення хронічної токсичності	
			Поверхневі води Ракоподібні	Донні відклади Личинки комах
1	р. В'ялий, впадіння у В'ялівське водосховище	12.08.18	I Чиста	I Чиста
2	правий беріг В'ялівського водосховища, рекреаційна зона	12.08.18	I Чиста	I Чиста
3	лівий беріг В'ялівського водосховища, сільськогосподарські угіддя;	12.08.18	II Слабозабруднена	II Слабозабруднена
4	лівий беріг В'ялівського водосховища, сільськогосподарські угіддя;	12.08.18	II Слабозабруднена	II Слабозабруднена
5	правий беріг В'ялівського водосховища, рекреаційна зона	12.08.18	II Слабозабруднена	II Слабозабруднена
6	лівий беріг В'ялівського водосховища, сільськогосподарські угіддя	12.08.18	II Слабозабруднена	III Помірно забруднена
7	В'ялівське водосховище, дамба	12.08.18	II Слабозабруднена	III Помірно забруднена

За результатами визначення токсичності поверхневих вод та донних відкладів розраховано збитки, що заподіяні В'ялівському водосховищу за показником зниження рибопродуктивності внаслідок загибелі кормових організмів для риб.

Природна кормова база водойм відіграє важливу роль у живленні риб різних видів та вікових груп. Фітопланктон сприяє збагаченню водного середовища киснем, приймає участь у кругообігу речовин, створюючи первинну органічну продукцію, за рахунок якої безпосередньо чи опосередковано існує вся тваринна біота водойми. Зоопланктонні організми, найбільш чисельна група гідробіонтів, складають основу живлення багатьох видів риб, а також є індикаторами при оцінці якості води. Необхідні

біогенні елементи, для повноцінного розвитку фіто- та зоопланктону, формуються у водоймі та надходять зовні [8].

Збиток водним об'єктам за показником зниження рибопродуктивності, заподіяний внаслідок загибелі кормових організмів (зоопланктона і зообентоса) розраховувався як :

$$N_{3п} = [S * H * П * P/B * K_1 * 10^{-6} / (100 * K_2)],$$

$$N_{3б} = [S * П * P/B * K_1 * 10^{-6}] / (100 * K_2),$$

де:  $N_{3п}, N_{3б}$  – збитки в натуральному виразі (для планктона та бентоса, відповідно), т;  
 $S$  – площа пошкодження, м<sup>2</sup>;  
 $H$  – глибина водойми, м;

$\Pi$  – середня концентрація кормових організмів,  $г/м^3$  (для планктону) та  $г/м^2$  (для бентосу);

$P/B$  – коефіцієнт переведення біомаси кормових організмів у продукцію;

$K_1$  – показник гранично можливого використання кормової бази риби, відсотків;

$K_2$  – кормовий коефіцієнт для переведення продукції кормових організмів у рибопродукцію;  $10^{-6}$  – коефіцієнт переведення грамів у тонни.

Розрахунок збитків, заподіяний В'ялівському водосховищу за показником зменшення рибопродуктивності при  $S = 4080 м^2$ ,  $H = 5,7 м$ ,  $K_2=6$ ,  $\Pi = 20 г/м^3$  і  $P/B = 10$ ,  $K_1=80\%$  (для планктону) та  $\Pi = 45 г/м^2$  і  $P/B = 80$ ,  $K_1=50\%$  (для бентосу), розраховано як  $N_{зп} = 0,212 т$  а  $N_{зб} = 0,42 т$ .

Таким чином, збиток заподіяний В'ялівському водосховищу за показником зменшення рибопродуктивності при дефіциті природних кормів – зоопланктону ( $N_{зп}$ ) складає 212 кг, зообентосу ( $N_{зб}$ ) – 420 кг.

Розмір заподіяної шкоди рибопродуктивності водосховищу за показником зменшення обсягу вилову товарної риби (у вартісному вигляді) розраховували за формулою:

$$N_{уан} = N * G,$$

де:  $N_{уан}$  – грошовий обсяг збитків (грн.);

$N$  – обсяг вилову рибної продукції (кг);

$G$  – вартість продукції (за 1 кг) за діючими роздрібними ринковими цінами на момент проведення розрахунку розміру заподіяної шкоди (грн.): плітка – 30грн., короп – 70 грн., карась – 25 грн., лящ – 30 грн., червонопірка – 20 грн.

За попереднім розрахунком  $N_{зп} = 212$  кг,  $N_{зб} = 420$  кг, загалом 632 кг.

Розподіл у відсотковому співвідношенні риби, які мають кормову базу, в яку входить зоопланктон та зообентос у В'ялівському водосховищі наступне: плітка – 30%, короп – 20%, карась – 20%, лящ – 20%, червонопірка – 10%.

Розподіл по видам риби обсягів збитків у натуральному та вартісному вигляді є: плітка – 189,6 кг (5688 грн.), короп – 126,4 кг (8848 грн.), карась – 126,4 кг (3160 грн.), лящ – 126,4 кг (3792 грн.), червонопірка – 63,2 кг (1264 грн.).

Таким чином, обсяг грошових збитків заподіяних В'ялівському водосховищу за показником зменшення вилову п'яти видів риби (плітка, короп, карась, лящ, червонопірка) внаслідок дефіциту природних кормів складає 22 752 грн.

### Висновки

1. Одним із головних проявів антропогенного впливу на функціонування водних екосистем є зниження їх біопродуктивності. У зв'язку з цим, у межах виконання роботи економічні наслідки антропогенного забруднення водного об'єкту оцінювались шляхом розрахунку збитків, заподіяних водним об'єктам за показником зменшення рибопродуктивності внаслідок загибелі кормових організмів – представників зоопланктону (ракоподібних дафній) та зообентосу (личинки комах).

2. Для вирішення завдання з оцінювання економічних наслідків антропогенного забруднення водних об'єктів в якості найбільш доцільного (з позицій порушення структури водної екосистеми) обрано методичний підхід з розрахунку збитків, заподіяних рибному господарству внаслідок зменшення природної кормової бази для іхтіофауни, тобто за критерієм зниження рибопродуктивності.

3. Дослідження якості води В'ялівського водосховища здійснено влітку 2018 ро-

ку. Для проведення еколого-токсикологічної оцінки стану В'ялівського водосховища обрано 7 створів.

4. Хронічну токсичність виявлено у зразках води та донних відкладів зі створів №№ 3-7, що може бути наслідком водної ерозії ґрунтів, що проявляється у вигляді площинного і лінійного розмивання ґрунтів з сільгоспугідь та надходження до водойми забруднюючих речовин.

5. Збиток, заподіяний В'ялівському водосховищу за показником зменшення обсягів вилову риби при дефіциті природних кормів – зоопланктону складає 212 кг, зообентосу – 420 кг.

6. Обсяг грошових збитків заподіяних В'ялівському водосховищу за показником зменшення вилову п'яти видів риби (плітка, короп, карась, лящ, червонопірка) внаслідок дефіциту природних кормів складає 22 752 грн.

### Література

1. Балацкий О.Ф. Теоретические и практические вопросы определения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. К.: Знание, 1982. 15 с.

2. Балацкий О.Ф. Экономика чистого воздуха. К.: Наук. думка, 1979. 296 с.
3. Бублик, М.І. Теоретичне обґрунтування підходів до оцінки збитків. *Механізм регулювання економіки*. 2008. Т.2. №4. С. 117-126.
4. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. М. : Экономика, 1983. 94 с.
5. Реймерс Н.Ф. Природокористування: словник-довідник М.: Думка, 1990. 637 с.
6. Krainiukov O.M., Timchenko V.D. Economic Consequences of Anthropogenic Water Pollution (by Using Pechenizky Reservoir as an Example). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*, 2018. (19), 66-74. Retrieved із <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/12045>
7. ДСТУ 4173-2003. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD). Київ: Держспоживстандарт України, 2004.
8. Методика визначення токсичності на комахах *Chironomus dorsalis* Meig./ Затв. заступником Голови Державного департаменту рибного господарства Міністерства аграрної політики України від 22.02.2005 р.
9. Про затвердження Методики розрахунку збитків, заподіяних рибному господарству внаслідок порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів N 196 (з0794-11) від 09.06.2011р
10. Водний фонд України: Штучні водойми – водосховища і ставки: довідник / За ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня. К.: Інтерпрес, 2014. 164 с.
11. Цьонь Н. І., Чужма Н. П., Базаєва А. М. Реакція фіто- та зоопланктону на дію органічних добрив. *Рибне господарство*. 2009. Вип. 66. С. 212–216.

### References

1. Balatskiy, O.F. (1982). Teoreticheskiye i prakticheskiye voprosy opredeleniya ekonomicheskogo ushcherba ot okruzhayushchey sredy.[ Theoretical and practical issues of determining the economic damage from environmental pollution.] Kiev: Znaniye, 15. [In Russian].
2. Balatskiy, O.F.(1979).Ekonomika chistogo vozdukha. [Clean air economy]. Kiev: Nauk. dumka. 296. [In Russian].
3. Bublik, M.I. (2008). Teoretychne obgruntuvannya pidkhodiv do otsinky zbytkiv. [Theoretical substantiation of approaches to the estimation of losses]. Mekhanizm reguluyuvannya yekonomiki. 2(4), 117-126. [In Ukrainian].
4. Vremennaya tipovaya metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti osushchestvleniya prirodokhranykh meropriyatiy i otsenki ekonomicheskogo ushcherba, prichinyayemogo narodnomu khozyaystvu zagryazneniyem okruzhayushchey sredy.(1983). [Temporary standard methodology for determining the economic efficiency of environmental protection measures and assessing the economic damage caused to the national economy by environmental pollution]. Moscow: Ekonomika, 94. [In Russian].
5. Reymers, N.F. Prirodokoristuvannya: slovnik-dovidnik.[ Nature use: dictionary-directory]. Moskow : Dumka, 1990. 637 s. [In Russian].
6. Krainyukov, O., Timchenko, V. (2018). Yekonomichni naslidki antropogennogo zabrudnennya vodnikh ob'ektiv (na prikladі Pezheniz'kogo vodoshkovichcha)(angl.). Visnik Kharkiv's'kogo natsional'nogo universitetu imeni V. N. Karazina seriya «Yekologiya», (19), 66-74. Retrieved із <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/12045> [In Ukrainian].
7. DSTU 4173-2003. Yakist' vodi. Vznachannya gostroї letal'noї toksichnosti na *Daphnia magna* Straus ta *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD).(2004).[ DSTU 4173-2003. Water quality. Determination of acute lethal toxicity on *Daphnia magna* Straus and *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341: 1996, MOD). Київ: Derzhspozhivstandart Ukraїni. [In Ukrainian].
8. Metodika viznachennya toksichnosti na komakhakh *Chironomus dorsalis* Meig.(2005). [Method for determining the toxicity of insects *Chironomus dorsalis* Meig]. [In Ukrainian].
9. Pro zatverdzhennya Metodiki rozrakhunku zbitkiv, zapodiyanih ribnomu gospodarstvu vnaslidok porushennya zakonodavstva pro okhoronu navkolishn'ogo prirodnogo seredovishcha. (2011). [On Approval of the Methodology for Calculation of Damages Caused by the Fish Farming as a result of violations of the legislation on the protection of the environment.] Nakaz Ministerstva yekologii ta prirodnikh resursiv N 196 (z0794-11) [In Ukrainian].
10. KHil'chevs'kiy, V. K., Greben, V. V. (2014). Vodniy fond Ukraїni: Shtuchni vodoymi – vodoshkovichcha i stavki.[ Water Fund of Ukraine: Artificial reservoirs - reservoirs and rates: reference book] Kyiv: Interpres, 164. [In Ukrainian].
11. Tsony, N.I., Chuzhma, N.P., Bazaeva, A.M. (2009). Reaktsiya fitopreparata zooplanktona na organizmy organizmov Gosudarstvennyu podarok Ribne.[ The reaction of phyto-and zooplankton on the action of organic fertilizers]. Fish Farming, (66). 212-216. [In Ukrainian].

Надійшла до редакції 19.03.2019

УДК 551.5+556.531.4+556.561

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

*Харківський гідрометеорологічний технікум ОДЕКУ*

вул. Кооперативна, 10, м. Харків, 61003

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

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ БІОГЕННИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК ЗІ СТОКОМ р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ У МЕЖАХ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Мета** роботи – дослідити просторово-часову зміну стоку води, концентрації біогенних речовин у воді та встановлення зв'язку між ними, на р. Сіверський Донець. **Методи.** Статистичний аналіз. **Результати.** Для дослідження динаміки стоку води та змін середньорічних концентрацій біогенних елементів у річці Сіверський Донець вибрані пости: на кордоні з Російською Федерацією (с. Огірцеве); Печенізьке водосховище; м. Чулуїв; м. Зміїв. Для виявлення закономірностей у циклічних коливань стоку використано хронологічні та згладжені, за допомогою лінійного фільтру, часові ряди за періоди 1923-2016 рр. Періодичність фаз водності в середньому становить 3-5 років. Середні багаторічні концентрації фосфатів по постах знаходяться в інтервалі 0,65-1,96 мг/дм<sup>3</sup>, і коефіцієнт варіації 0,2, тобто мінливість фосфатів незначна. Середня концентрація нітритів по постах, за весь період спостережень змінюється у інтервалі 0,046-0,26 мг/дм<sup>3</sup>, а коефіцієнт варіації нітритів змінюється в межах 0,6-0,9, що вказує на мінливість показника у часі. Середні багаторічні концентрації нітратів по постах змінюються в інтервалі 0,71-4,96 мг/дм<sup>3</sup>, а коефіцієнт варіації нітратів становить 0,9. **Висновки.** Середньорічна концентрація біогенних речовин, на вказаних постах не має зв'язку з циклічністю водності річки, крім посту Печенізьке водосховище, де концентрація нітритів і фосфатів змінюються синхронно із середньорічними витратами води.

**Ключові слова:** водність, концентрація, нітрити, нітрати, фосфати, варіація

**Biryukov A. V.**

*Kharkov Hydrometeorological College ODEKU*

## RESEARCH OF BIOGENIC SUBSTANCES CONCENTRATIONS AND THEIR CONNECTION WITH RUNOFF OF THE SIVERSKIY DONETS RIVER IN THE BORDERS OF THE KHARKIV AREA

**Purpose.** The purpose is to investigate the spatial-temporal change in the runoff of water, concentration of nutrients in water and establishment of communication between them, on the river Seversky Donets. **Methods.** Statistical analysis was used as a key method. **Results.** For the study of water flow and changes in average annual concentrations of nutrients in the Seversky Donets River, selected posts are located: on the border with the Russian Federation (Ogurtsovo village); Pechenezh reservoir; Chuguev city; city of Zmiev. To identify cyclical patterns in runoff fluctuations, chronological and smoothed, using a linear filter, time series for the periods 1923-2016 are used. To identify cyclical patterns in runoff fluctuations, chronological and smoothed, using a linear filter, time series for the periods 1923-2016 are used. The frequency of phases of water content is on average 3-5 years. The average perennial phosphate concentrations in posts are in the range of 0.65-1.96 mg/dm<sup>3</sup>, and the coefficient of variation is 0.2, that is, the variability of phosphates is negligible. The average concentration of nitrites by posts, for the entire observation period, varies in the range of 0.046-0.26 mg/dm<sup>3</sup>, and the coefficient of variation of nitrites varies in the range of 0.6-0.9, which indicates a significant variability of the indicator over time. The average annual concentrations of nitrates in the posts vary in the range of 0.71-4.96 mg/dm<sup>3</sup>, and the coefficient of variation of nitrates is 0.9. **Conclusions.** The average annual concentration of biogenic substances at the indicated positions has no relation to the cyclicity of the water content of the river, except for the Pechenezh reservoir, where the concentration of nitrites and phosphates changes in synchrony with the average annual water consumption.

**Keywords:** discharge water, concentration, nitrites, nitrates, phosphates, variation

**Бирюков А. В.**

*Харьковский гидрометеорологический техникум ОГЭКУ*

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ СВЯЗЬ СО СТОКОМ р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ В ПРЕДЕЛАХ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Цель.** Исследовать пространственно-временную изменчивость стока воды, концентрации биогенных веществ в воде и установления связи между ними, на р. Северский Донец. **Методы.** Статистический анализ. **Результаты.** Для исследования стока воды и изменений среднегодовых концентраций биогенных элементов в реке Северский Донец выбранные посты: на границе с Российской Федерацией (с. Огурцово); Печенежское водохранилище; м. Чулуев; м. Змиев. Для выявления циклической закономірности в колебаниях стока использованы хронологические и сглаженные, с помощью линейного фильтра, временные ряды за периоды 1923-2016 гг. Периодичность фаз водности в среднем составляет 3-5 лет. Сред-



ние многолетние концентрации фосфатов по постам находятся в интервале – 0,65-1,96 мг/дм<sup>3</sup>, и коэффициент вариации 0,2, то есть изменчивость фосфатов незначительна. Средняя концентрация нитритов по постам, за весь период наблюдений меняется в интервале 0,046-0,26 мг/дм<sup>3</sup>, а коэффициент вариации нитритов изменяется в пределах 0,6-0,9. Среднемноголетние концентрации нитратов по постам изменяются в интервале 0,71-4,96 мг/дм<sup>3</sup>, а коэффициент вариации нитратов составляет 0,9. **Выводы.** Среднегодовая концентрация биогенных веществ, на указанных постах не имеет связи с цикличностью водности реки, кроме поста Печенежское водохранилище, где концентрация нитритов и фосфатов меняются синхронно со среднегодовыми расходами воды.

**Ключевые слова:** водность, концентрация, нитриты, нитраты, фосфаты, вариация

### Вступ

Тиск на водні ресурси постійно зростає, нерегламентоване водокористування призводить до погіршення якості водного середовища, це істотно впливає на екологію Харківської області. Аналіз сучасного стану річок басейну р. Сів. Донець та оцінка ступеню їхнього господарського використання показали, що при маловодній фазі циклу водності та великій нерівномірності річкового стоку інтенсивне водокористування призведе до виснаження і значного погіршення якості водних ресурсів [16]. Для раціонального використання водних ресурсів необхідний всебічний аналіз взаємозв'язків усіх компонентів ландшафтно-географічної системи в цілому, облік їхнього генезису і властивостей, закономірностей формування та змін під впливом природних і антропогенних факторів. В подальшому, якщо не вживати відповідних заходів, це може призвести до їх виснаження та понаднормативного забруднення вод регіону.

Мета роботи – дослідити просторово-часову зміну стоку води, концентрації біогенних речовин у воді та встановлення зв'язку між ними, на р. Сіверський Донець.

Біогенні речовини (сполуки *N* і *P*), наявні в природних водах, грають істотну роль в екологічних процесах, у водоймах, і впливають на хімічний склад і фізичні властивості води. Накопичення біогенних елементів у природних водах запускає розвиток водної рослинності, що призведе до якісної деградації водного об'єкта. Необхідність утримання процесу евтрофікації обумовлює необхідність виявлення зв'язків між біогенни-

ми речовинами та стоком води. При деструкції високомолекулярних органічних сполук природного та антропогенного походження збільшується забрудненість води і порушується нормальна життєдіяльність тварин і рослинних організмів [15].

Основним джерелом появи у природній воді  $NH_4$ , а потім  $NO_2$  і  $NO_3$  є різні складні органічні речовини тваринного і рослинного походження, що містять в своєму складі білок. У результаті цього складного біохімічного процесу, що протікає за участю різних бактерій і ферментів, водне розщеплення кінцевого продукту розпаду білкових речовин [3].

Визначення гідрохімічної характеристики води р. Сіверський Донець проводились у різні роки. Однією з перших комплексних робіт, з вивчення хімічного стану вод, є фундаментальне дослідження за редакцією М. С. Каганера, яке проводилось у кінці 60-х років минулого століття [14]. Сучасні дослідження гідрохімічного та екологічного режиму на р. Сів. Донець у різні роки проводились О. М. Крайнюковим, А. В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г. В. Коробковою, В. І. Осадчим, Н. М. Осадчою, А. П. Манченко, О. О. Ухань [2,7,16,9,12,1,17]. Дослідження змін концентрації біогенних речовин у басейні р. Сіверського Дінця виконане у роботах В.П. Самарина та О. О. Ухань [15,18]. Статистичний аналіз чинників формування біогенного складу води річки Десна за допомогою сумарних та різницевих інтегральних кривих зроблений Ю. А. Лузовіцькою та Н. М. Осадча [10].

### Методика дослідження

Спостереження за хімічним станом і контроль за забрудненням у басейні р. Сіверський Донець виконує дві державні установи, Український гідрометеорологічний

центр та Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів (СД БУВР) [13].

Заснування Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів відноситься до 1961 року, коли у місті Слов'ян-

ську була організована Державна водна інспекція по басейну Сіверського Дінця, покликана здійснювати контроль якісного стану водних об'єктів басейну, а також якісного складу стічних вод, що скидають підприємства у водні об'єкти, дотримання норм і вимог, що існували на той момент. У різні роки починаючи з 1961 року, спостереження здійснюється по 93 постах [11]. На них проводяться спостереження раз на місяць за такими елементами: температурою води, рН, вмістом розчиненого кисню, БСК<sub>5</sub>, іонним складом, основними забруднюючими елемен-

тами (сполуки азоту, фосфор, нафтопродукти, феноли і т. п.) за стандартними методами.

Деякі пости СД БУВР співпадають з постами Державної гідрометеорологічної служби на яких ведуться спостереження за водністю та хімічним складом.

При дослідженні динаміки змін середньорічних концентрацій біогенних елементів у річці Сіверський Донець нами вибрані такі пости, на яких ведуться спостереження за стоком та гідрохімічним станом це: 1. пост на кордоні з Російською Федерацією, пост с. Огірцеве; 2. пост Печенізьке водосховище; 3. пост м. Чугуєва; 4. м. Зміїв [11].

### Результати досліджень

На першому етапі дослідження проводилась робота по встановленню циклічності змін середньорічних витрати води на цих постах.

Для виявлення закономірностей у циклічних коливаннях стоку використано хронологічні та згладжені, за допомогою лінійного фільтру, часові ряди за періоди спостережень. Період згладжування, прийнятий на рівні трьох років.

Для збереження крайніх членів часових вибірок їх згладжування здійснювалося за процедурою, запропонованою у роботі [5], тобто:

а) для першого та останнього члена ряду:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 1/6 (5Q_1 + 2Q_2 - Q_3) \text{ та} \\ Q_n &= 1/6 (5Q_n + 2Q_{n-1} - Q_{n-2}) \end{aligned} \quad (1);$$

б) для члена ряду:

$$Q_2 = 1/3(Q_1 + Q_2 + Q_3) \quad (2)$$

Для аналізу, циклічності водності, побудовано хронологічний ряд витрат води для всіх років спостережень, по чотирьом постах, згладжений за допомогою лінійного фільтру по 3-х річках (рис. 1).

З чотирьох постів найдовший ряд спостережень за стоком на посту м. Зміїв, розпочався у 1923 року. На початку вимірів на річці маловодна фаза. З 1925 р. спостерігається багатоводна фаза до 1933 року. Далі з 1934 по 1939 маловодна. З 1941 по 1943 рр. спостереження за стоком не проводились та відновилися з 1944 року. На графіку (рис. 1) можливо побачити, що з 1947

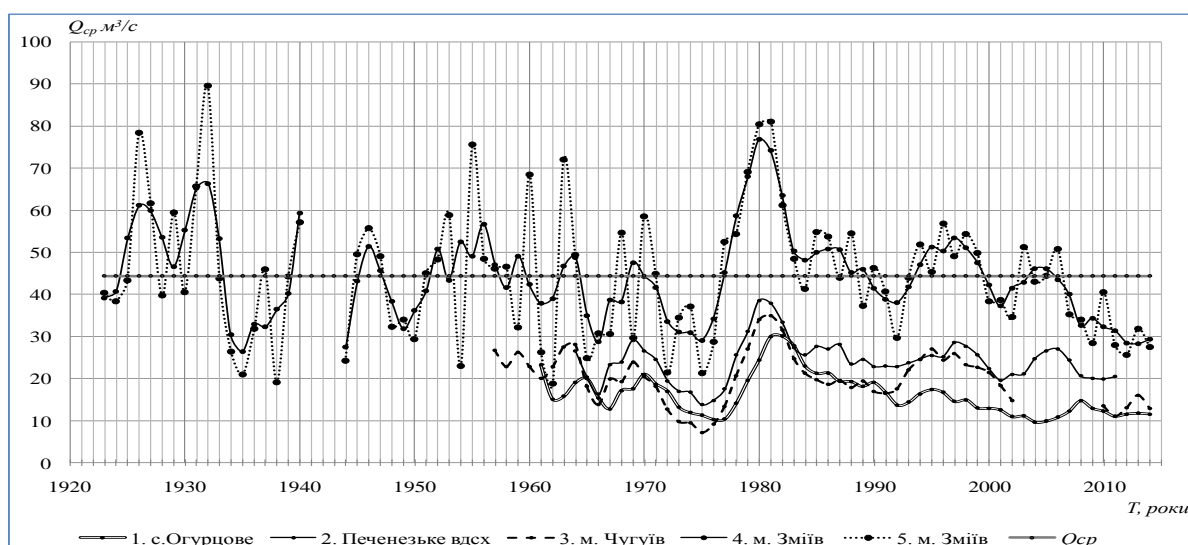


Рис. 1 – Річний стік на постах: 1. с. Огірцеве; 2. Печенізьке водосховище; 3. м. Чугуїв; 4. м. Зміїв (згладжений); 5. м. Зміїв (хронологічний)

по 1951 рр. є маловодна фаза. Починаючи з 1952 та по 1964 значення витрат води змінюються слабо, річний стік коливався в межах середньої величини. З 1965 по 1976 рр. спостерігається маловодна фаза. Починаючи з 1977 року спостерігається багатоводна фаза з максимумом у 1980 та закінченням у 1989р. Далі спостерігається зменшення стоку до 1993р. з 1994р. по 1999р. збільшення та з 2000 по 2014 знов зменшення.

На основі аналізу, згладжених за допомогою лінійного фільтру ряду, спостережень кривих стоку попередньо виявлені багатоводні і маловодні періоди.

Чітко визначити просторові закономірності коливань у рядах річного стоку не зовсім просто, оскільки вони залежать не лише від геліосиноптичних умов, але й від цілого комплексу фізико-географічних чинників: висотного положення водозборів, ландшафтів, рівня господарської діяльності на водозборах тощо. Проте наявні і деякі загальні риси у коливальних процесах стоку [4].

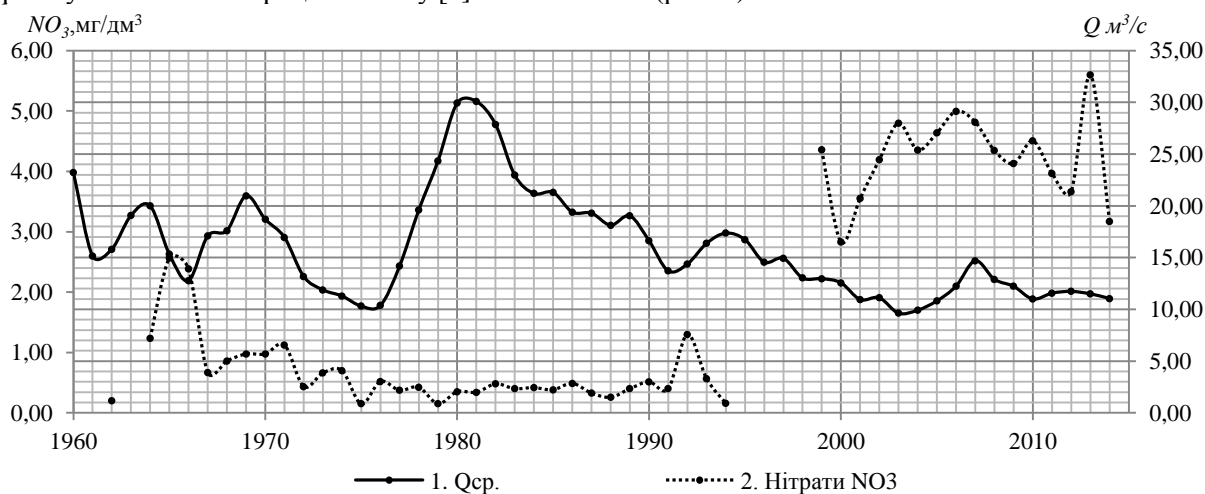


Рис. 2 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітратів  $NO_3$  на р. Сів.Донець – с. Огірцеве

З хронологічного графіку (рис. 2) визначено, що середня річна концентрація нітратів  $NO_3$ , у 1964-1967 рр. має відносно велике значення. В наступні роки вміст  $NO_3$  у річкових водах поступово зменшується, з найменшим значенням  $0,15 \text{ мг/дм}^3$  у 1975 та 1979 роках, що припадає на кінець маловодної фази водності, та початок багатоводної, де максимум спостерігається у 1980 році.

У другій половині 90-х років виміри концентрацій нітратів не проводились. Починаючи з 1999 року концентрація суттєво збільшується, у 8 разів та становить  $4,32$

Як можливо визначити з рисунка 1 цикли водності для всіх постів однакові, є деякі не суттєві розбіжності, які викликані місцевими господарським впливом на стік р. Сів. Донець. Загальним для всіх постів є циклічність фаз 3-4 роки. Найбільш максимальна водність припадає на 1980 р. для всіх постів. Тривалість цього багатоводного циклу 10-13 років. Він закінчується у кінці 80-х, далі водність річки входить у маловодну фазу, на посту с. Огірцеве, з 1991 р. по теперішній час, тобто вже 26 років. На інших постах циклічність з періодам 3-8 роки.

Наступний крок роботи дослідження біогенних сполук: нітритів  $NO_2$ , нітратів  $NO_3$ , фосфатів. Для аналізу брались дані, у СД БУВР, середньорічна концентрація, яка розраховується як середньо арифметичне значення місячних концентрацій. Для дослідження середньорічної концентрації біогенних сполук побудовано хронологічний графік змін концентрацій та витрат води (рис. 2).

$\text{мг/дм}^3$ , збільшення спостерігаються до 2014 року.

Середня багаторічна концентрація нітратів, на посту с. Огірцеве, дорівнює  $1,7819 \text{ мг/дм}^3$  (табл. 1). Для статистичного аналізу змін середньорічних концентрацій, хронологічного ряду, відносно середнього багаторічного значення, розраховано коефіцієнт варіації по формулі [5]:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n}} \quad (3),$$

де  $C_v$  – коефіцієнт варіації;  $k_i$  – модульний коефіцієнт

$$k_i = C_v / C_{cp} \quad (4)$$

де  $C_i$  – середньорічна концентрація;  $C_{cp}$  – середня багаторічна концентрація;  $n$  –

кількість років спостережень, якій дорівнює 0,98. Відносно велике значення  $C_v$  говорить про значну варіацію середньорічної концентрації  $NO_3$ , на посту с. Огірцеве, відносно її середнього значення, за весь період спостережень.

**Таблиця 1**  
Середні багаторічні концентрації біогенних елементів за весь період спостережень на р. Сів. Донець

Пункт спостережень	$F$ , км <sup>2</sup>	$L$ , км	$Q_{cp}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$ ( $Q_{cp}$ )	Фосфати мг/дм <sup>3</sup>	$C_v$ фосфати	Нітрити $NO_2$ мг/дм <sup>3</sup>	$C_v$ $NO_2$	Нітрати $NO_3$ мг/дм <sup>3</sup>	$C_v$ $NO_3$
с. Огірцеве	5540	109	15,8	0,39			0,1082	0,64	1,7819	0,98
Печенізьке водосховище	8400	179	24,1	0,28	0,6539	0,24	0,0464	0,67	0,7107	0,93
м. Чугуїв	10300	216	20,0	0,44	0,6995	0,14	0,0873	0,91	1,0117	1,03
м. Зміїв	16600	260	44,4	0,34	1,9599	0,17	0,2581	0,98	4,9597	1,02

Для аналізу впливу біогенних сполук на екологічний стан р. Сів. Донець використовуються гранично допустимі концентрації (ГДК) для рибогосподарчих водойм, це  $NO_3 = 40,0$  мг/дм<sup>3</sup>,  $NO_2 = 0,08$  мг/дм<sup>3</sup>, фосфати =  $0,2$  мг/дм<sup>3</sup> [6,8]. На р. Сів. Донець пост с. Огірцеве перевищень ГДК для нітратів не відбулось.

Частота змін концентрації нітритів  $NO_2$  на посту с. Огірцеве (рис. 3) відбувалась у більш широкому діапазоні. Збіжності з коли-

ванням водності, тобто синхронності або асинхронності, не спостерігається.

За весь період спостережень можливо виділяти три максимуми це 1972 –  $0,3625$  мг/дм<sup>3</sup>, 1984 –  $0,2964$  мг/дм<sup>3</sup> та 1991 –  $0,2875$  мг/дм<sup>3</sup> роках. Мінімум дорівнює  $0,0033$  мг/дм<sup>3</sup> у 1963 році. Середньорічна концентрація  $NO_2$  за весь період спостережень, дорівнює  $0,1082$  мг/дм<sup>3</sup> з коефіцієнтом варіації –  $0,64$  (табл. 1).

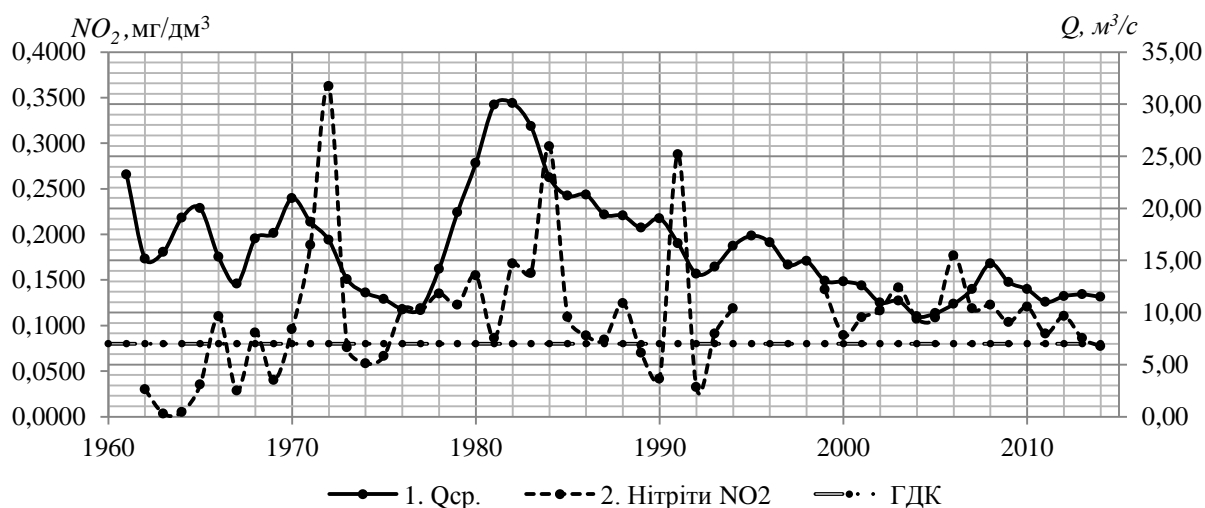


Рис. 3 –Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітритів  $NO_2$  на р. Сів. Донець – с. Огірцеве

Вміст нітритів у воді р. Сів. Донець – с. Огірцеве у більшості років спостережень перевищує ГДК для рибогосподарчих водойм, у кілька разів. Амплітуда змін, концентрація  $NO_2$ , у останні роки 1999-2014 рр. зменши-

лась та дорівнює  $0,08$  мг/дм<sup>3</sup>, з мінімумом спостережень на рівні ГДК.

Зміни концентрації нітратів на посту Печенізьського водосховища у 60-х роках відбуваються без зв'язку зі стоком (рис. 4).

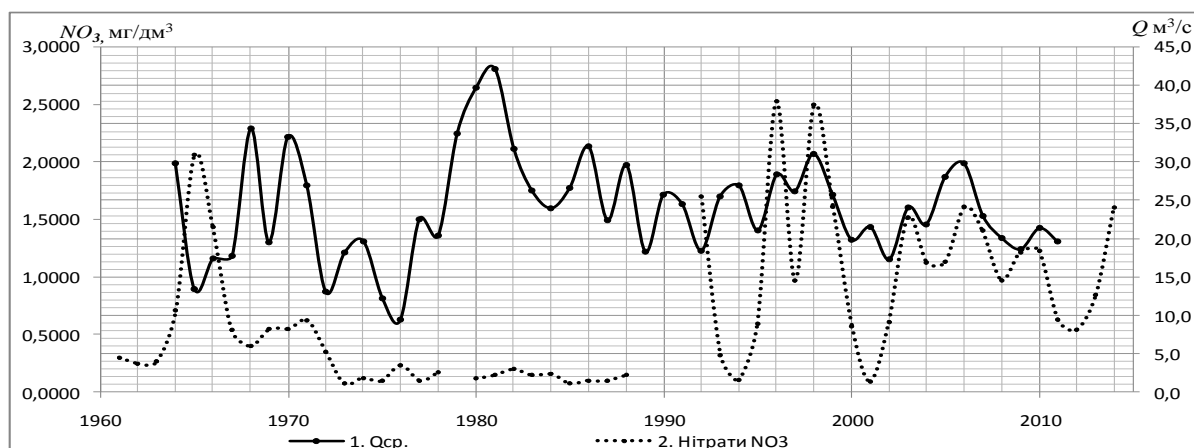


Рис. 4 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітратів  $NO_3$  на р. Сів. Донець – Печенізьке водосховище

Мінімальні концентрації спостерігалися починаючи з 1973р. –  $0,075 \text{ мг/дм}^3$  до 1988р. –  $0,15 \text{ мг/дм}^3$  – це асинхронно до відносності з максимумом 1981р.

З 1992 року концентрація починає змінюватися у дуже широкому діапазоні з амплітудою  $2,5 \text{ мг/дм}^3$ . Зміни середньої річної концентрації синхронні з витратами води та припадають на багатоводну фазу. Синхронні коливання вмісту  $NO_3$  зі стоком, спостерігаються і в 2000 роках.

За весь період спостережень, можливо виділити три максимум: у 1965 р. –  $2,0667 \text{ мг/дм}^3$ , 1996 р. –  $2,5291 \text{ мг/дм}^3$  та 1998 р. –  $2,4982 \text{ мг/дм}^3$  (рис. 4).

Середнє багаторічне значення концентрації на р. Сіверський Донець – Печенізьке водосховище дорівнює  $0,7107 \text{ мг/дм}^3$ , це значно менше ніж у попередньому пункті

спостережень (табл. 1),  $C_v$  дорівнює 0,93. Перевишень ГДК не відбувалось за весь період спостережень.

Хронологічний графік концентрації нітритів на р. Сіверський Донець – Печенізьке водосховище (рис. 5) у більшості випадків синхронні з коливаннями середньорічних витрат води.

Максимальні значення вмісту  $NO_2$  у воді, спостерігались у 1972 р. –  $0,1475 \text{ мг/дм}^3$ , 1987 р. –  $0,1325 \text{ мг/дм}^3$  та 1993 р. –  $0,1058 \text{ мг/дм}^3$ . Мінімальна концентрація спостерігалась у 1963 р. –  $0,0013 \text{ мг/дм}^3$ . Середня багаторічна концентрація за весь період спостережень, дорівнює  $0,1082 \text{ мг/дм}^3$  з коефіцієнтом варіації – 0,67 (табл. 1). За весь період спостережень перевищення ГДК відбувалось у максимумах 1972, 1980, 1987 і 1993 рр.

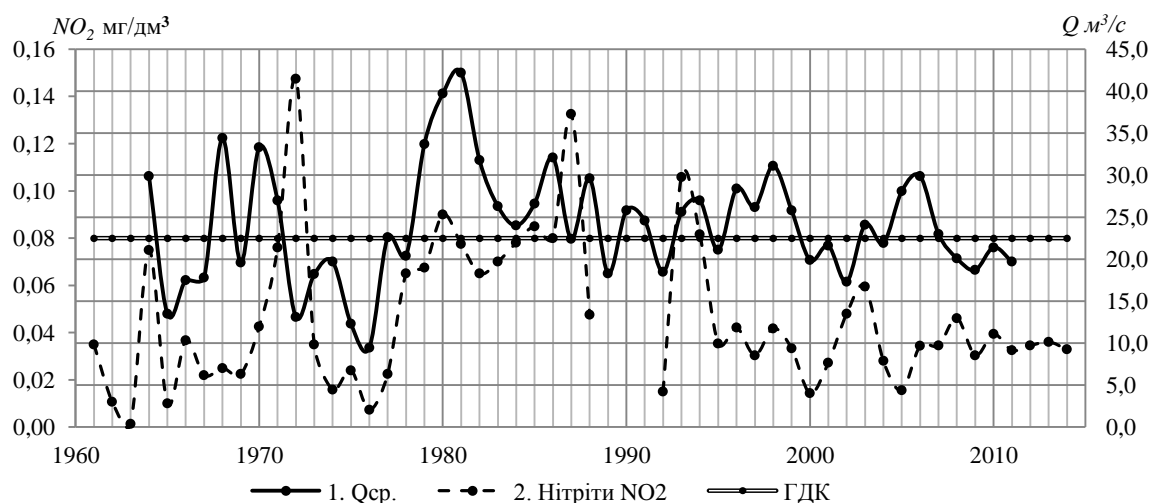


Рис. 5 – Хронологічний графік – 1. Стоку води і 2. Концентрації нітритів  $NO_2$  на р. Сів. Донець – Печенізьке водосховище

Спостереження за концентрацією фосфатів на р. Сіверський Донець – Печенізьке водосховище за даними СБ БУВР розпочалися з 1994 р. (рис. 6). Спочатку спостережень до 2001р. значення концентрації фосфатів асинхронні коливанням стоку. Починаючи з 2002 року, хронологічний графік

концентрації повністю синхронне з середньорічним витратам води. Середня багаторічна концентрація дорівнює  $0,6539 \text{ мг/дм}^3$ , коефіцієнт варіації становить  $0,24$  (табл. 1). Значення середньорічної концентрації фосфатів перевищує ГДК за весь період спостережень.

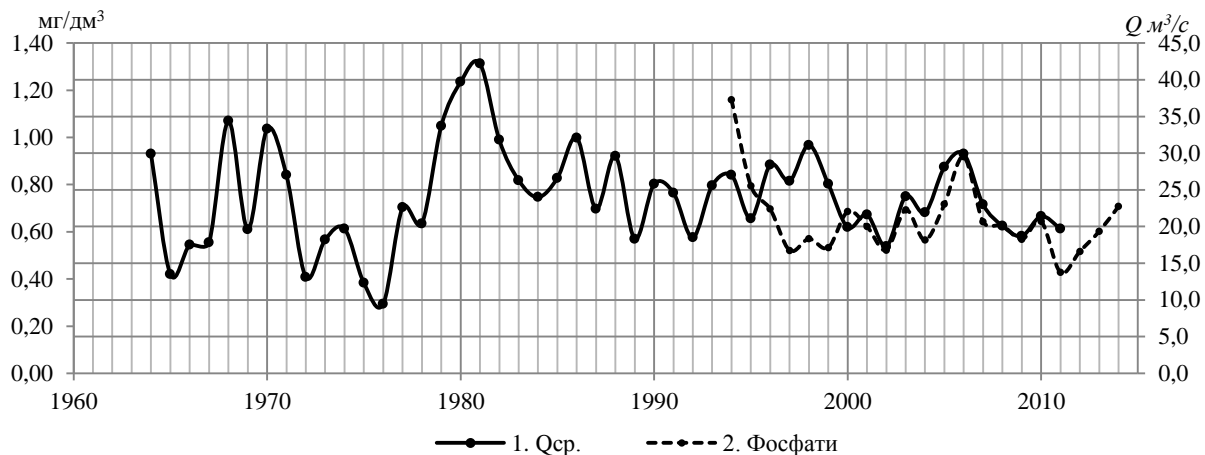


Рис. 6 – Хронологічний графік – 1. Стоку води і 2. Концентрації фосфатів на р. Сів. Донець – Печенізьке водосховище

На посту р. Сіверський Донець – м. Чугуїв хронологічний графік концентрації нітратів (рис. 7) з початку спостережень 1967р. змінюється синхронно з витратами води до 1974 р., а починаючи з 1975р. концентрація практично не змінюється та знаходиться на мінімальному рівні. За весь період спостережень можливо виділити один максимум у 1998 році –  $3,6191 \text{ мг/дм}^3$ . Мінімум концентрації спостерігався у 1979 р. –  $0,1000 \text{ мг/дм}^3$ .

У 80-х роках хронологічний графік  $\text{NO}_3$  асинхронний, спостерігається збільшення витрат води та зменшення концентрації. Починаючи з 1994 р. концентрації збільшуються у декілька разів. Середньобагаторічне значення концентрації за весь період спостережень дорівнює  $1,0117 \text{ мг/дм}^3$ ,  $C_v = 1,03$  (табл. 1). Перевищень ГДК не спостерігалось.

Концентрація нітритів на посту р. Сіверський Донець – м. Чугуїв змінюється без видимого зв'язку зі стоком (рис. 8).

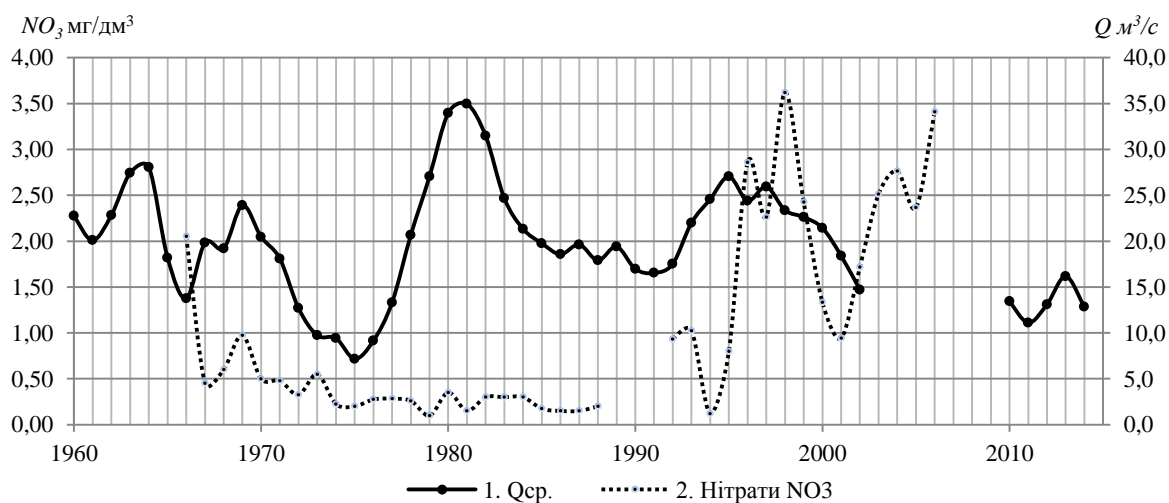


Рис. 7 – Хронологічний графік – 1. Стоку води і 2. Концентрації нітратів  $\text{NO}_3$  на р. Сів. Донець – м. Чугуїв

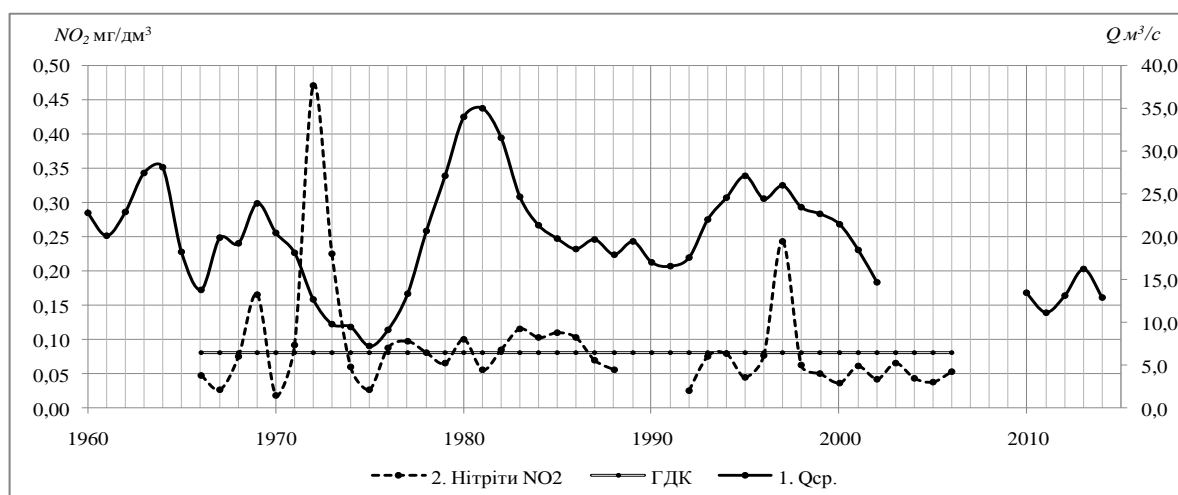


Рис. 8 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітритів  $NO_2$  на р. Сів. Донець – м. Чугуїв

Максимами спостережень у 1972 році –  $0,4700 \text{ мг/дм}^3$  та у 1997 р. –  $0,2431 \text{ мг/дм}^3$ . За весь період, мінімальні значення концентрації  $NO_2$ , зафіксовані у 1970 р. –  $0,0175 \text{ мг/дм}^3$ , 1975 р. –  $0,265 \text{ мг/дм}^3$ , 1992 р. –  $0,243 \text{ мг/дм}^3$  (рис. 8). Середньорічна концентрація  $NO_2$  дорівнює  $0,0873 \text{ мг/дм}^3$ , що вище за

ГДК для рибогосподарчих потреб,  $C_v = 0,91$  (табл. 1). Перевищення ГДК спостерігалися у 1971-73 рр., 1976-77 рр., 1997 р.

Спостереження за фосфатами на посту Сіверський Донець – м. Чугуїв почалось у 1994 році зміни відбуваються без зв'язку з середньорічними витратами води (рис. 9).

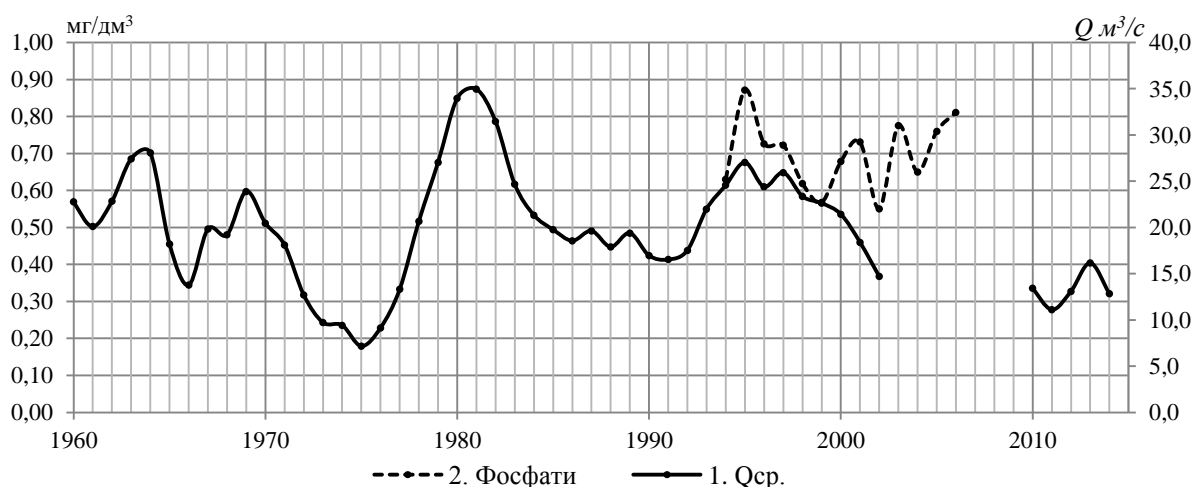


Рис. 9 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації фосфатів на р. Сів. Донець – м. Чугуїв

Середньорічне значення концентрації фосфатів дорівнює  $0,6995 \text{ мг/дм}^3$ ,  $C_v = 0,14$ . Перевищення ГДК для рибогосподарчих потреб спостерігається за весь період спостережень.

Хронологічний графік, концентрації  $NO_3$ , на р. Сіверський Донець – м. Зміїв, на початку спостережень, у 1961р., асинхронний коливанню стоку з максимумом у 1966 р. –  $4,510 \text{ мг/дм}^3$ , який відповідає мінімальній витраті води. Починаючи з 1967 р. кон-

центрація нітратів мало змінюється на мінімальному рівні (рис. 10). У 1994 році спостерігався мінімум за період спостережень –  $0,200 \text{ мг/дм}^3$ , далі значення  $NO_3$  поступово збільшується до  $12,0 \text{ мг/дм}^3$  та вже знаходяться на цьому рівні до кінця спостережень.

Середньорічна концентрація за весь період спостережень становить  $4,9597 \text{ мг/дм}^3$ ,  $C_v = 1,02$  (табл. 1). Це майже у 5 разів вище попереднього поста. Перевищення ГДК не спостерігається за весь період спостережень.

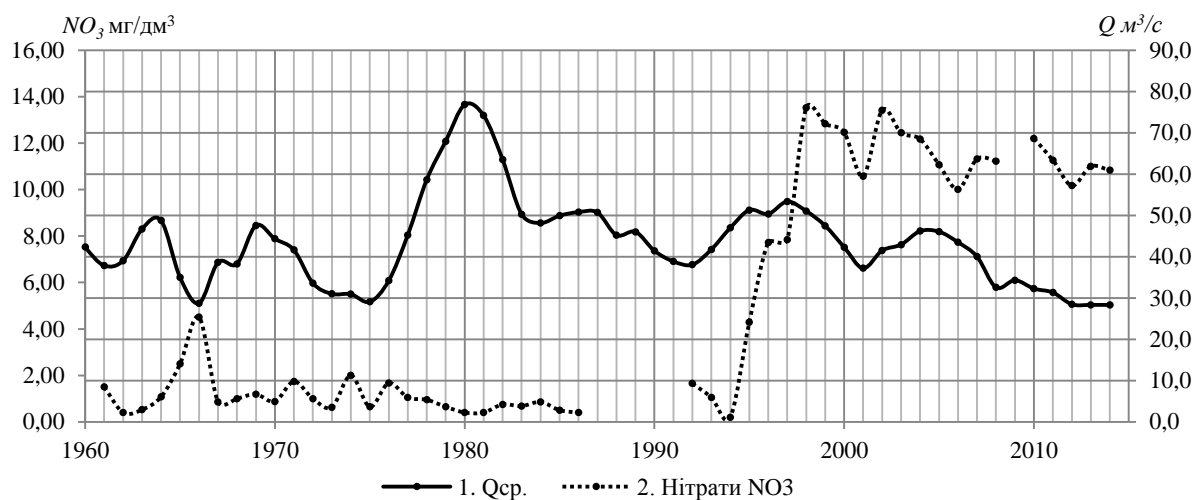


Рис. 10 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітратів  $NO_3$  на р. Сів. Донець – м. Зміїв

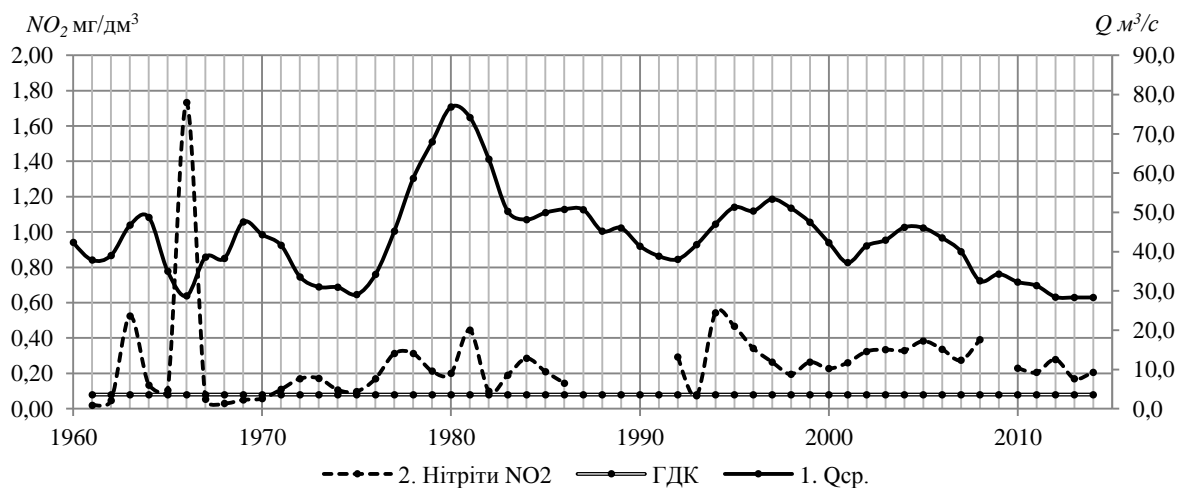


Рис. 11 – Хронологічний графік: 1. Стоку води і 2. Концентрації нітритів  $NO_2$  на р. Сів. Донець – м. Зміїв

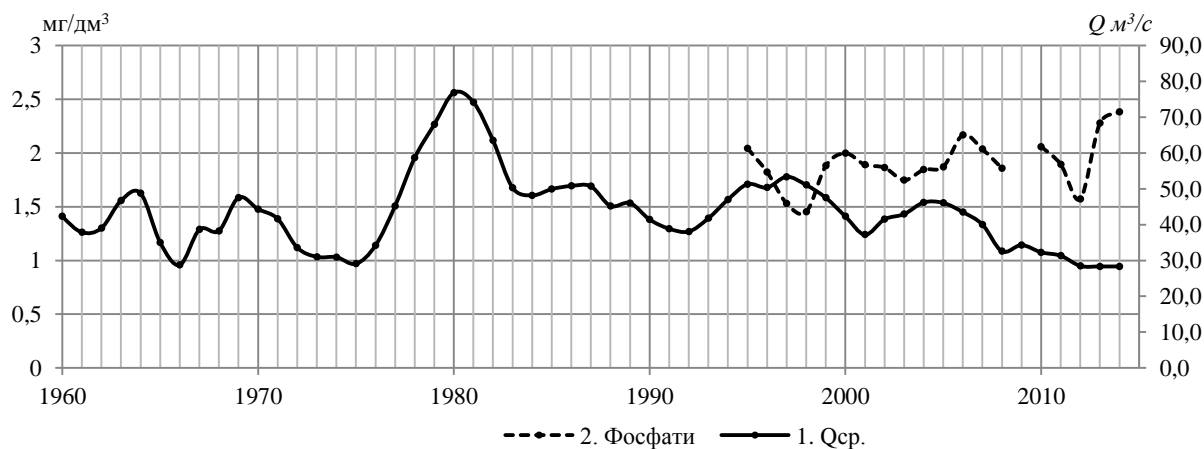


Рис. 12 – Хронологічний графік – 1. Стоку води і 2. Концентрації фосфатів на р. Сів. Донець – м. Зміїв



Концентрація нітратів на посту р. Сіверський Донець – Зміїв у 60-х роках змінюється без видимого зв'язку зі стоком, з максимумом у 1966 р. – 1,733 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 11).

Середнє багаторічне значення концентрації дорівнює 0,2581 мг/дм<sup>3</sup> з  $C_v = 0,98$  (табл. 1). Це значення перевищує ГДК для рибогосподарських водойм, у 3 рази. Перевищення спостерігалось практично за весь період спостережень, за винятком у 1961-62 рр., 1967-71 рр. та у 1994 р.

Зміни у концентраціях фосфатів на р. Сіверський Донець – м. Зміїв відбувались без зв'язку з водністю річки (рис. 12). Амплітуда дорівнює 1 мг/дм<sup>3</sup>. Середньорічна концентрація фосфатів за весь період спо-

стережень дорівнює 1,9 мг/дм<sup>3</sup>. Перевищення ГДК для рибогосподарчих потреб спостерігається за весь період спостережень.

Для аналізу концентрації біологічних сполук по довжині річки Сіверський Донець побудовано графік змін концентрації (рис. 13).

На кордоні з РФ пост с. Огірцеве концентрації середні багаторічні дещо перевищують ГДК для рибогосподарських водойм. Вміст  $NO_3$  не перевищує ГДК. Далі за течією йде пост Печенізьке водосховище. На цьому посту концентрація біогенних елементів не перевищує ГДК та дещо менша за пост с. Огірцеве, на нашу думку це вплив Печенізького водосховища, яке є акумулятором води та хімічних сполук, що містяться у ній.

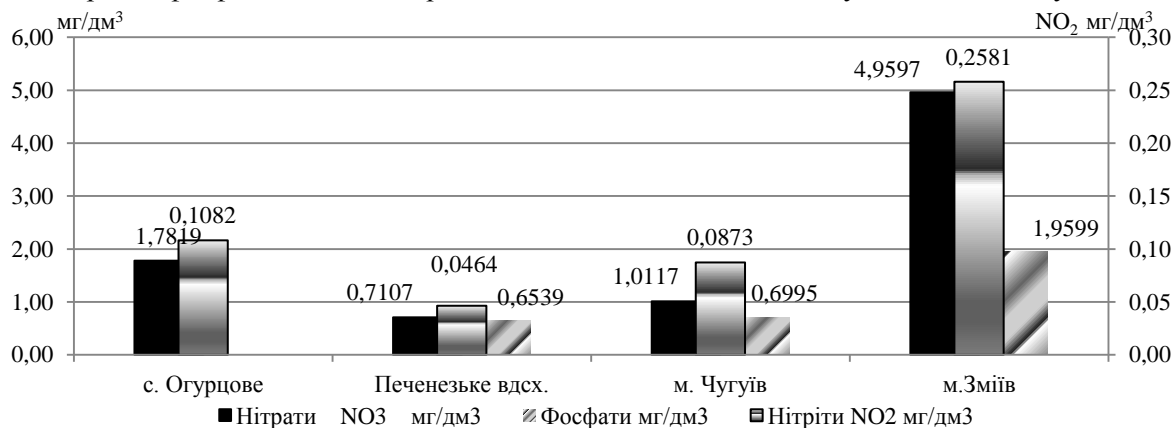


Рис. 13 – Зміна концентрації біогенних сполук по доважені р. Сів. Донець

Наступний пункт м. Чугуїв концентрації збільшуються для нітритів середня багаторічна концентрація на рівні ГДК. Далі за течією пост м. Зміїв де концентрація збільшується у декілька разів для  $NO_3$  у 4 рази,  $NO_2$  у 3 рази, фосфати у 10 разів.

Отримані результати є першим етапом більш широкого дослідження. Наступ-

ним кроком роботи планується розширити кількість постів по р. Сів. Донець та її приток.

Визначити природні та антропогенні фактори які впливають на формування змін стоку та концентрації біогенних сполук на території дослідження.

### Висновки

1. Визначені цикли водності для р. Сіверський Донець на чотирьох досліджуваних постах. Періодичність фаз водності у середньому становить 3-5 років. Максимальна водність спостерігалась у 1978-1984 рр., з максимальним середньорічним значенням у 1980 році. Тривалість цього багатогодового циклу 10-13 років. З 2000 років на річці спостерігається фаза мінімальної водності.

2. Середньорічна концентрація біогенних сполук, на досліджуваних постах не має тісного зв'язку з циклічністю водності у

річці, крім спостережень на Печенізькому водосховищі. На якому концентрації нітритів та фосфатів змінюються синхронно з середньорічними витратами води.

3. Обчислені значення коефіцієнту варіацій середньорічних концентрацій біогенних речовин. Аналіз цих розрахунків показує, що концентрації фосфатів змінюються з року у рік слабо, на відміну від концентрацій нітритів та нітратів.

4. Середньорічна концентрація нітратів  $NO_3$  має загальну тенденцію для всіх постів. У 60-х та 70-х роках вона змінюється

ся, у більшості випадків, асинхронно з водністю до кінця 70-х років, далі її значення знаходяться на мінімальному рівні (водність річки максимальна), до середини 90-х років. Починаючи з середини 90-х її значення дуже суттєво збільшуються у 3 – 4 рази. Перевищення концентрації ГДК на всіх постах відсутні.

5. Середньорічна концентрація нітритів  $NO_2$  зменшується однаково для всіх постів. Хронологічний графік коливається без видимого зв'язку зі стоком води, крім поста Печенізьке водосховище де зміни відбуваються синхронно з витратами води. Середнє багаторічне за весь період спостережень перевищує ГДК на постах: с. Огірцеве та м. Зміїв.

6. Середньорічна концентрація фосфатів змінюється синхронно з середньоріч-

ними витратами води, на посту Печенізьке водосховище та інших постах відбуваються зміни без видимого зв'язку зі стоком води. Середньорічне значення перевищує ГДК для рибогосподарського призначення на всіх постах де проводились спостереження. Середнє багаторічне значення концентрації на посту м. Зміїв –  $2,0 \text{ мг/дм}^3$  перевищує ГДК у 10 разів.

7. Зміна концентрації біогенних елементів по довжині р. Сіверський Донець відбувається не однозначно. На другому посту (Печенізьке водосховище) вона зменшується а далі починає збільшуватись з максимумом у останньому посту спостережень (м. Зміїв) де вона збільшується у декілька разів. Такі зміни доводять що на річці є суттєве антропогенне навантаження.

### Література

1. Osadchy V., Osadcha N., Nabyvanets Ju. Chemical composition and water quality fsurface watersin Ukraine // Environmental Health Risk II, WIT Press, Southampton, Boston. 2003. 15-24.
2. Krainiukov O. M. Timchenko V. D. Economic consequences of anthropogenic water pollution (by using pechenizky reservoir as an example). Karazin University Journal of Ecology. 2018(19). 66-74.
3. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444с.
4. Гопченко Є.Д., Діденко Г.В., Довгич М.І. Особливості багаторічної мінливості річного стоку деяких річок України. Наук. праці УкрНДГМІ. 2007. Вип. 256. С. 223-232.
5. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки. Одеса: ТЕС. 2014. 484 с.
6. 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.
7. Крайнюков О. М. Сучасний екологічний стан водних об'єктів басейну річки Сіверський Донець. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. № 3-4. 2015. С. 71-77.
8. Клименко М. О., Вознюк Н. М., Вербецька К. Ю. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод [Електронний ресурс]. 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).
9. Коробкова Г. В. Сучасний екологічний стан басейну річки Сіверський Донець в межах Харківської області. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія». № 14. 2016. С. 66-70.
10. Лузовіцька Ю. А., Осадча Н. М. Аналіз чинників формування біогенного складу води річки Десна за допомогою сумарних та різницевих інтегральних кривих. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. Т. 1. С. 85-94.
11. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. веб-сайт. URL:<http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (дата звернення: 12.04.2019).
12. Осадча Н.М., Осадчий В.І. Особливості формування хімічного складу поверхневих вод України у 2000 р. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. К.: Ніка-Центр. 2001. Т.ІІ. С. 379 – 389.
13. Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів. Про Управління. веб-сайт. URL: <http://www.sdbuvr.slav.dn.ua>(дата звернення: 12.04.2019).
14. Ресурси поверхностных вод СССР: Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 3. Бассейн Северского Донца и рек Приазовья. / Под ред. М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 492 с.
15. Самарина В.П. Пространственно-временная изменчивость биогенных веществ в воде р. Оскол. Вод. ресурсы. Т. 35. №3. 2008. С. 364-369.
16. Сучасний екологічний стан української частини річки Сіверський Донець (експедиційні дослідження) / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, А.В. Колісник та ін.: Х.: ВПП «Контраст», 2011. 340 с.
17. Ухань О. О., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Манченко А. П. Особливості формування хімічного складу поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець. Наук. пр. УкрНДГМІ. 2002. Вип. 250. С. 262–277.
18. Ухань О.О., Осадчий В.І. Вплив природних та антропогенних чинників на формування режиму біогенних елементів у поверхневих водах басейну Сіверського Дінця. Наук. праці УкрНДГМІ. 2011. Вип. 261. С. 163-178.

### References

1. Osadchy, V., Osadcha, N., Nabyvanets, Ju. (2003). Chemical composition and water quality of surface waters in Ukraine. *Environmental Health Risk II, WIT Press, Southampton, Boston*. 15-24 [in English].
2. Krainiukov, O. M. Timchenko, V. D. (2018). Economic consequences of anthropogenic water pollution (by using pechenizky reservoir as an example). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*. (19). 66-74 [in Ukrainian].
3. Alekin, O.A. (1970). Osnovy gidrohimii [Basics of hydrochemistry]. *Leningrad: Gidrometeoizdat*,. 444 [in Russian].
4. Gopchenko, Ye. D., Didenko, G.V., Dovgy`ch, M.I. (2007). Osobly`vosti bagatorichnoyi minly`vosti richnogo stoku deyaky`x richok Ukrayiny`. [Features of long-term variability of annual runoff of some rivers of Ukraine]. *Naukovi praci UkrNDGMI*, (256), 223-232 [in Ukrainian].
5. Gopchenko, Ye.D., Loboda, N.S., Ovcharuk, V.A. (2014). Gidrologichnirozrakhunky`. [Hydrological calculations. Tutorial]. *Odesa: TES*. 484 [in Ukrainian].
6. Grany`chno dopusty`mi znachennya pokazny`kiv yakosti vody` dlyary`bogospodars`ky`xvodojm. Zagal`ny`jperelik GDK i OBRV shkidly`vy`xrechovy`ndlyavody` ry`bogospodars`ky`xvodojm (chy`nny`j vid 09.08.1990). [Maximum allowable values of water quality indicators for fishing reservoirs. General list of MAC and OBRV of harmful substances for water in fish-water reservoirs (effective from 08.09.1990)]. K.: *Ministerstvo ry`bongo gospodarstva SSSR*. 45
7. Krajnyukov, O. M. (2015). Suchasny`j ekologichny`j stan vodny`x ob`yektiv basejnu richky` Sivers`ky`j donecz`. [The current ecological state of water bodies of the Seversky Donets river basin] *Lyudy`na ta dovkillya. Problemy` neoekologiyi*. (3-4). 71-77 [in Ukrainian].
8. Kly`menko, M. O., Voznyuk, N. M., Verbecz`ka, K. Yu. (2012). Porivnyal`ny`j analiz normaty`viv yakosti poverxnevny`x vod. [Comparative analysis of surface water quality standards]. *Naukovi dopovidi Nacional`nogo universy`tetu bioresursiv ta pry`rodokory`stuvannya*. 1(30). Available at: [http://nd.nubip.edu.ua/2012\\_1/12kmo.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf) [in Ukrainian].
9. Korobkova, G. V. (2018) Suchasny`j ekologichny`j stan basejnu richky` Sivers`ky`j Donecz` v mezhax Xarkivs`koyi oblasti. [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 [in Ukrainian].
10. Luzovicz`ka, Yu. A., Osadcha, N. M. (2017). Analiz chy`nny`kiv formuvannya biogennogo skladu vody` richky` Desna za dopomogoyu sumarny`x ta rizny`cevy`x integral`ny`x kry`vy`x. [Analysis of the factors of formation of the nutrient composition of the Desna River water with the help of total and difference integral curves]. *Gidrologiya, gidroximiya i g`idroekologiya*. K.: *Nika-Centr*. (1). 85-94.
11. Monitory`ng ta ekologichna ocinka vodny`x resursiv Ukrayiny. (2019). [Monitoring and ecological assessment of water resources of Ukraine. website]. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWater-Mon/GDKMap/Index> [in Ukrainian].
12. Osadcha N.M., Osadchy`j V.I. (2001). Osobly`vosti formuvannya ximichnogo skladu poverxnevny`x vod Ukrayiny` u 2000 r. [Features of formation of the chemical composition of surface waters of Ukraine in 2000] *Gidrologiya, gidroximiya i g`idroekologiya*. K.: *Nika-Centr*. (2). 379- 389 [in Ukrainian].
13. Sivers`ko-Donecz`ke basejnove upravlinnya vodny`x resursiv. Pro Upravlinnya. (2019). [Siversky-Donets Basin Water Resources Department. About Managing]. *Website*. URL: <http://www.sdbuvr.slav.dn.ua> [in Ukrainian].
14. Kaganer, M. (1967). *Resursy` poverxnostny`x vod SSSR: Tom 6. Ukraina i Moldaviya. Vy`pusk 3. Bassejn Severskogo Don-cza i rek Priazov`ya*. [Resources of surface waters of the USSR: Volume 6. Ukraine and Moldova. Issue 3. Pool of the Seversky Donets and the rivers of the Azov Sea.]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 492 [in Russian].
15. Samarina, V. (2008). Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost` biogeny`x veshhestv v vode r. Oskol. [Spatio-temporal variability of nutrients in the water of the Oskol River.]. *Vod. resursy* . 35(3). 364-369 [in Russian].
16. Gry`cenko, A.V., Vasenko, O.G., Kolisny`k, A.V. (2011). Suchasny`j ekologichny`j stan ukrayins`koyi chasty`ny` richky` Sivers`ky`j Donecz` (ekspedy`cijni doslidzhennya) [The current ecological state of the Ukrainian part of the river Siversky Donets (expeditionary researches)]. Kharkiv: *VPP «Kontrast»*,. 340 [in Ukrainian].
17. Uxan`, O. O., Osadchy`j, V. I., Osadcha, N. M., Manchenko, A. P. (2002). Osobly`vosti formuvannya ximichnogo skladu poverxnevny`x vod basejnu r. Sivers`ky`j Donecz` [Features of formation of the chemical composition of surface waters of the river Siversky Donets river]. *NaukovipraciUkrNDGMI*,250. 262–277 [in Ukrainian].
18. Uxan`, O.O., Osadchy`j, V.I. (2011). Vply`v pry`rodny`x ta antropogenny`x chy`nny`kiv na formuvannya rezhy`mu biogeny`x elementiv u poverxnevny`x vodax basejnu Sivers`kogo Dincya. [Influence of natural and anthropogenic factors on the formation of the regime of biogenic elements in the surface waters of the Seversky Donets basin]. *Naukovi praci UkrNDGMI*, 261. 163-178 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 22.04.2019

УДК 504+612.3

**Н. В. МАКСИМЕНКО<sup>1</sup>**, д-р геогр. наук, доц., **О. П. МОРОЗ<sup>1</sup>**

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

e-mail: [nadezdav08@gmail.com](mailto:nadezdav08@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>  
[morozaleksandra761@gmail.com](mailto:morozaleksandra761@gmail.com)

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ПРИ ВЖИВАННІ СИРИХ І ВАРЕНИХ ОВОЧІВ

Ризик для здоров'я людини при споживанні овочів ґрунтується на характеристиці шкідливих ефектів, здатних розвинути в організмі людини при тривалому використанні цих продуктів. У той же час, при споживанні овочів людиною можливим є зменшення вмісту у них забруднюючих речовин шляхом термообробки, наприклад, варіння. Тому актуальним є порівняння ризику, що виникає при вживанні в їжу сирих та варених овочів. **Мета.** Визначення екологічного ризику від вживання овочів (морква і картопля) з високими концентраціями хімічних елементів та можливістю зменшити їх шляхом відварювання. **Методи.** Польові, атомно-абсорбційна спектрофотометрія, статистичні. **Результати.** На основі проведених польових досліджень на присадибній ділянці, розташованій у селищі Шевченкове Харківської області та лабораторних досліджень визначено вміст важких металів – свинцю, кадмію, цинку, міді та заліза і нітратів у варених та сирих моркві та картоплі. Виявилось, що практично всі метали не мають перевищення ГДК. Для визначення рівня впливу варіння на плоди порівняно вміст важких металів до і після варіння. На основі результатів лабораторного аналізу розраховано коефіцієнти концентрації важких металів у рослинній продукції та розраховано екологічний ризик від вживання овочів у їжу. При порівнянні всіх агентів ризику між собою за коефіцієнтами небезпеки виявлене переважання нітратів та кадмію у всіх зразках. Також слід зазначити високу небезпеку, що створюють свинець, мідь та залізо, виявлені у моркві. Порівняння тест-об'єктів за загальним екологічним ризиком для здоров'я від їх вживання показало, що найвищий ризик має сира морква, а найнижчий – картопля варена. Термообробка моркви знижує загальний ризик лише на 25%, а картоплі – на 40 %. **Висновки.** Встановлено, що після термообробки майже всі речовини частково виводяться з овочів. Аналіз змін, що відбуваються в картоплі і моркві після варіння свідчить про зниження ризику захворювання. Ризик появи захворювань практично всіх органів найвищий при вживанні моркви сирію.

**Ключові слова:** екологічний ризик, агент ризику, концентрація, картопля, морква, коефіцієнт небезпеки, захворювання

**Maksymenko N. V., Moroz O. P.**

*V. N. Karazin Kharkiv National University*

## ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL RISK WHEN EATING RAW AND BOILED VEGETABLES

The risk to human health due the consumption of vegetables is based on the characterization of harmful effects that can develop in the human body in case of the long-term eating of these products. At the same time, when people consume vegetables, it is possible to reduce their content of pollutants by heat treatment, for example, cooking. Therefore, it is relevant to compare the risk that occurs when eating raw and boiled vegetables. **Purpose.** Determination of environmental risk from the eating of vegetables (carrots and potatoes) with high concentrations of chemical elements and the ability to reduce them in case of boiling. **Methods.** Field, atomic absorption spectrophotometry, statistical methods were used. **Results.** On the basis of field-based research, the content of heavy metals - lead, cadmium, zinc, copper and iron and nitrates in cooked and raw carrots and potatoes - was determined on the farmland located in Shevchenkovo settlement of the Kharkiv region and laboratory studies. It turned out that virtually all metals concentrations do not have excessived MAC. To determine the level of influence of cooking on the fruit the relative content of heavy metals before and after cooking were researched. Based on the results of laboratory analysis, the coefficients of concentration of heavy metals in plant products were calculated and the environmental risk from the consumption of vegetables in food was calculated. When comparing all risk agents among themselves by hazard ratios, the predominance of nitrates and cadmium in all samples was detected. It should also be noted that there is a high risk of lead, copper and iron found in carrots. Comparison of test objects with the overall environmental risk for health from their use showed that the highest risk is crude carrots, and the lowest - potatoes are cooked. Heat treatment of carrots reduces the overall risk by only 25%, and potato - by 40%. **Conclusions.** It is established that after heat treatment almost all substances are partially derived from vegetables. Analysis of the changes occurring in potatoes and carrots after cooking indicates a reduction in the risk of the disease. The risk of the onset of diseases in virtually all organs is highest when carrots are consumed raw.

**Key words:** risk, risk agent, concentration, potatoes, carrots, risk factor, disease

Максименко Н. В., Мороз А. П.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ СЫРЫХ И ВАРЕННЫХ ОВОЩЕЙ

Риск для здоровья человека при потреблении овощей основывается на характеристике вредных эффектов, способных развиваться в организме человека при длительном использовании этих продуктов. В то же время, при потреблении овощей человеком возможно уменьшение содержания в них загрязняющих веществ путем термообработки, например, варки. Поэтому актуальным является сравнение риска, возникающего при употреблении в пищу сырых и вареных овощей. **Цель.** Определение экологического риска при употреблении овощей (морковь и картофель) с высокими концентрациями химических элементов и возможностью уменьшить их путем отваривания. **Методы.** Полевые, атомно-абсорбционная спектрофотометрия, статистические. **Результаты.** На основе проведенных полевых исследований на приусадебном участке, расположенном в поселке Шевченково Харьковской области и лабораторных исследований определено содержание тяжелых металлов: свинца, кадмия, цинка, меди и железа и нитратов в вареных и сырых моркови и картофеля. Оказалось, что практически все металлы не имеют превышения ПДК. Для определения степени влияния варки на плоды сравнивалось содержание тяжелых металлов до и после варки. На основе результатов лабораторного анализа рассчитаны коэффициенты концентрации тяжелых металлов в растительной продукции и рассчитан экологический риск от употребления овощей в пищу. При сравнении всех агентов риска между собой по коэффициентам опасности обнаружено преобладание нитратов и кадмия во всех образцах. Также следует отметить высокую опасность, что создают свинец, медь и железо, обнаруженные в моркови. Сравнение тест-объектов по общим экологическим риском для здоровья при их употребления показало, что самый высокий риск имеет сырая морковь, а самый низкий - картофель вареный. Термообработка моркови снижает риск только на 25%, а картофеля - на 40%. **Выводы.** Установлено, что после термообработки почти все вещества частично выводятся из овощей. Анализ изменений, происходящих в картофеле и моркови после варки свидетельствует о снижении риска заболевания. Риск появления заболеваний практически всех органов высокий при употреблении моркови сырой.

**Ключевые слова:** риск, агент риска, концентрация, картофель, морковь, коэффициент опасности, заболевания

### Вступ

Вивчення шляхів надходження хімічних елементів до рослинної продукції – є довготривалою темою дослідження на екологічному факультеті ХНУ імені В. Н. Каразіна [1, 2, 3, 4, 5]. Зацікавленість екологічною якістю продуктів харчування рослинного походження викликана значним перевищенням у продуктах харчування вмісту токсичних хімічних елементів в порівнянні з норми якості. Це виникло в наслідок інтенсивного збільшення щільності транспортного потоку у містах та зростаючого розвитку промислового виробництва. Воно призвело до забруднення важкими металами атмосферного повітря, ґрунтового покриву, водного середовища. Оскільки, важкі метали в наслідок міграції до організму людини, здатні акумулюватися, викликаючи різні захворювання, важливість таких досліджень зростає у рази [6, 7].

Умови та сам процес міграції важких металів у природному середовищі та транслокація їх до рослинної продукції надзвичайно складний бо залежить від багатьох факторів: типу рослин, віку рослин, умов

росту рослин, їх поглинальної здатності, наявності бар'єрів та ін.

Дослідженням особливостей міграції важких металів до рослин займалися Некос А.Н. [2], Некос В.Ю., Максименко Н.В. [3], В. Б. Ільїн [6], О.О. Галаган [8], А. Кабата – Пендиас, Х. Пендиас [9], Ю. В. Алексєєв [7], М.М. Харитонов, О.М. Лазарєва, С.М. Лемішко [10], А.І. Фатєєв [11] та ін. Звідки відомо, що надходження важких металів до рослин можливо в результаті аеральних емісій, які містять комплекс хімічних речовин (в тому числі ВМ) та надходження ВМ в тканини рослин з ґрунту через коріння [6]. З ґрунту через кореневу систему важкі метали потрапляють до рослин разом з поживними речовинами. Крім ВМ небезпечним для людини є вживання у їжу овочів, що містять нітрати. Нітрати також утворюються в організмі людини (до 100 мг на добу) [12]. Загалом, харчових продуктів, які не містять нітрати, у природному середовищі не існує. Допустимі концентрації нітратів у овочах і овочах зазначені у Державних гігієнічних правилах і нормах «Регламент мак-

симальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах», затверджених наказом МОЗ України від 13.05.2013 № 368. Гранично допустима концентрація нітратів у відповідності з цим документом становить від 60,0 до 7000 мг/кг [12].

В ЄС максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах базуються на Регламенті Комісії

#### Методика дослідження

З метою визначення екологічного ризику від вживання овочів (морква і картопля) з високими концентраціями хімічних елементів та можливості зменшити його шляхом відварювання проведено ряд польових та лабораторних досліджень.

Польові дослідження включали відбір зразків овочів (морква і картопля) та термічна обробка (варіння) частини з них. Відбір зразків проводили на присадибній ділянці, розташованій у селищі Шевченкове Харківської області. Зразок рослинної продукції є змішаним, тобто відбирався 1 кг кожного виду плодів згідно методичних рекомендацій [15]. Підготовка рослинної продукції до лабораторних досліджень включала висушування сирого рослинного матеріалу, подрібнення та його сухого озоління в муфельній печі ( $t=450-550^{\circ}\text{C}$ ), розчинення золи у

(ЄС) від 19 грудня 2006 року № 1881/2006 [13, 18], яким встановлюються максимальні рівні вмісту певних забруднюючих речовин у харчових продуктах. За умови забруднення овочевої продукції важкими металами для зниження надходження поллютантів у організм людини доцільно здійснювати ряд заходів, у т.ч. їх кулінарну обробку [14].

10 % -му розчині HCl з подальшим визначенням рухомих форм важких металів на атомно-абсорбційному спектрофотометрі.

Аналіз отриманих результатів проведений за допомогою статистичних методів арсеналу Microsoft Excel 2010.

Характеристика ризику розвитку неканцерогенних ефектів для окремих речовин здійснюється на основі розрахунку коефіцієнта небезпеки за формулою 1 [16]:

$$HQ = AD/RfD \quad (1)$$

де: HQ – коефіцієнт небезпеки;  
AD – середня доза, мг/кг;  
RfD – референтна (безпечна доза) при пероральному надходженні, мг/кг (табл. 1).

Таблиця 1

Референтні дози при хронічному пероральному надходженні [16, с. 98-124]

Речовина	RfD, мг/кг	Критичні органи і системи
Fe	0,3000	слизова, шкіра, кров, імунітет
Zn	0,3000	кров, біохімія
Cu	0,0200	шлунково-кишковий тракт, печінка
Pb	0,0035	ЦНС, кров, біохімія, розвиток, репродуктивна система, гормональна система
Cd	0,0005	нирки, гормональна система
NO <sub>3</sub> -	1,6000	кров, серцево-судинна система

Існують дані щодо обсягів вживання харчових продуктів людиною за рік [16, с. 78), згідно яких, середнє вживання картоплі - 90 кг/рік, а моркви – 13 кг/рік. При умовному «розподілі» такої кількості спожитих овочів у перерахунку на 1 день у формулу розрахунку введено коефіцієнт, відповідно, для картоплі -0,25, тобто 90/365, а для моркви – 0,04, тобто 13/365.

Згідно методики [16, с.63], при розрахунку коефіцієнтів небезпеки (HQ) рівні безпечного впливу повинні застосовуватись

для потенційних шляхів надходження. Коефіцієнт небезпеки визначають шляхом співставлення величин потенційної добової дози речовини, що надходить пероральним шляхом, і рівня безпечного впливу при тому ж шляху надходження (2):

$$HQ_i = D_i/RfD \quad (2)$$

де: HQ – коефіцієнт небезпеки впливу речовини і;

D – потенційна доза надходження речовини, мг/(кг×день);

RfD – безпечний рівень впливу доза), мг/(кг×день).

Якщо розрахований коефіцієнт небезпеки (HQ) речовини не перевищує оди-

ницю, то ймовірність розвитку у людини шкідливих ефектів при щоденному надходженні речовини протягом життя несуттєва і такий вплив характеризується як допустимий.

### Результати дослідження

На основі проведених польових та лабораторних досліджень у 2019 році визначено вміст хімічних речовин – заліза, цинку, міді, свинцю, кадмію, та нітратів у сирих та варених овочах (табл. 2).

Порівняння з ГДК для овочів перевищень не виявлено за жодним показником.

Розраховано інтегральний показник поелементного забруднення, що запозичений нами з ґрунтознавства, за формулою [12]:

$$Kej = \sum_{j=1}^n \frac{Cj}{C_{ГДК}} \quad (3)$$

де:  $Cj$  — сума забруднювальних речовин;

$C_{ГДК}$  — сума гранично допустимого вмісту забруднювальних речовин.

Розрахунки показали, що коефіцієнти поелементного забруднення сирих овочів вищі за коефіцієнти варених (рис. 1). Крім того, виявилось, що коефіцієнти забруднення моркви вищі ніж у картоплі. Розраховано інтегральний показник поелементного забруднення для кожного з досліджених овочів. Лише у картоплі вареної він нижчий за 1 (рис.2).

Таблиця 2

Результати лабораторного аналізу зразків, мг/кг

Зразок	Fe	Zn	Cu	Pb	Cd	NO <sub>3</sub> -
Морква сира	6,148	2,473	1,104	0,096	0,0057	135
Морква варена	2,459	0,786	0,5734	0,043	0,0052	131
Картопля сира	1,865	1,3424	0,0587	0,0045	0,0098	157
Картопля варена	0,9693	0,5844	0,0375	0,0087	0,0043	98
ГДК овочів	50,00	10,00	5,00	0,50	0,03	250,00

Таблиця 3

Коефіцієнти поелементного забруднення овочів

Зразок	Fe	Zn	Cu	Pb	Cd	NO <sub>3</sub> -	Kej
Морква сира	0,12296	0,2473	0,2208	0,192	0,19	0,54	1,513
Морква варена	0,04918	0,0786	0,11468	0,086	0,1733	0,524	1,026
Картопля сира	0,0373	0,13424	0,01174	0,009	0,3267	0,628	1,147
Картопля варена	0,019386	0,05844	0,0075	0,0174	0,1433	0,392	0,638

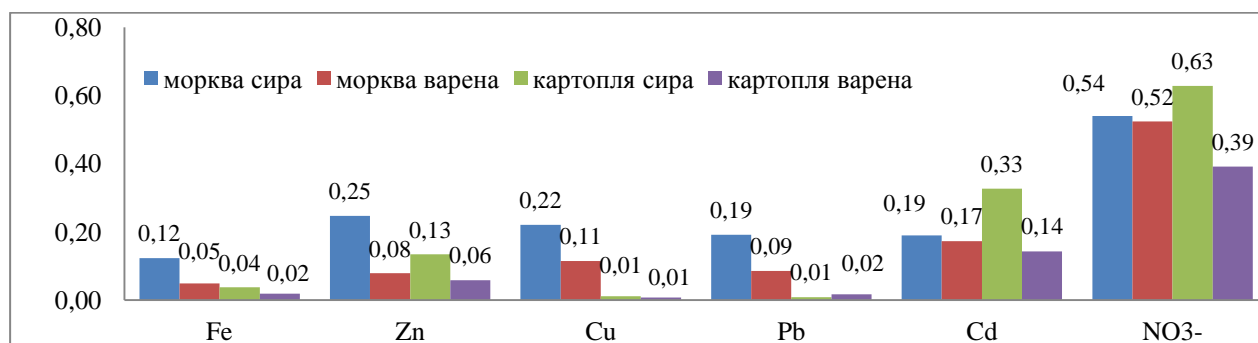


Рис.1 – Коефіцієнти поелементного забруднення овочів

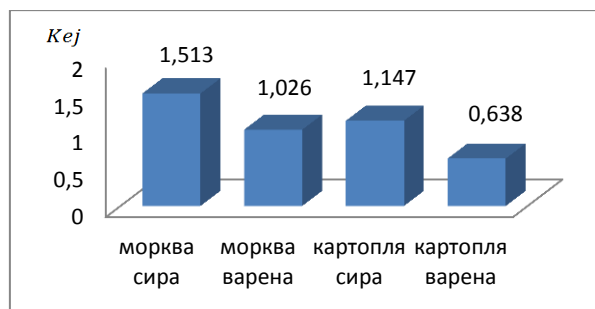


Рис. 2 – Інтегральний показник поелементного забруднення

Згідно розрахованих коефіцієнтів, перевищення нормативів окремих речовин не виявлено.

Вживання екологічно небезпечної продукції сільського господарства викликає ризик виникнення захворювання. Під поняттям «ризик» розуміють можливі негативні наслідки, що виникають внаслідок дії хімічних сполук, які використовуються у промисловості та у повсякденному житті. Велика кількість хімічних сполук здатна поступово накопичуватись у навколишньому середовищі та завдавати шкоди людям, які потрапляють під їх вплив. Результат аналізу ризику – оцінка стану здоров'я частини населення, яка зазнає впливу з боку хімічних сполук і в якій очікується прояв шкідливих ефектів для здоров'я [17].

При оцінці ризиків використовується поняття агент ризику, тобто хімічна речовина, яка є потенційно шкідливим чинником навколишнього середовища. При відповідних умовах агент ризику стає причиною шкоди для здоров'я людини та навколишнього середовища. Агентами ризику в нашому дослідженні є метали - Fe, Zn, Cu, Pb, Cd та NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Деякі з перерахованих елементів (Pb, Cd, Zn) – відносяться до 1 класу небезпеки навіть у мізерних кількостях є надзвичайно токсичними і їх дія на організм людини має негативний характер.

Результати розрахунків для сирих і варених овочів наведено у таблицях 4 – 7. Для порівняння розрахунки проведені і для сирих і для варених овочів, хоча картопля у сирому вигляді не вживається. Метою такого розрахунку є оцінка впливу термообробки картоплі на вміст у ній забруднюючих речовин. Для візуалізації отриманих результатів використано метод діаграм. Аналіз проведено відповідно коефіцієнту небезпеки від кожного агенту ризику (рис. 3, 5, 7, 9) та для здоров'я населення (рис. 4, 6, 8, 10).

Найвищий коефіцієнт небезпеки у сирій картоплі – 98 дають нітрати, майже у 1,5 рази він знижується після варіння овочів. Небезпека від кадмію, заліза, цинку і міді знижується у двічі, а від свинцю – зростає у 2 рази (рис. 3 і 5).

Зважаючи на те, що кожен агент ризику може спричинити порушення здоров'я людини, розраховано сумарний екологічний ризик для органів і систем. Від вживання протестованої картоплі є найбільший ризик появи захворювань крові та серцево-судинної системи. При чому, після варки він зменшується на 40%. Також термообробка картоплі зменшує ризик захворювання нирок, печінки, шкіри та гормональної системи на 50%. Навпаки, зростає ризик захворювання ЦНС та репродуктивної системи (рис.4 та 6).

Таблиця 4

Екологічні ризики для здоров'я при вживанні картоплі сирію

№	Агент ризику	Вміст у зразках мг/кг	D мг/(кг×день)	Rf, мг/кг	RfD, мг/кг	HQ
1	Fe	1,865	0,459863	0,3	0,073973	6,22
2	Zn	1,3424	0,331003	0,3	0,073973	4,47
3	Cu	0,0587	0,014474	0,02	0,004932	2,94
4	Pb	0,0045	0,00111	0,0035	0,000863	1,29
5	Cd	0,0098	0,002416	0,0005	0,000123	19,60
6	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	157	38,71233	1,6	0,394521	98,13



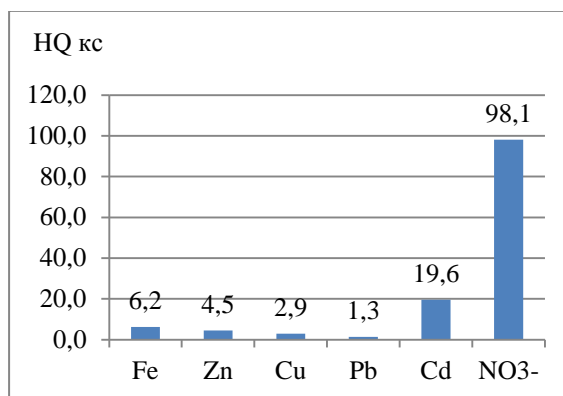


Рис. 3 – Коефіцієнти небезпеки від кожного агенту ризику у сирій картоплі

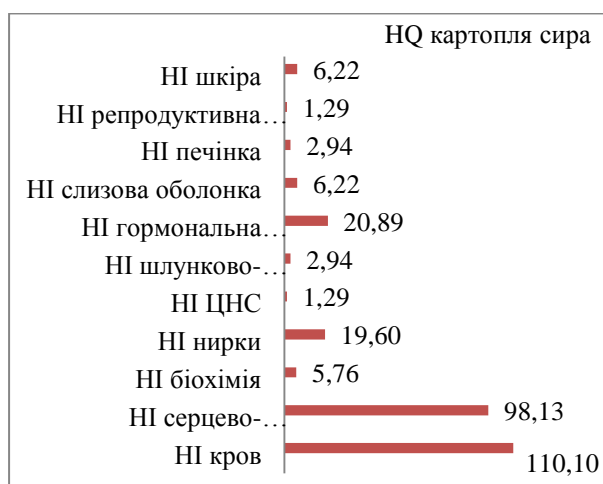


Рис 4 – Сумарні екологічні ризики для здоров'я від вживання картоплі сирії

Таблиця 5

Екологічні ризики для здоров'я від вживання картоплі вареної

№	Агент ризику	Вміст у зразках мг/кг	D мг/(кг×день)	Rf, мг/кг	RfD, мг/кг	HQ
1	Fe	0,9693	0,239005	0,300	0,073973	3,23
2	Zn	0,5844	0,144099	0,300	0,073973	1,95
3	Cu	0,0375	0,009247	0,020	0,004932	1,88
4	Pb	0,0087	0,002145	0,004	0,000863	2,49
5	Cd	0,0043	0,00106	0,001	0,000123	8,60
6	NO <sub>3</sub> -	98	24,16438	1,600	0,394521	61,25

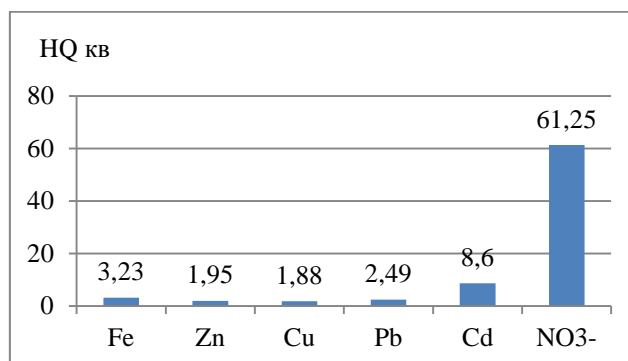


Рис. 5 – Коефіцієнти небезпеки від кожного агенту ризику у вареній картоплі

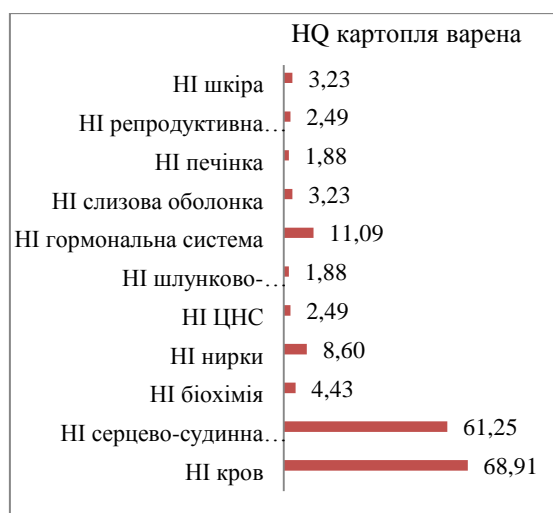


Рис. 6 – Сумарні екологічні ризики для здоров'я від вживання картоплі вареної

На відміну від картоплі, морква вживається у їжу як сира, так і варена. Тому в дослідженні ми мали 2 мети:

- З'ясувати ступінь змін, що викликає термообробка моркви;
- Визначити які ризики є від вживання сирової та від вживання вареної моркви.

Дослідженням виявлено, що сира морква має вищі коефіцієнти небезпеки по всіх агентах ризику (рис. 7 та 9). У порядку

пониження їх можна розмістити у наступній послідовності: нітрати – мідь – свинець – залізо – кадмій – цинк. У вареній моркві послідовність порушується обміном місцями кадмію і заліза. Також слід зазначити, що після варіння небезпека від вживання моркви знижується майже на 60% відносно заліза, цинку, міді та свинцю. Нітрати і кадмій знижують ризик менш ніж на 10%.

Таблиця 6

Екологічні ризики для здоров'я від вживання моркви сирової

№	Агент ризику	Вміст у зразках мг/кг	D мг/(кг×день)	Rf, мг/кг	RfD, мг/кг	HQ
1	Fe	6,148	0,219	0,300	0,01068	20,49
2	Zn	2,473	0,088	0,300	0,01068	8,24
3	Cu	1,104	0,039	0,020	0,00071	55,20
4	Pb	0,096	0,003	0,0035	0,00012	27,43
5	Cd	0,0057	0,000	0,0005	0,00002	11,40
6	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	135	4,808	1,600	0,05699	84,38

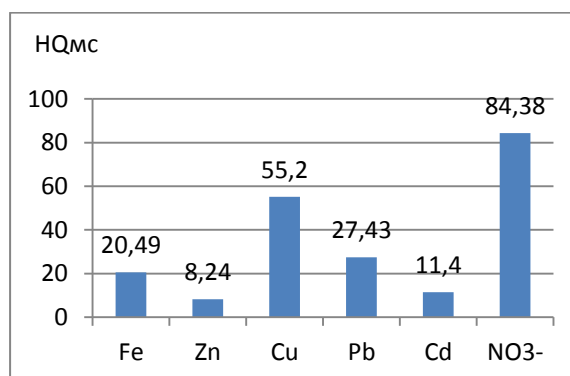


Рис. 7 – Коефіцієнти небезпеки від кожного агента ризику у сирій моркві

До органів і систем, на які може негативно вплинути вживання дослідженої нами моркви є кров, серцево-судинна система, шлунково-кишковий тракт та печінка (рис.8 та10 ). Найменшого впливу зазнають нирки,

як від вживання сирі, так і вареної моркви. Також після варіння суттєво знижується ризик захворювання слизової оболонки, шкіри та репродуктивної системи.

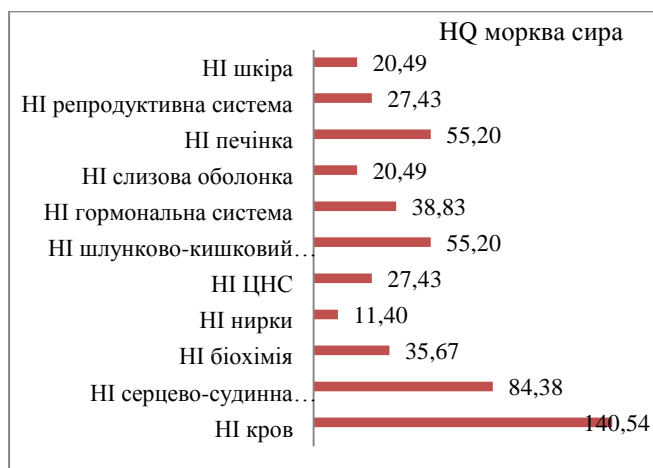


Рис 8 – Сумарні екологічні ризики для здоров'я від вживання моркви сирі

Таблиця 7

Екологічні ризики для здоров'я від вживання моркви вареної

№	Агент ризику	Вміст у зразках мг/кг	D мг/(кг×день)	Rf, мг/кг	RfD, мг/кг	HQ
1	Fe	2,459	0,087581	0,3	0,010685	8,20
2	Zn	0,786	0,027995	0,3	0,010685	2,62
3	Cu	0,5734	0,020422	0,02	0,000712	28,67
4	Pb	0,043	0,001532	0,0035	0,000125	12,29
5	Cd	0,0052	0,000185	0,0005	1,78E-05	10,40
6	NO <sub>3</sub> -	131	4,665753	1,6	0,056986	81,88

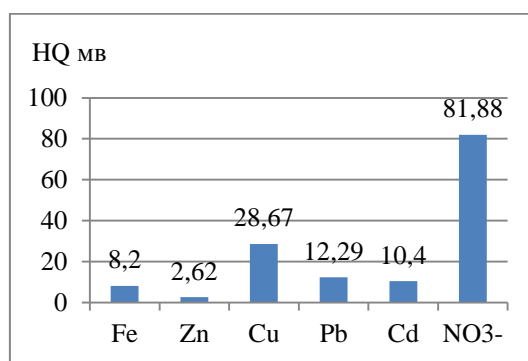


Рис. 9 – Коефіцієнти небезпеки від кожного агенту ризику у вареній моркві

При порівнянні всіх агентів ризику між собою за коефіцієнтами небезпеки виявлене переважання нітратів та кадмію у всіх зразках. Також слід відзначити високу небезпеку, що для моркви створюють свинець, мідь та залізо (рис. 11).

Аналіз змін, що відбуваються в картоплі після варіння свідчить про зниження ризику захворювання (рис. 12). Те ж саме можна сказати і про моркву (рис.13).

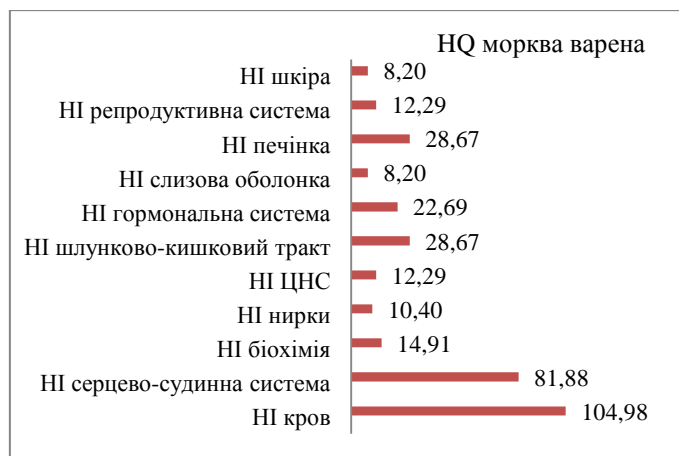


Рис 10 – Сумарні екологічні ризики для здоров'я від вживання моркви вареної

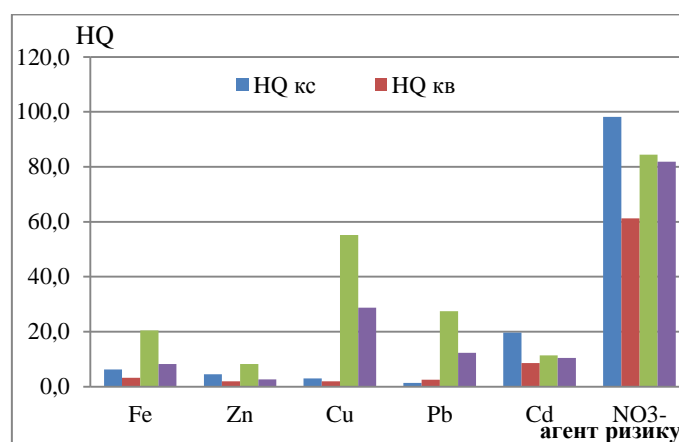


Рис. 11 – Порівняння коефіцієнтів небезпеки від кожного агента ризику для всіх тест-об'єктів

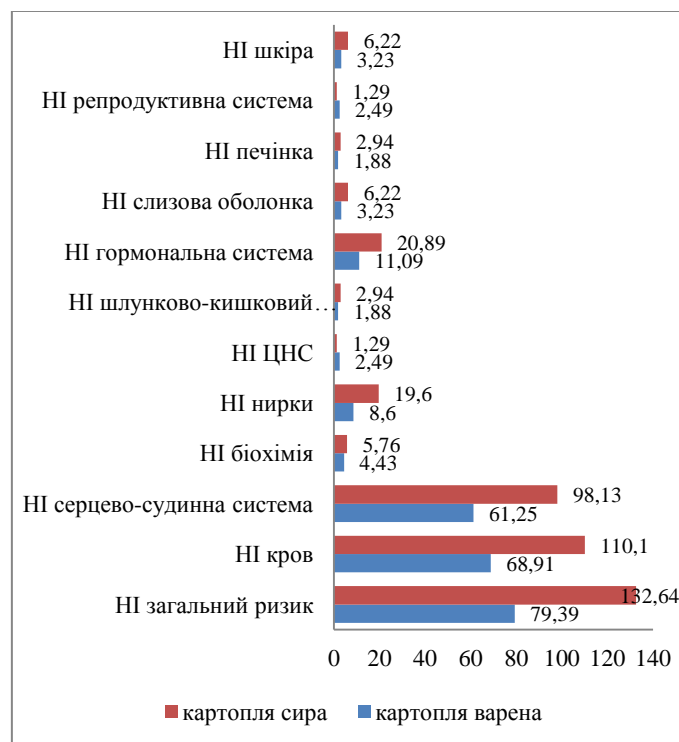


Рис 12 – Порівняння сумарних екологічних ризиків для здоров'я від вживання картоплі сирої і вареної

Порівняння тест-об'єктів за загальним екологічним ризиком для здоров'я від їх вживання показало, що найвищий ризик має сира морква, а найнижчий – картопля варена. Термообробка моркви знижує зага-

льний ризик лише на 25%, а картоплі – на 40 % (рис.12, 13).

Ризик появи захворювань практично всіх органів найвищий при вживанні моркви сирої (рис.14).

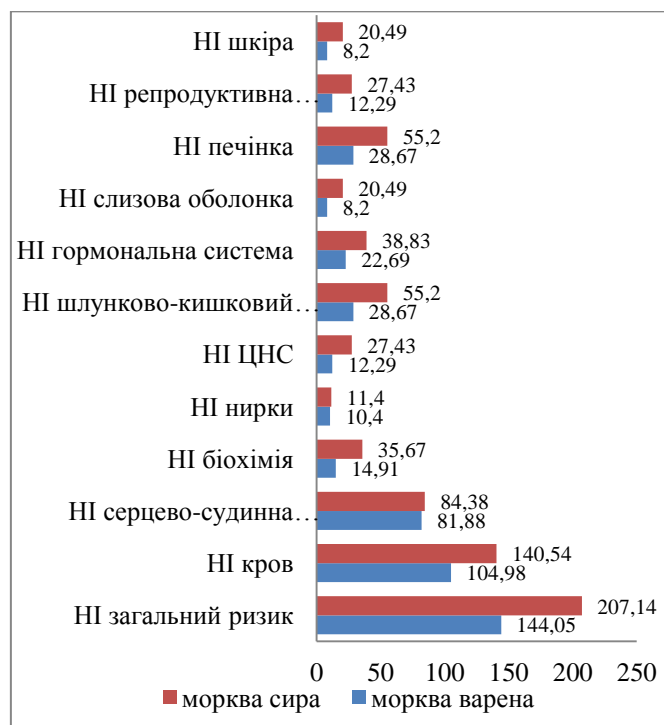


Рис. 13 – Порівняння сумарних екологічних ризиків для здоров'я від вживання моркви сирої і вареної

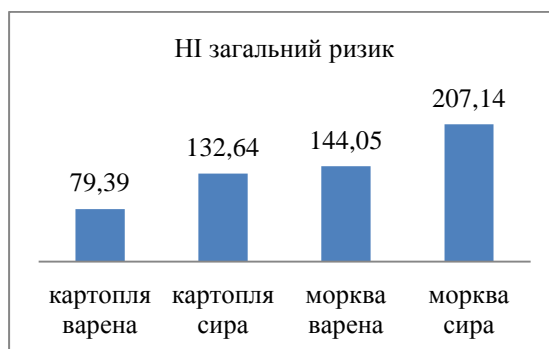


Рис. 14 – Порівняння овочів за загальним екологічним ризиком для здоров'я від їх вживання

На основі лабораторного аналізу зразків сирих і варених овочів та розрахунку екологічного ризику, розробляються рекомендації для населення. Для запобігання та зменшення ризику, необхідно обрати найбільш прийнятну систему обробки продуктів перед приготуванням страв. Отже, якщо

виконувати рекомендації щодо правильного харчування, занадто не збільшуючи кількість рослинної їжі (рекомендована норма — близько 500 г на добу) та дотримуючись різноманітного рослинного меню протягом дня, негативний вплив на організм повністю виключається.

### Висновки

На основі проведених польових та лабораторних досліджень визначено вміст важких металів – свинцю, кадмію, цинку,

міді та заліза і нітратів у вареній та сирій моркви та картоплі. Виявилось, що практично всі метали не мають перевищення ГДК.

Порівняння тест-об'єктів за загальним екологічним ризиком для здоров'я від їх вживання показало, що найвищий ризик має сира морква, а найнижчий – картопля варена. Ризик появи захворювань практично всіх органів найвищий при вживанні моркви сировою. Для визначення рівня впливу варіння на плоди зроблене порівняння вмісту

важких металів до і після варіння. Дослідженням встановлено, що після термообробки майже всі речовини частково виводяться з овочів. Термообробка моркви знижує загальний ризик лише на 25%, а картоплі – на 40 %. Аналіз змін, що відбуваються в овочах після варіння свідчить про зниження ризику захворювання.

### Література

1. Некос А. Н. Экология и проблемы безопасности товаров народного потребления. Изд. 2-е, перер. и доп. / Под общ. ред. В. Е. Некоса. Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2007. 380 с.
2. Некос А. Н. Трофогеография: теория и практика. Монография. Харьков: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2011. 296 с.
3. Некос В. Ю., Максименко Н. В., Карпенко Н.Б. Формування екологічної якості деяких сортів яблук в умовах різного антропогенного навантаження. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія Екологія.* № 722. . 2006. С. 5-8.
4. Дудурич В. М. Екологічна безпека ґрунтового покриву та сільськогосподарського виробництва овочевої продукції в межах Лівобережного лісостепу: Автореф. дис. ... канд геогр. наук / ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – Х., 2007. – 18 с.
5. Мороз О. П., Максименко Н. В. Екологічна безпека овочів, вирощених у Шевченківському районі Харківської області. *Сучасні проблеми екології: тези XV Всеукраїнської наукової on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю ( 28 березня 2019 року).* Житомир : ЖДТУ, 2019. - С. 32.
6. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 151 с.
7. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л. : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. 142 с.
8. Галаган О. О. Ландшафтно-геохімічні дослідження міграції важких металів у лісостепових ландшафтних комплексах України. *Український географічний журнал.* 1993. № 2. С. 32 – 35.
9. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М. : Мир, 1989. 439 с.
10. Харитонов М. М., Лазарева О. М., Лемішко С. М. Екологічна оцінка варіабельності вмісту нітратів у овочевих та плодово-ягідних культурах у Дніпропетровській області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії* № 3, 2015. С. 29-31.
11. Фатєєв А. І., Мірошниченко М. М., Биндич Т. Ю. Особливості міграції важких металів з орного шару зональних ґрунтів України. *Вісник ХДАУ.* 1999. № 2. С. 99 – 100.
12. Нітрати у ранніх овочах. Державна установа "Харківський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України" Електронний ресурс. URL : <http://labcenter.kh.ua/?p=2314>
13. Регламент Комісії (ЄС) від 19 грудня 2006 року № 1881/2006. URL: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
14. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище / [Т.М. Мислива, П.П. Надточій, Л.О. Герасимчук та ін.]; за ред. Т.М. Мисливої. Житомир, 2011. 50 с.
15. Методика дослідної справи в овочівництві та баштанництві / За реакцією Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Х.: Основа, 2001. 369 с.
16. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.- М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.143 с.
17. Альгин А. П. Риск и его роль в общественной жизни. М. : Мир, 1989. 187с.
18. Максимально допустимі рівні вмісту забруднюючих речовин у харчових продуктах в ЄС та КНР у партнерстві. Група Світового банку 1818 H Street NW Вашингтон ОК 20433, 2018. – 60 с.

### References

1. Nekos, A. N. (2007). Jekologija i problemy bezopasnosti tovarov narodnogo potreblenija. [Ecology and safety issues of consumer goods]. Kharkov. : HNU imeni V. N. Karazina.380. [in Russian]
2. Nekos, A. N. (2011). Trofogeografija: teorija i praktika. Monografija. [Trofogeografiya: theory and practice] Harkiv: HNU imeni V.N. Karazina. 296. [in Ukrainian].

3. Nekos, V. Ju., Maksimenko, N. V., Karpenko, N.B.(2006). Formuvannja ekologichnoї jakosti dejakih sortiv jabluk v umovah riznogo antropogennogo navantazhennja. [Formation of ecological quality of some varieties of apples in conditions of different anthropogenic loading]. *Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo universitetu imeni V. N. Karazina. Serija Ekologija.* (722). 5-8. [in Ukrainian].
4. Dudurich, V. M.(2007). Ekologichna bezpeka rruntoвого pokrivu ta sil'skogospodars'kogo virobničtva ovochevoї produkciї v mezah Livoberezhnogo lisostepu. [Ecological safety of soil cover and agricultural production of vegetable products within the limits of the Left-bank forest steppe] (Master's thesis). V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine. [in Ukrainian].
5. Moroz, O. P., Maksimenko, N. V. (2019). Ekologichna bezpeka ovochiv, viroshhenih u Shevchenkivskomu rajoni Harkivs'koї oblasti [Ecological safety of vegetables grown in Shevchenkivskyi district of Kharkiv region]. Tezi HV Vseukraїns'koї naukoї on-line konferenciya zdobuvachiv vishhoї osviti i molodih uchenih z mizhnarodnoju uchastju "Suchasni problemi ekologii" 28 bereznja 2019 roku. – Zhitomir : ZhDTU, 32. [in Ukrainian].
6. Il'in, V. B.(1991). Tjzhelye metally v sisteme pochva-rastenie.[Heavy metals in the soil-plant system] – Novosibirsk : Nauka. Sib. otd-nie. 151. [in Russian]
7. Alekseev, Ju. V. (1987). Tjzhelye metally v pochvah i rastenijah. [Heavy metals in soils and plants]. Leningrad: Agropromizdat. Leningr. otd-nie. 142. [in Russian]
8. Galagan, O. O.(1993). Landshaftno-geoximichni doslidzhennja migraciji vazhky`x metaliv u lisostepovy`x landshaftny`x kompleksax Ukrayiny` [ Landscape-geochemical studies of migration of heavy metals in forest-steppe landscape complexes of Ukraine]. *Ukrayins`kyj geografichnyj zhurnal.* ( 2). 32 – 35. [in Ukrainian].
9. Kabata-Pendias, A., Pendias H. (1989). Mikrojelementy v pochvah i rastenijah [Trace elements in soils and plants]. Moskow : Mir. 439. [in Russian]
10. Xary`tonov, M. M. Lazaryeva, O. M., Lemishko, S. M. (2015). Ekologichna ocinka variabel`nosti vmistu nitrativ u ovochevy`x ta plodovo-yagidny`x kul`turax u Dnipropetrovs`kij oblasti [Environmental assessment of the variability of nitrate content in vegetable and fruit and berry crops in the Dnipropetrovsk region]. *Visnyk Poltavs`koyi derzhavnoyi agrarnoyi akademiyi.* (3). 29-31. [in Ukrainian].
11. Fatyeyev, A. I., Miroshny`chenko, M. M., By`ndy`ch, T. Yu. (1999). Osobly`vosti migraciji vazhky`x metaliv z ornogo sharu zonal`ny`x g`runtiv Ukrayiny` [ Features of migration of heavy metals from the arable layer of zonal soils of Ukraine]. *Visnyk XDAU.* ( 2). 99 – 100. [in Ukrainian].
12. Nitraty` u rannix ovochax. [Nitrates in early vegetables] Derzhavna ustanova "Xarkivs`kyj oblasnyj laboratornyj centr Ministerstva oxorony` zdorov'ya Ukrayiny`" Available at: <http://labcenter.kh.ua/?p=2314>[in Ukrainian].
13. Reglament Komisiyi (YeS) vid 19 grudnya 2006 roku (2006).[Commission Regulation (EC) of 19 December 2006] # 1881/2006. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>[in Ukrainian].
14. My`sly`va, T.M. (2011). Vedennya sil`s`kogospodars`kogo vy`robnyc`tva u pry`vatnomu sektori v umovax posy`lenogo antropogennogo vply`vu na navkoly`shnye seredovy`shhe (2011). [Conducting agricultural production in the private sector under conditions of increased human-induced environmental impact]. *Zhy`tomy`r.* 50. [in Ukrainian].
15. Bondarenko, G. L., Yakovenko, K. I. (2001). Metody`ka doslidnoyi spravy` v ovochivny`cztvi ta bashtany`cztvi [Methodology of experimental work in vegetable and melon]. Kharkiv: Osnova. 369. [in Ukrainian].
16. Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv, zagryzajushhijh okruzhajushhuju sredu. (2004). [Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment]. Moskow: Federal'nyj centr rossanjepidnadzora Mīnzdrava Rossii, 143. [in Russian]
17. Al'gin, A. P. (1989). Risk i ego rol' v obshhestvennoj zhizni [Risk and its role in public life]. Moskow. : Mir, 187. [in Russian]
18. Maksy`mal`no dopusty`mi rivni vmistu zabrudnyuyuchy`x rechovy`n u xarchovy`x produktax v YeC ta KNR u partnerstvi. (2018). [ Maximum acceptable levels of contaminants in food products in the EC and PRC in partnership] Grupa Svitovogo banku 1818 H Street NW Vashy`ngton OK 20433, 60. [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 10.05.2019

UDC 631.95

**ANASTASIIA BEKHTER, KRZYSZTOF ŚMIGIELSKI** prof., dr hab.

Lodz University of Technology, Faculty of Biotechnology and Food, Institute of Food Chemistry Sciences  
116 Żeromskiego Street, 90-924 Lodz, Poland

E-mail: [bekhteranastasiia@gmail.com](mailto:bekhteranastasiia@gmail.com)  
[krzysztof.smigielski@p.lodz.pl](mailto:krzysztof.smigielski@p.lodz.pl)

<https://orcid.org/0000-0001-6024-5278>  
<https://orcid.org/0000-0002-4213-7852>

## NEGATIVE EFFECTS OF CHEMICALS USED AGAINST POTATO PATHOGENS ON THE NATURAL ENVIRONMENT

**Purpose.** This study focused on the analysis of chemicals most often used against potato pathogens and their negative impact on both water and soil ecosystems, as well as the search for alternative solutions. This aspect is extremely important since the quality and quantity of the crop depend mainly on the appearance of diseases on the plantations and postharvest storage conditions. Most often, the fight against pathogens is carried out with the help of fungicides. They, in turn, have a negative impact on water and soil systems, which affects the level of fertility and the quality of farmed products. **Results.** The analysis showed a negative effects of fungicides on the soil and water ecosystems. According to the reported results, the most dangerous are propamocarb hydrochloride, mancozeb, fluazinam and famoxate. Noteworthy, 30% of the chemicals presented in this review are extremely toxic, 38% are moderately toxic, and 17% are toxic. It was found that the recurring usage of the same fungicides causes the adaptation of pathogens to the active substances while their replacement with other chemicals generates additional costs. The research indicates the necessity of modifying the current protection strategy by eliminating the most dangerous chemical compounds for nature and supplementing the protection program with environmentally safe biopreparations. A new strategy was proposed to fight potato pathogens based on the components obtained from domestic plants of the high biological activity potential (e.g. *Curcuma longa*, *Allium sativum*). An innovative approach to plant protection is the use of natural, effective and safe technologies to reduce or even eliminate the traditional chemical preparations. **Conclusions.** To prevent further degradation of the environment, the presented chemicals must be replaced by effective natural substances showing the antimicrobial activity. The prevention of further degradation of the environment caused by the development of agriculture is extremely important, because the quality and yield of crops depend on the soil quality, and the quality of crops affects human health.

**Keywords:** environmental problems, seed potatoes, potatoes, phytopathogens, fungicides

**Bekhter Anastasiia, Śmigielski Krzysztof**

Лодзьський технологічний університет, факультет біотехнологій і харчових продуктів, Інститут хімії харчових продуктів

### НЕГАТИВНІ ВПЛИВИ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ХІМІЧНИХ ЗАСОБІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРОТИ ПАТОГЕНІВ КАРТОПЛІ

**Мета.** Дослідження зосереджено на аналізі хімічних речовин, які найчастіше використовуються проти патогенів картоплі, та їх негативного впливу на водні та ґрунтові екосистеми, а також на пошук альтернативних рішень. Цей аспект є надзвичайно важливим, оскільки якість та кількість врожаю залежать головним чином від появи захворювань на плантаціях та умов зберігання врожаю. Найчастіше боротьба з патогенами здійснюється за допомогою фунгіцидів. Вони, у свою чергу, негативно впливають на водні та ґрунтові системи, що впливає на рівень родючості та якість продукції, що вирощуються. **Результати.** Аналіз показав негативний вплив фунгіцидів на ґрунт і водні екосистеми. Згідно з отриманими результатами, найбільш небезпечними є пропамокарб гідрохлорид, манкоzeb, флуазинам і фамоксат. Примітно, що 30% хімічних речовин, представлених у цьому огляді, є надзвичайно токсичними, 38% - помірно токсичними, а 17% - токсичними. Встановлено, що повторне використання однакових фунгіцидів призводить до адаптації патогенів до активних речовин, тоді як їх заміна іншими хімічними речовинами призводить до додаткових витрат. Дослідження вказує на необхідність зміни існуючої стратегії захисту шляхом усунення найбільш небезпечних хімічних сполук для природи та доповнення програми захисту екологічно безпечними біопрепаратами. Запропоновано нову стратегію для боротьби з патогенами картоплі на основі компонентів, отриманих з вітчизняних рослин з високим потенціалом біологічної активності (наприклад, *Curcuma longa*, *Allium sativum*). Інноваційний підхід до захисту рослин - це використання природних, ефективних і безпечних технологій для зменшення або навіть усунення традиційних хімічних препаратів. **Висновки.** Щоб запобігти подальшій деградації природного навколишнього середовища, представлені хімікати повинні бути замінені ефективними природними речовинами, що демонструють антимікробну активність. Запобігання подальшій деградації навколишнього середовища, спричиненої розвитком сільського господарства, є надзвичайно важливим, оскільки якість і врожайність сільськогосподарських культур залежать від якості ґрунту, а якість культур впливає на здоров'я людини.

**Ключові слова:** екологічні проблеми, насіння картоплі, картопля, фітопатогени, фунгіциди



**Bekhter Anastasiia, Śmigielski Krzysztof**  
**НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ХИМИКАТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРОТИВ КАРТОФЕЛЕЙ**

**Цель.** Это исследование сосредоточено на анализе химических веществ, наиболее часто используемых против патогенных микроорганизмов картофеля и их негативного воздействия на водные и почвенные экосистемы, а также на поиск альтернативных решений. Этот аспект чрезвычайно важен, поскольку качество и количество урожая зависят главным образом от появления болезней на плантациях и условий хранения после сбора урожая. Чаще всего борьба с болезнетворными микроорганизмами осуществляется с помощью фунгицидов. Они, в свою очередь, оказывают негативное влияние на водные и почвенные системы, что влияет на уровень плодородия и качество выращиваемой продукции. **Результаты.** Анализ показал негативное влияние фунгицидов на почвенные и водные экосистемы. Согласно опубликованным результатам, наиболее опасными являются гидрохлорид пропамокарба, манкозеп, флуазинам и фамоксат. Следует отметить, что 30% химических веществ, представленных в этом обзоре, являются чрезвычайно токсичными, 38% - умеренно токсичными, а 17% - токсичными. Было обнаружено, что повторное использование тех же самых фунгицидов вызывает адаптацию патогенов к активным веществам, в то время как их замена другими химическими веществами создает дополнительные расходы. Исследование указывает на необходимость изменения существующей стратегии защиты путем устранения наиболее опасных химических соединений для природы и дополнения программы защиты экологически безопасными биопрепаратами. Предложена новая стратегия борьбы с патогенами картофеля на основе компонентов, полученных из домашних растений с высоким потенциалом биологической активности (например, *Cucurbita longa*, *Allium sativum*). Инновационный подход к защите растений заключается в использовании естественных, эффективных и безопасных технологий для сокращения или даже ликвидации традиционных химических препаратов. **Выводы.** Для предотвращения дальнейшей деградации окружающей среды представленные химические вещества должны быть заменены эффективными природными веществами, обладающими антимикробной активностью. Предотвращение дальнейшей деградации окружающей среды, вызванной развитием сельского хозяйства, является чрезвычайно важным, поскольку качество и урожайность сельскохозяйственных культур зависят от качества почвы, а качество сельскохозяйственных культур влияет на здоровье человека.

**Ключевые слова:** экологические проблемы, семенной картофель, картофель, фитопатогены, фунгициды

Potatoes are vegetables that are cultivated on all continents. Their harvest ranks fourth in the world's total crops. It is estimated that the total area of potatoes planting all over the world is around 19 million hectares, and the annual crops are around 325 million tons, with an average yield of 16.8 t / ha. The quality and quantity of the crop depend mainly on the appearance of diseases on the plantations and postharvest storage conditions. Bacterial pathogens cause diseases of various etiologies: from dry rot of tubers to potato deterioration [1], [2]. The most dangerous of these pathogens are: *Clavibacter michiganensis*, *Ralstonia solanacearum*, *Streptomyces*, *Fusarium* and *Rizoctonia solani*, *Helminthosporium solani*, and *Alternaria solani*. About 40 phytopathogenic viruses, 54 species of phytopathogenic fungi, 19 species of nematodes, 3 species of phytoplasm and 11 species of bacteria that attack potato tubers have been identified to date. These pathogens cause serious problems in nearly all countries where potatoes are grown in large amounts. Potato bacilli are currently a serious problem for around thirty countries in the world. In 1904, the disease was detected in Germany. Over the last forty years it has spread to many other regions, such as America, Russia, and also a part of northern

Europe. Initially, it was thought that the disease develops only in a cold climate. However, at the beginning of the 21st century, the epidemic broke out in the Netherlands, France, Greece and Spain.

The quality of plant derived products that are exported by all countries is regulated basing on the principles and practices of plant biosecurity, presented by the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). In case of potatoes, this system is expected to limit the spread of pathogens that may be associated with either potatoes or potato products. An advantage of the system is that it enables to eliminate from the market the products derived from the areas where a pathogen has been detected. The state control system allows to export good quality potatoes from all countries like from the countries that have not been attacked by the phytopathogens. The purpose of the control system is to detect the presence of a pest, as well as to prevent its spread. The extent of control is determined on the basis of the risk assessment. However, the methods enabling restoration of the aquatic and soil ecosystems after elimination of the pathogens have not been regulated by the EPPO principles. The lack of compulsory restoration leads to a decrease in

the soil fertility and the degradation of the system as a whole.

**Experimental procedures.** The literature survey enabled to select the most dangerous pathogens and describe the negative impact of these microorganisms.

One of most deleterious is *Clavibacter michiganensis* (abbreviated as CMS) which is transferred by molluscs (*Ralstonia solanacearum*) and causes the ring rot, being one of quarantine-requiring diseases (listed in the EPPO A2 list) that are often encountered in Europe. These organisms multiply easily under conditions of moisture and refrigeration storage. The spread of these organisms is controlled by the use of international phytosanitary practices and the qualification of production [3].

Heavily infested tubers usually rot without germination while less damaged plants create fewer tubers. The loss of potato yield in particular years can reach 35-40%. The most characteristic symptoms of the disease are gradual yellowing of the shoots and wilting of leaves. The disease is transmitted by insects, as well as through the agricultural equipment. [4].

The infested planting material most often leads to an epidemic. The problem is to identify this pathogen, which is considered asymptomatic. For this reason, the ring rot may be identified even after several years. It was found that there is a chance of infiltration of the pathogen even with undamaged peel - through the eyelets of tubers.

To identify potato bacteriology, the studies should include at least two diagnostic methods like the enzyme immunoassay (ELISA) and immunofluorescence (IF) methods. Also the polymerase chain reaction (PCR) method may be used [5], [6].

In the case of detecting the ring rot, the farmer suffers from large economic losses due to the utilization of infected potatoes and disinfection of the farm (premises, equipment), the ban on growing potatoes for 4 years in commodity production on the territory and for 7 years in the production of certified seed potatoes.

Potatoes are also attacked by actinomycetes *Streptomyces scabies* that are pathogens of tuber skin disease. The greatest problem for Poland in the case of seed potatoes and edible potatoes are silver scab and common scab. The agent causing the potato disease are *Streptomyces* bacteria. The most deleterious of them are *Streptomyces scabies* and *Streptomyces turgidiscabie*. The disease can be transmitted through an agricultural device or seed potatoes. It can be caused by the purchase of infected seed potatoes, excess nitrogen in the soil or an increase in the tempera-

ture of the soil above 20 ° C. A characteristic feature of this disease is scabious swelling [7].

The quality of the final product depends on the health condition of the tubers. Potato tubers are in turn sensitive to diverse weather conditions, soil conditions and agrotechnical strategies. After detecting the symptoms, they can be eliminated from commercial circulation. The average loss of potato yield can reach 5-52% .

The pathogen *Streptomyces scabies* tends to settle in dry sandy soil at pH 3.5-5.5 and achieves full activity in the range from 25 ° C to 28 ° C. Potato rot has the following characteristics: brown injuries, sometimes with shades of red or violet, and rough surface of potato tubers. During the storage at lower temperatures, the actinomycetes goes into an anabolic state. Rot on potatoes does not pose a threat to human health, however, the product loses its nutritional value: in comparison to healthy tubers, the starch content is reduced twice [8].

Potatoes may be attacked also by a phytopathogenic *Rhizoctonia solani*. The disease develops during the growth and gradually affects the stalks and root of potatoes. Sprouts are susceptible to decay during intense rainfall and cold. The indicator of the disease is the appearance of brown spots. This form of the disease affects the growth intensity, number and strength of the shoots, which affects the market value of potatoes. During the development of the infection, the leaves turn yellow and curl up. Considering the serious damage caused by this fungal disease, chemical preparations are often used to fight it [9].

Another pathogen, *Helminthosporium solani* resides in soil where it infects tubers. It is multiplied actively at temperatures ranging from 2 to 30 ° C. It actively reproduces during the storage, which facilitates the action of other pathogens. Symptoms of the disease are clearly visible in spring, especially after planting the tubers. Indicators of infection are gray-brown or gray-yellow spots which are first smooth and later they change to slightly pressed [10].

The pathogen occurring in all regions is *Alternaria solani*. It most intensively develops in the arid areas of the south. On the leaves, the disease manifests itself throughout the growing season. The first signs of infection can be detected already during potato budding. It is difficult to diagnose this type of pathogen because the symptoms are similar to the lack of trace elements in the soil, such as magnesium and potassium. The pathogen forms dry brown spots both outside and inside the potato. During hot

weather, the stains can crumble creating deep holes [11].

Soil is thought to be the main source of infection with the fungi of the genus *Fusarium* (Palmer, Kommedahl 1969). After planting the plant in the infected soil, the destruction process starts from the roots, blocking the root system. Blockage of the root system leads to dysfunction of the vascular system, causing death. Plants are particularly sensitive during flowering, and high temperature contributes to the growth of the fungus.

The first signs of infection are the appearance of bleached leaves at the top of the plant, later they lose the turgor. The attacked plant completely disappears within a few days.

However, there are methods to prevent phytopathogenic infections by using different chemicals.

To maximize the crops and to be competitive in the world market, aggressive control methods such as fungicides have been used for decades by farmers. These chemicals not only adversely affect the pathogens but also aquatic and soil ecosystems.

The most popular are fungicides which inhibit the growth of fungi, like e.g. copper compounds, mandipropamid, and cyazofamide.

The list of active substances recommended in 2018 in Poland by the Program for the Protection of Agricultural Plants is presented in Table [3].

One of these chemicals is chlorothalonil (Ref: DS 2787), which is a broad-spectrum fungicide. It was first used as an antifungal agent in 1964. This volatile substance is barely soluble in water, and therefore it has a low potential for groundwater contamination. However, its bioaccumulation poses a threat to environment. It is irritant and moderately toxic to birds and bees, but considered more toxic to aquatic organisms [14], [15].

Another broad-spectrum fungicide is Propineb (Ref: BAY 46131), which shows a tendency to accumulate in the environment. It was first launched on the market in 1965. According to ECHA (European Chemicals Agency) this preparation does not pose a threat to manufacturers, importers or downstream users of this substance [16].

Another broad-spectrum fungicide is Propamocarb hydrochloride, which is very toxic. It causes sensitization and allergies to the skin. It has a proven deleterious effect on the aquatic environment and may cause its degradation [17], [18].

The next fungicide, Cymoxanil (Ref: DPX T3217), which went on sale in 1970, stops the growth of fungi locally, and is able to penetrate the leaves during incubation. Because of the short-term effect, up to two days, it is usually used in mixtures with other protective agents [19].

One of the most popular preparations used against phytopathogens in Poland is Mankozeb. It is extremely toxic and accumulates in aquatic organisms. It also negatively affects the development of the fetus in the uterus. According to the data presented at the conference "Mancozeb Event Poland" (November 22, 2016, Mała Wieś near Grójec), this substance was enrolled on the list of toxic compounds that may be banned in the EU countries [20].

Less toxic is Dimetomorf (Ref: CME 151), which is a cinnamic acid derivative. It has been used since 1993 in European countries. Because of the instability it is usually used with other preparations, to extend the spectrum of action [21].

Azoxystrobin, which was first used in 1998, is characterized by the rapid penetration of the root system and spreading along the plant's stems and leaves. It is often used for disinfection of leaves and seeds. It has a negative impact on aquatic organisms and may cause allergies [22].

Metalaxyl-M (Ref: CGA 329351) is a universal fungicide that destroys pathogens populating the soil. It was first used in the USA in 1996. As a volatile compound, it may have a negative effect on the respiratory tract [23].

Fluazinam (Ref: IKF 1216), which is used to combat gray mold and other fungal pathogens, enables to control fungal pathogens associated with the soil. It is very toxic to aquatic organisms and may lead to degradation of the aquatic environment [24].

Difenoconazole is used in agriculture against a wide range of phytopathogens. Although its impact does not depend on weather conditions, at temperatures below 12 °C its effectiveness decreases. It penetrates both soil and water environments, and is bioaccumulated. It is considered moderately toxic to most aquatic organisms [25].

Famoxat is very toxic, and causes irreversible degradation of the aquatic and soil environment. The long-term contact has a negative impact on human health while the short-term contact may cause an allergic reaction [26].

Table

List of fungicides used against most often encountered potato pathogens

Name of the pathogen	Active substance - central dose	Active substances with universal effect / for preventive use	
Actinomycetes of <i>Streptomyces</i> genus	chlorothalonil - 500 g / l (phthalates)	Metrybuzyna – 700 g/kg (triazinones)	Copper - 50% (in the form of copper hydroxide) or copper - 190 g / l (in the form of tribasic copper sulphate)
	propineb - 70% (dithiocarbamates)		
	propamocarb hydrochloride - 400 g / l (a derivative of carbamic acid), cymoxanil - 50 g / l (iminoacetylureas)		
Mushrooms of the genus <i>Fusarium</i>	mancozeb - 60% (dithiocarbamates), dimethomorph - 9% (cinnamic acid derivative)		
	azoxystrobin - 250 g / l (strobilurin)		
	metalaxyl-M - 3.8% (phenylamides), mancozeb - 64% (dithiocarbamates)		
	mankozeb - 750 g / kg (dithiocarbamates)		
	mancozeb - 68% (dithiocarbamates), cymoxanil - 4.5% (iminoacetylureas)		
<i>Rhizoctonia solani</i>	azoxystrobin – 250 g/l (strobilurin)		
	mankozeb - 550 g / kg (dithiocarbamates)		
	chlorothalonil - 500 g / l (phthalates)		
<i>Helminthosporium solani</i>	mankozeb - 680 g / kg (dithiocarbamates)		
	chlorothalonil - 560 g / l (phthalates)		
<i>Alternaria solani</i>	fluazynam – 500 g/l (aniliny)		
	mandipropamid - 250 g / l (amidine), difenconazole - 250 g / l (triazole)		
	famoxat - 6.25% (oxazolidine), mancozeb - 62.5% (dithiocarbamates)		
	dimetomorph - 90 g / kg (derivatives of cinnamic acid), mancozeb - 600 g / kg (dithiocarbamates)		

Methibusin, acting as an inhibitor of photosynthesis, is relatively non-toxic and non-irritating. Its long-term action is related to the rapid penetration into the soil and leaves. It is moderately toxic to fish. It is decomposed in soil within 1-3 months while it is rapidly degraded in water under the influence of light. At 20 ° C and pH of 12.5, it is resistant to dilute acids and bases [27].

One of the safest methods of protecting plants against phytopathogens is based on application of copper compounds. These compounds have been successfully used against bacteria and fungi for over 150 years. One of the main drawbacks of the copper compounds is the possibility of destroying or damaging plants during application. To neutralize the acidic character of copper sulphate, it is often used in a mixture with lime. Because the action of copper compounds does not depend on weather conditions, they may be used all round the year [28].

**Alternative solution** The problem can be solved by searching for natural components with potential antimicrobial activity. Plant

extracts can be an alternative to currently used fungicides to control phytopathogens, because they are a rich source of bioactive components.

Turmeric long (*Curcuma longa*) is one of the best known perennial plants with antimicrobial and anti-inflammatory properties. The plant comes from India, and belongs to the ginger family. Turmeric greens contain 1.7-5.5% starch, essential oil and curcumin dye (difluoromethyl). The chemical structure of the dye was determined by Roughley and Whiting (1973). Its melting point ranges from 165 to 175 ° C. Curcumin is soluble in ketones, ethanol, alkali, chloroform and acetic acid. The nutritional value per 100 g is 354 kcal, the spice contains vitamins (C and B6) as well as micro- and macroelements (magnesium, iron, copper, zinc, sodium, manganese, potassium and phosphorus) [29].

Research carried out by the Korean Institute of Chemical Technology (MOO-KEY KIM, GYUNG-JA CHOI and HOI-SEON LEE) showed that *Curcuma longa* is fungicidal. For the experiment, extracts from the whole plant were prepared using four different sol-

vents (hexane, ethyl acetate, butanol and chloroform). The structural determination of the active isolate was made by means of spectroscopic analysis. The tests of antimicrobial activity, which were conducted for six different products (one of which was potato) showed that the extracts were active against *Botrytis cinerea*, *Erysiphe graminis*, *Phytophthora infestans*, *Puccinia recondita*, *Pyricularia oryzae* and *Rhizoctonia solani*.

The fungicidal activity against *Erysiphe graminis*, *Phytophthora infestans* and *Rhizoctonia solani* was demonstrated using 1000 mg /l of *Curcuma longa* hexane extract. The extract, which was extracted with ethyl acetate, showed a fungicidal activity against *Botrytis cineria*, *Phytophthora infestans*, *Puccinia recondita* and *Rhizoctonia solani*. The remaining extracts showed the weak antifungal activity [30].

The researchers (Hu Y., Zhang J., Kong W., Zhao G., Yang M.) who analyzed the antifungal properties of the essential oil obtained from *Curcuma longa* found that the antifungal activity was caused by the inhibition of the synthesis of ergosterol, mitochondrial ATPase,

malate dehydrogenase and succinate dehydrogenase [31].

This study provided evidence that *Curcuma longa* is the potential antifungal agent that is completely environmentally friendly.

Garlic (*Allium sativum*) has long been used as an anti-infection agent with the strong antiviral and antifungal activities. The main component responsible for the treatment of viral diseases is allicin. It also contains: adenosine, pectin, flavonoids and minerals (magnesium, phosphorus, iron and selenium).

The antifungal activity of *Allium sativum* was studied by Ulla Bång (2008). The in vitro and in vivo study, demonstrated the potency of *Allium sativum* against three pathogens (*Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Helminthosporium solani*). Noteworthy, the antifungal effect did not cause any visible damage to potato tubers [32].

The plants with potential antimicrobial activity reported in the literature include: common onion (*Allium cepa*), peppermint (*Mentha pieperita*), caraway carnasse (*Carum carvi*), and venomous crab (*Flos caryophylli*).

### Conclusion

The brief information presented in this mini-review, provides evidence of the negative effects of fungicides on the soil and water ecosystems. Because all the chemicals are deleterious for the ecosystems, all of them have the negative impact on the quality and yield of crops. The most dangerous are propamocarb hydrochloride, mancozeb, fluazinam and famoxate. According to the presented data, 30% of the chemicals are extremely toxic, 38% are moderately toxic, and 17% are toxic. It was found that the recurring usage of the same fungicides causes the adaptation of pathogens to the active substances while their replacement with other chemicals generates additional

costs. To prevent further degradation of the environment, the presented chemicals must be replaced by effective natural substances showing the antimicrobial activity. One of potential solutions of this problem are plant extracts, being a rich source of biologically active components. These extracts may be an environmentally friendly alternative to the currently used fungicides.

The prevention of further degradation of the environment caused by the development of agriculture is extremely important, because the quality and yield of crops depend on the soil quality, and the quality of crops affects human health.

### References

1. The EU potato sector - statistics on production, prices and trade 2016: The\_EU\_potato\_sector\_statistics\_on\_production,\_prices\_and\_trade. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics>
2. Top Potato Producing Countries Europe 2018. Available at: <https://www.potatopro.com/europe/potato-statistics>
3. EPPO Global Database. Available at: <https://gd.eppo.int>
4. European and Mediterranean Plant Protection Organization/ Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes. Available at: [https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant\\_quarantine/A2\\_list](https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A2_list)
5. Pstrik, K.H. (2000). Detection of *Clavibacter michiganensis* subsp. *Sepedonicus* in potato tubers by multiplex pcr with coamplification of host dna, *European Journal of Plant Pathology*, 106(2). 155–165
6. López, M.M., Bertolini, E., Olmos, A., Caruso P., Gorris, M.T., Llop, P., Penyalver, R., Cambra, M. (2003). Innovative tools for detection of plant pathogenic viruses and bacteria, *International Microbiology*, 6(4), 233–243

7. Lees, A. K., Cullen, D. W., Sullivan, L., Nicolso, M. J. (2002). Development of conventional and quantitative real-time PCR assays for the detection and identification of rhizoctonia solani AG-3 in potato and soil, *Plant Pathology*. 51, 293 – 30
8. Lindholm, P., Kortemaa, H., Kokkola, M., Haahtela, K., Salkinoja-Salonen, M., Valkonen, J.P. T. (2007). *Streptomyces* spp. Isolated from potato scab lesions under nordic conditions in Finland, *Plant Disease*, 22 .
9. Babcock, M. J., Eckwall, E.C., Schottel, J. L. (1993). Production and regulation of potato-scab-inducing phytotoxins by *Streptomyces Scabies*, *Journal of General Microbiology*. 139, 1579-1586. Printed in Great Britain
10. Talbot Brewer M., Larkin R. P. (2005). Efficacy of several potential biocontrol organisms against Rhizoctonia solani on potato, *Elsevier Crop Protection*, 24(11). 939-950
11. Cullen, D. W. , Lees, A.K. , Toth, I. K. , Duncan, J. M. (2001). Conventional PCR and real-time quantitative pcr detection of *Helminthosporium Solani* in soil and on potato tubers, *European Journal of Plant Pathology* ,(4), 387–398
12. Van der Waals, JE., Korsten, L., Slippers, B. Genetic diversity among *Alternaria solani* isolates from potatoes in South Africa. *Plant Disease*. 88 (9), 959-964
13. EPPO Global Database: Available at: <https://gd.eppo.int>
14. Bruynzeel, D.P. & van Ketel, W.G. (1986) Contact dermatitis due to chlorothalonil in floriculture. *Contact Derm.*, 14, 52–68.
15. Occupational Health Services Inc. (1987). Material Safety Data Sheet: Chlorothalonil. 2/25/87. NY.
16. Hazardous Chemical Information System (HCIS), Safe Work Australia propineb (ISO) Available at: <http://hcis.safeworkaustralia.gov.au/HazardousChemical/Details?chemicalID=3693>
17. UN Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) GHS Classification Tree Available at: [http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_welcome\\_e.html](http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_welcome_e.html)
18. U.S. Environmental Protection Agency. Cymoxanil; Pesticide Tolerances for Emergency Exemptions. Federal Register Document 97-12475. May 13, 1997.
19. International Agency for Research on Cancer. World Health Organization. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazard to Humans: m . Available at: <https://monographs.iarc.fr>
20. Gowan Comercio Internacional e Servicos, Lda, Rua Ivens No 3 B, Dona Mecia Building, 6th Floor, 9000-046 Funchal, Madeira, Republika Portugalska. Załącznik do zezwolenia MRiRW nr R- 206/2016 z dnia 17.10. 2016 r.
21. J.R. Bertelsen, E.de Neergaard and V.Smedegaard-Petersen Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phylloshere fungi, senescence and yield of winter wheat. Department of Plant Biology, Royal Veterinary and Agricultural University, Thorvaldsensvej 40, DK-1871 Frederiksberg C, Denmark.
22. Buser, H-R., Müller, M.D., Poiger, T., Balmer, M. E. Environmental Behavior of the Chiral Acetamide Pesticide Metalaxyl: Enantioselective Degradation and Chiral Stability in Soil Swiss Federal Research Station, CH-8820 Wädenswil, Switzerland.
23. Smith, F. D., Phipps, P. M., Stipes, R. J. (1992) Fluazinam: A New Fungicide for Control of Sclerotinia Blight and Other Soilborne Pathogens of Peanut. *Peanut Science*, 19(2), 115-120. <https://doi.org/10.3146/i0095-3679-19-2-14>
24. Fengshou Dong, Jing Li, Bezhan Chankvetadze, Yongpu Cheng, Jun Xu, Xingang Liu, Yuanbo Li, Xiu Chen, Carlo Bertucci, Daniele Tedesco, Riccardo Zanasi, and Yongquan Zheng (2013). Chiral Triazole Fungicide Difenoconazole: Absolute Stereochemistry, Stereoselective Bioactivity, Aquatic Toxicity, and Environmental Behavior in Vegetables and Soil, *Environ. Sci. Technol.*, 47 (7), 3386–3394.
25. Bogucka, B., Dubis, B., Wszelaczyńska, E., Pobereźny, J., Mozolewski, W. (2017). Effect of mineral fertilization on harmful components in potato tubers with purple-blue flesh, *Scientiarum Poloniarum ACTA, Agricultura* 16(4) , 191–198.
26. Urbanowicz, J. (2014). Herbicydy do walki z chwastami na plantacjach ziemniaka, *Ziemniak Polski*. (2), 35-41.
27. Dorn B. , Musa T. , Krebs H. , Men Fried P., Forrer Rudolf H. (2007). Control of late blight in organic potato production: evaluation of copper-free preparations under field, growth chamber and laboratory conditions, *European Journal of Plant Pathology* . 119(2), 217–240.
28. Ammon HPT, Wahl MA 1991. PHARMACOLOGY OF *CURCUMA LONGA*. *Planta Med* 57: 1-7.
29. Moo-Key Kim, Gyung-Ja Choi, And Hoi-Seon Lee, (2003). Fungicidal property of curcuma longa l. Rhizome-derived curcumin against phytopathogenic fungi in a greenhouse. *J. Agric. Food Chem*. 51, 1578–1581
30. Hu, Y., Zhang, J., Kong, W., Zhao, G., Yang, M. (2017). Mechanisms of antifungal and anti-aflatoxigenic properties of essential oil derived from turmeric (*Curcuma longa* l.) on *Aspergillus flavus*. *Food Chemistry*, Apr 1;220:1-8. DOI:[10.1016/j.foodchem.2016.09.179](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.179)
31. Ulla Bång (2007). Screening of natural plant volatiles to control the potato (*Solanum Tuberosum*) Pathogens *Helminthosporium Solani*, *Fusarium Solani*, *Phoma Foveata* And *Rhizoctonia Solani*. *Potato Research*, (2), 185–203

Надійшла до редколегії 14.04.2019

## ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 631.41

**О. В. КРУГЛОВ**<sup>1</sup>, канд. геолог. наук, **В. П. КОЛЯДА**<sup>1</sup>, канд. с.-г. наук,  
**А. О. АЧАСОВА**<sup>1</sup>, канд. біол. наук, доц., **П. Г. НАЗАРОК**<sup>1</sup>,  
**М. В. ШЕВЧЕНКО**<sup>2</sup>, д-р с.-г. наук, доц.

<sup>1</sup>ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»  
вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024  
м. Харків, Україна

<sup>2</sup>Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва  
п/в «Докучаєвське – 2», 62483, Харківський район, Харківська область

E-mail: [alex.kruglov@ukr.net](mailto:alex.kruglov@ukr.net) <https://orcid.org/0000-0003-2663-0935>  
[koliadavalerii@gmail.com](mailto:koliadavalerii@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-2682-5687>  
[achasova@ukr.net](mailto:achasova@ukr.net) <https://orcid.org/0000-0002-6294-2445>  
[pavelnazarok@gmail.com](mailto:pavelnazarok@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-4655-0679>  
[zemlerobstvo@knu.kharkov.ua](mailto:zemlerobstvo@knu.kharkov.ua) <https://orcid.org/0000-0003-4915-1435>

### ПРОТИЕРОЗІЙНА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕРИТОРІЇ АГРАРНИХ ГОСПОДАРСТВ НА ПРИКЛАДІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ, УКРАЇНА

**Мета.** Показати послідовність дій по протиерозійній оптимізації структури землекористування на прикладі агропідприємств Харківської області та подальші шляхи підвищення її ефективності. **Методи.** Картографічні, статистичні, геоінформаційного аналізу, математичного моделювання, магніторозвідка. **Результати.** Показаний приклад протиерозійної оптимізації землекористування на основі математичного моделювання потенційного змиву ґрунту за різних умов землекористування для трьох типових фермерських господарств Харківської області (Україна). Моделювання проводили за моделлю Ц. Мірцхулави із використанням цифрових моделей рельєфу в середовищі ArcGIS. Використання ГІС для проведення моделювання та візуалізації результатів дозволяє виділити найбільш ерозійно небезпечні ділянки та здійснити індивідуальний підбір сівозмін для кожного господарства. Виявлена в результаті моделювання потенційна загроза ерозії може бути попереджена за допомогою організаційних та агротехнічних заходів, що потребує від господарства мінімальних економічних витрат. Запропоновано шляхи перевірки ефективності агролісомеліоративних заходів з застосуванням методів та засобів магніторозвідки. **Висновки.** Протиерозійна оптимізація землекористування дозволяє досягти допустимих значень змиву ґрунту на всіх полях досліджених господарств. При цьому втрати ґрунту зменшуються, залежно від початкового рівня небезпеки та ступеня трансформації сівозміни від 10 % на схилах до 1,5°, до 4,2 разів на ускладнених ділянках.

**Ключові слова:** водна ерозія, ГІС, змив ґрунту, магніторозвідка, моделювання водної ерозії, оптимізація землекористування, сівозміни

**Kruhlov O. V.<sup>1</sup>, Kolyada V. P.<sup>1</sup>, Achasova A. O.<sup>1</sup>, Nazarok P. G.<sup>1</sup>, Shevchenko M. V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National scientific center «Institute for soil science and agrochemistry research named after O. N. Sokolovsky»

<sup>2</sup>V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University

### ANTI-EROSION OPTIMIZATION OF THE TERRITORY OF AGRARIAN FARMS ON THE EXAMPLE OF THE KHARKIV REGION, UKRAINE

**Purpose.** Show the sequence of actions on anti-erosion optimization of land use structure on the example of agro-enterprises of the Kharkiv region and further ways to increase its efficiency. **Methods.** Cartographic, statistical, geoinformation analysis, mathematical modeling, magnetizing. **Results.** An example of erosion optimization of land use is shown on the basis of mathematical modeling of potential soil losses under different land use conditions for three typical farms of the Kharkiv region (Ukraine). The simulation was carried out using the model of C. Myrshulawa using DEM in the ArcGIS environment. Using GIS to simulate and visualize the results allows you to identify the most erosionally hazardous areas and make an individual selection of crop rotation for each farm. The erosion risk which

modeling was revealed can be prevented by means of organizational and agronomic measures, which requires the minimal economic costs. The ways of checking the effectiveness of agro-forest-meliorative measures with application of methods and means of magnetic investigation are offered. **Conclusions.** Anti-erosion optimization of land use allows achieving the values of soil losses in all fields of investigated farms. At the same time, soil losses decrease, depending on the initial level of danger and the degree of transformation of crop rotation from 10% on slopes to 1.5 °, up to 4.2 times in complicated areas.

**Key words:** crop rotation, GIS, magnetism indicators, optimization of land use, potential soil losses, soil erosion modeling, water erosion

Круглов А. В.<sup>1</sup>, Коляда В. П.<sup>1</sup>, Ачасова А. А.<sup>1</sup>, Назарок П. Г.<sup>1</sup>, Шевченко Н. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени О. Н. Соколовского»

<sup>2</sup>Харьковский национальный аграрный университет имени В. В. Докучаева

### ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ НА УРОВНЕ АГРАРНЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ПРИМЕРЕ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ, УКРАИНА

**Цель.** Показать последовательность действий по противоэрозионной оптимизации структуры землепользования на примере агропредприятий Харьковской области и дальнейшие пути повышения ее эффективности. **Методы.** Картографические, статистические, геоинформационного анализа, математического моделирования, магниторазведка. **Результаты.** Показан пример противоэрозионной оптимизации и землепользования на основе математического моделирования потенциального смыва почвы при различных условиях землепользования для трех типичных фермерских хозяйств Харьковской области (Украина). Моделирование проводили по модели Ц. Е. Мирцхулавы с использованием цифровой модели рельефа в среде ArcGIS. Использование ГИС для проведения моделирования и визуализации результатов позволяет выделить наиболее эрозионно опасные участки и осуществить индивидуальный подбор севооборотов для каждого хозяйства. Обнаруженная в результате моделирования потенциальная угроза эрозии может быть предупреждена с помощью организационных и агротехнических мероприятий, что требует от хозяйства минимальных экономических затрат. Предложены пути проверки эффективности агролесомелиоративных мероприятий с помощью методов магниторазведки. **Выводы.** Противоэрозионная оптимизация землепользования позволяет достичь допустимых значений смыва почвы на всех полях исследованных хозяйств. При этом потери почвы уменьшаются в зависимости от начального уровня опасности и степени трансформации севооборота от 10% на склонах до 1,5°, до 4,2 раз в осложненных участках.

**Ключевые слова:** водная эрозия, ГИС, магниторазведка, моделирование процессов эрозии, оптимизация землепользования, потери почвы, севооборот

### Вступ

Досягнення нульового рівня деградації земель є одним з головних завдань сталого розвитку людства, визначених у програмному документі «Перетворення нашого світу: Порядок денний сталого розвитку на період до 2030 року», що був прийнятий Генеральною асамблеєю ООН 25 вересня 2015 року [1]. Деградація земель, як комплексний процес погіршення якості земельних ресурсів значною мірою обумовлена процесами деградації ґрунтів, серед яких одне з головних місць в світі займають водна та вітрова ерозії ґрунтів [2, 3].

Перед Україною проблема ерозії ґрунтів стоїть також дуже гостро. До 40 % площ орних земель є ерозійно небезпечними та потребують застосування додаткових протиерозійних заходів [4, 5]. З другої половини ХХ сторіччя в Україні напрацьовано величезний успішний досвід системного вирішення проблеми раціо-

нального використання земель та охорони ґрунтів в умовах потенційно високого прояву ерозії [4]. Нажаль, цей досвід отриманий в умовах жорсткого централізованого управління, притаманного соціалістичному радянському суспільству та державної власності на землю. Він базується на використанні системного підходу, що передбачає комплекс взаємопов'язаних організаційних, агротехнічних, гідротехнічних та агролісомеліоративних заходів, що застосовуються в межах водозбірних басейнів.

Після розпаду СРСР, в результаті зміни державного ладу та проведення земельної реформи, в Україні понад 80,0% земельного фонду держави передано у приватну власність. Громадянам виділено понад 6,9 млн. земельних наділів (паїв) з середнім розміром 4,0 га [6]. Внаслідок цього для сучасного агровиробництва в Україні характерна мозаїчна структура



землекористування, що пов'язана із специфікою дрібноділянкового розпаювання земель з подальшою передачею окремих паїв в оренду виробникам сільськогосподарської продукції. За даними [6] середній розмір сучасного сільськогосподарського підприємства в Україні складає 112 га, з яких рілля становить 100 га, тобто понад 97%. При цьому землі окремих фермерських господарств, як правило, являють собою не суцільний масив, а декілька відокремлених, часто досить віддалених одна від одної, ділянок.

Крупні об'єкти ґрунтозахисної системи, такі як лісосмуги, гідротехнічні споруди, меліоративні системи після реформи залишилися у державній та комунальній власності. Таким чином, в останні роки функціональність системи охорони ґрунтів від ерозії порушилась внаслідок як руйнування протиерозійних споруд та вікових змін лісонасаджень, так і в результаті зміненої структури землекористування. Землекористувачі за таких умов не можуть здійснювати управління протиерозійними об'єктами та контроль за їх функціонуванням, а отже й не зацікавлені в підтримці їх функціональності. Як наслідок нехтування протиерозійним захистом території зростає пряма та опосередкована шкода від проявів ерозійних процесів.

За цих умов на перше місце в системі

### Об'єкти та методи дослідження

Основою для проведення розрахунків є цифрові моделі рельєфу (ЦМР), побудовані шляхом векторизації топографічної карти масштабу 1:10000, картограми ґрунтового покриву масштабу 1:25000. Перевірка стану протиерозійної мережі проводилась за даними супутникової зйомки високого дозволу із використанням матеріалів сервісу Google Earth.

охорони ґрунтів від ерозії в Україні виходить застосування агротехнічних та організаційних заходів, що полягають в протиерозійно обґрунтованому підборі сівозмін, а також напрямів та способів обробітку для кожної робочої ділянки з урахуванням параметрів рельєфу та властивостей ґрунтів. При чому, форма та розмір робочих ділянок також мають корегуватись відповідно до вимог ерозійної безпеки.

Проведення робіт із розробки системи протиерозійних заходів для кожного конкретного господарства можливе лише на основі математичного моделювання процесів ерозії з урахуванням дії вказаних чинників (форма та розмір робочих ділянок, їх орографічне положення, характер використання та властивості ґрунтів) [7, 8]. Окремо постає питання оперативної перевірки функціональності протиерозійних агролісомеліоративних заходів. Попередні дослідження показують ефективність залучення для вирішення цієї задачі одного з методів магніторозвідки – визначення питомої магнітної сприйнятливості ґрунту [9, 10].

**Мета дослідження** – показати послідовність дій по протиерозійній оптимізації структури землекористування на прикладі агропідприємств з різних районів Харківської області та запропонувати подальші шляхи підвищення її ефективності.

Обробіток інформації проводився у ArcGIS.

Моделювання процесів ерозії та розрахунок потенційного змиву ґрунту проводили згідно із чинним в Україні стандартом ДСТУ 7905 [11] за гідродинамічною моделлю водної ерозії (ГММЕ) Ц.С. Мірцхулави в модифікації С.Ю. Булигіна за формулою

$$W_{x_2 T} = 0,011 \times b_{\rho_s} \times \omega \times \bar{d} \left[ \frac{308 \times \sigma^{0,6} \times (1,67 \times 10^{-5} \times I)^{0,6} \times I g \alpha^{0,7} \times M_1^{1,4} \times n_0^{0,6} \times X_2^{1,6}}{v_{\Delta} \Delta \omega n^2} + \frac{0,000013 \times v_{\Delta} \Delta \omega n^{3,32}}{1,67 \times 10^{-5} \times I \times \sigma \times I g \alpha^{1,16} \times M_1^{2,32} \times n_0} - X_2 \right] \frac{T \times 60}{X_2} \quad (1)$$

де  $b_{\rho_s}$  – щільність будови ґрунту, т/м<sup>3</sup>;  
 $\omega$  – середня частота пульсаційної швидкості, с<sup>-1</sup>;

$\bar{d}$  – середньозважений діаметр водотривких агрегатів, м;  
 $\sigma$  – коефіцієнт стоку;  
 $I$  – середня інтенсивність зливи, мм/хв.;

$\alpha$  – кут нахилу поверхні схилу, градус;

$M_1$  – коефіцієнт, який враховує відхилення характеру руху схилового стоку від прийнятого в розрахунковій схемі руху рівного шару води, що визначають як коефіцієнт поборозненості [11];

$n_0$  – коефіцієнт шорсткості, м, згідно з формулою (2);

$$n_0 = \frac{(0,7 \times \bar{d})^{1/6}}{22,2} \quad (2)$$

$X_2$  – довжина схилу, м;

$T$  – тривалість зливи, хв.;

$v_{\Delta \text{дон}}$  – нерозмиваюча (допустима) швидкість на висоті виступів шорсткості, м/с, згідно з формулою (3);

$$v_{\Delta \text{дон}} = 1,55 \times \sqrt{\frac{g}{1,46 \times \rho_w} \times (\rho_s - \rho_w) \times \left(1 - \frac{P}{100}\right) \times \bar{d} \times (\cos \alpha - \sin \alpha)} / 1,4 \quad (3)$$

де:  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$\rho_w$  – щільність води, т/м<sup>3</sup>;

$\rho_s$  – щільність твердої фази ґрунту, т/м<sup>3</sup>;

$P$  – шпаруватість структурних агрегатів, %.

Рекомендації з розміщення сільськогосподарських культур та складання сівозміни проводились на підставі чинних нормативних документів України.

Визначення питомої магнітної сприйнятливості ґрунтів проводилось з допомогою капамістка KLY-2 (Чехія) за методикою О.Ф.

Вадюніної [12] в зразках, відібраних з орного шару ґрунту за регулярною сіткою.

Для проведення досліджень відібрано три аграрні господарства площею 316 га (Farm 1), 414 га (Farm 2) та 252 га (Farm 3). Основою для відбору ділянок стало домінування на території кожного з них одного з основних підтипів ґрунтів, що поширені в Харківській області [5]. Farm 1 – чорнозем опідзолений, Farm 2 – чорнозем звичайний та Farm 3 – чорнозем типовий. Схема розташування підприємств показана на рисунку 1.



1 – Farm 1; 2 – Farm 2; 3 – Farm 3

Рис. 1 – Схема розташування досліджуваних територій

Всі досліджені ділянки використовуються у інтенсивному сільськогосподарському виробництві. Польові дослідження,

проведені на території всіх трьох господарств виявили прояви прискореної ерозії ґрунтів – ривчаки на полях, конуси виносу поза їх ме-

жами. На всій території України у 1960-70 роках було закладено систему захисних лісосмуг, в тому числі з метою захисту від ерозії ґрунтів, в першу чергу – від дефляції. Як

правило, ці лісосмуги є кордонами існуючих землеволодінь, тому при складанні планів землеустрою їх непорушність є обов'язковою умовою.

### Результати дослідження

В Україні прийняті вимоги до обмежень щодо використання ґрунтів залежно від крутизни поверхні [13] поля, ці вимоги в першу чергу спрямовані на попередження розвитку водної ерозії ґрунтів. Залежно від кута нахилу поверхні сільськогосподарські землі мають поділятися на III технологічні групи з різними вимогами до використання земель. На землях I групи рекомендується вирощування будь-яких районованих сільськогосподарських культур за інтенсивними технологіями. У межах I групи виділяють дві технологічних підгрупи: Ia – рівнинні землі крутістю до  $1^{\circ}$ , на які немає обмежень у виборі напряму обробітку й посіву; Ib – схилі землі крутістю  $1 - 3^{\circ}$ , де обов'язковий обробіток і посів впоперек або під припустимим кутом до схилу. На землях II групи рекомендується проектування зерно-трав'яних та ґрунтозахисних сівозмін з виключенням або обмеженням розміщення чорного пару та просапних культур. II технологічну групу поділяють на дві технологічних підгрупи: IIa – схили крутістю  $3 - 5^{\circ}$  без улоговин; IIb – схили крутістю  $3 - 7^{\circ}$ , а також

ускладнені улоговинами схили  $3 - 5^{\circ}$ . На землях технологічної підгрупи IIa пропонується розміщення зерно-трав'яних сівозмін, а на підгрупі IIb – травопільних ґрунтозахисних сівозмін.

При проведенні досліджень щодо протієрозійної оптимізації структури землекористування фермерських господарств на першому етапі нами була проведена оцінка відповідності використання земель обмеженням щодо параметрів рельєфу.

Всі поля досліджених господарств використовувались як землі I технологічної групи, тобто без обмежень щодо ерозійної безпеки.

За допомогою аналізу цифрової моделі рельєфу було визначено кут нахилу для кожного з полів, та розподіл земель за технологічними групами I-III. Узагальнені результати показано на рисунку 2.

Як бачимо, фактично, більшість існуючих полів є неоднорідними за параметрами рельєфу. Найбільша невідповідність нормативним вимогам безпечного використання виявлена для

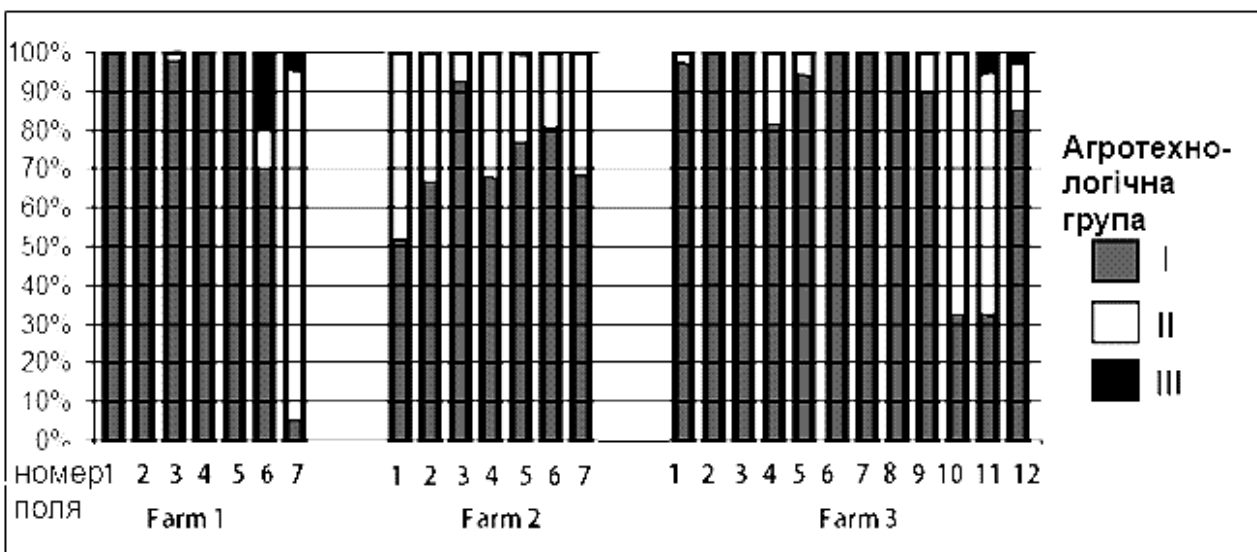


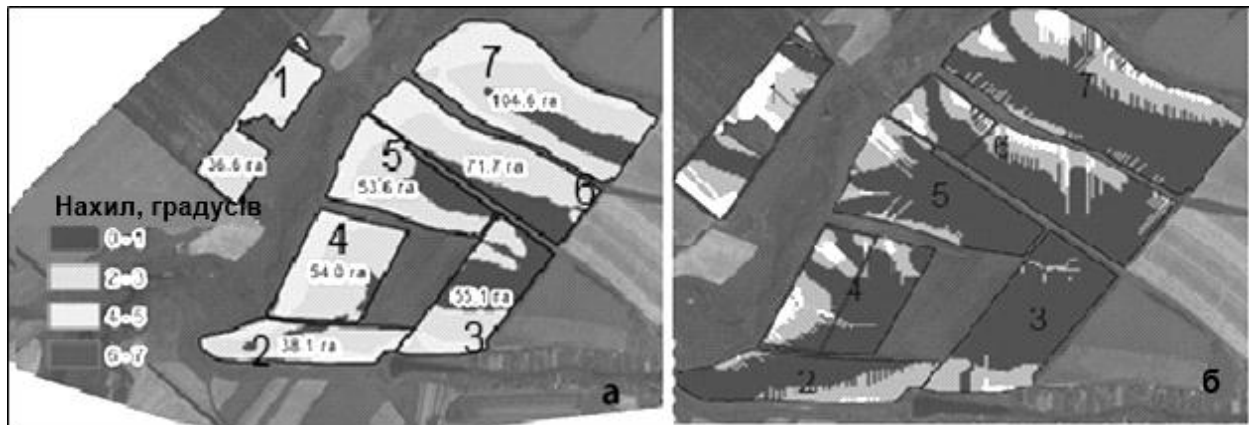
Рис. 2 – Розподіл кута нахилу поверхні по робочих ділянках (полях) досліджуваних підприємств

полів №6 та №7 підприємства Farm1, полів №1, №2, №4 та №7 підприємства Farm 2 та №10, №11, №12 підприємства Farm 3. При проведенні польових досліджень, більшість проявів процесу водної ерозії була зафіксована саме на їх території.

Вирішенням проблеми є виділення найбільш небезпечних ділянок до складу особливої ґрунтозахисної сівозміни (виращування багаторічних трав та інших ерозійно стійких культур) Основним критерієм вибору виращуваних

культур окрім протиерозійної ефективності є економічна доцільність їх виращування.

Досвід показує, що кут нахилу є важливим, проте не завжди коректним критерієм протиерозійного землевпорядкування (Рис. 3 а). Так, тут не враховуються інші важливі параметри: довжина та форма схилу, захисна дія лісосмуг. Більш достовірним є виділення ерозійно небезпечних ділянок за результатами математичного моделювання ерозійних процесів.



3а – Нахил поверхні, градусів

3б – Потенційний змив ґрунту та формування ґрунтозахисної сівозміни

Рис. 3 – Картограми земель господарства Farm 2

На рис. 3б показана картограма потенційних втрат ґрунту для господарства Farm 2, побудована за результатами моделювання змиву ґрунту за ГММЕ. Використання таких картограм дає змогу визначити найбільш небезпечні ділянки та виділити їх під ґрунтозахисну сівозміну. На рис. 3б ділянки, які рекомендовано вивести під ґрунтозахисну сівозміну виділені контуром. Це повністю поле №1 та частини полів №4 та №6.

Наступний етап ґрунтозахисного впорядкування – це підбір сільськогосподарських культур, захисна дія яких є адекватною ерозійній небезпеці. В Україні традиційно використовуються цифрові помісячні значення протиерозійної ефективності [14]. Бажаним є досягнення значення розрахункових втрат ґрунту нижче за 1,5 т/га. Основним критерієм підбору сільськогосподарських культур є побажання землекористувача.

Певні обмеження, передбачені норматив-

ним документом, стосуються строків повернення культури на те ж саме поле та питомої ваги окремих культур у структури посівних площ. У середньому набір культур для сівозміни без технологічних обмежень знижує втрати ґрунту на 25-40 %, для ґрунтозахисної сівозміни на 65-75 %.

На рис. 4 показано порівняння втрат ґрунту по всіх полях досліджених господарств до та після протиерозійної оптимізації землекористування. Потенційний змив ґрунту розраховувався за ГММЕ з урахування захисного впливу сільськогосподарських культур. Впровадження оновленої структури сівозмін дозволяє знизити потенційний змив ґрунту до безпечного рівня для всіх досліджених полів. Ґрунтозахисні сівозміни на найбільш ерозійно небезпечних ділянках передбачають виключення просапних культур та пару та виращування на частині сівозмінних площ багаторічних трав (люцерна).

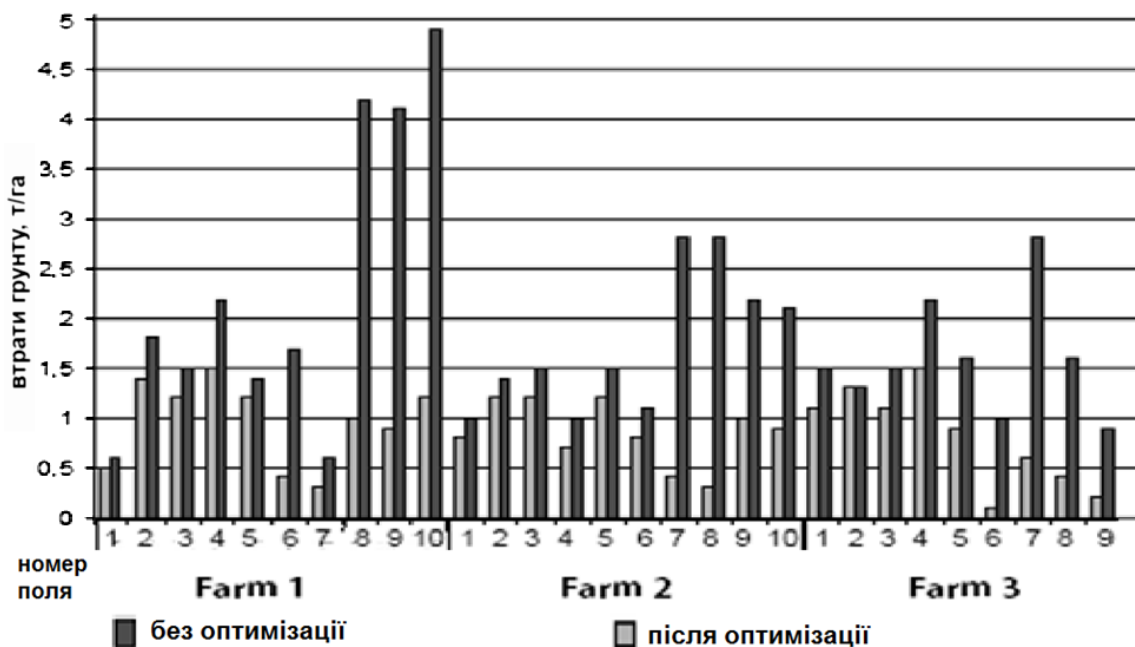


Рис. 4 – Розрахункові втрати ґрунту до та після проведення протиерозійної оптимізації

Окремо слід відзначити можливість введення поправок до результатів моделювання. Для цього використовуються картограми магнітної сприйнятливості (МС) ґрунтів, аналогічно до картограм умісту гумусу [15]. Ці дані порівнюються з результатами ерозійного моделювання. За умови коректності вихідних даних відмінності розподілу ознаки

на картограмах свідчать про некоректне функціонування існуючої системи протиерозійних агролісомеліоративних заходів (рис. 5). Представлений приклад ілюструє випадок адекватності результатів ерозійного моделювання та значень МС ґрунтів ( $R^2 = 0,77$ ). Ефективність захисних лісосмуг при цьому близька до проектної.

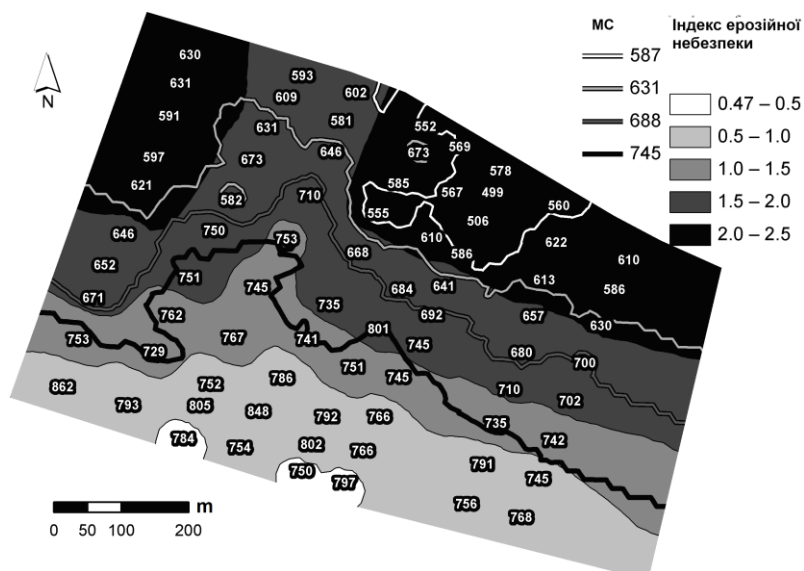


Рис. 5 – Обґрунтування ерозійної структури на основі просторового розподілу МС ґрунту на прикладі ділянки «Тішки», ґрунт – чорнозем типовий [15]

### Висновки

Використання моделювання процесів ерозії в ГІС дозволяє деталізувати та візуалізувати просторове положення ерозійно небезпечних ділянок та проводити підбір сільськогосподарських культур для кожного поля з урахуванням вимог ерозійної безпеки та економічної доцільності.

Як показали наші дослідження, проведення комплексу заходів з протиерозійної оптимізації території землекористування дозволяє досягти допустимих значень змиву ґрунту на всіх полях досліджених господарств. При цьому втрати ґрунту зменшувались від 10 % на схилах до 3°, до 4,2 разів на ускладнених крутосхилових частинах тери-

торії. За допомогою додаткових магнітометричних досліджень ґрунтового покриву вносять уточнення до модельних розрахунків, пов'язаних з функціональністю протиерозійних агролісомеліоративних заходів.

Коригування використання земель за результатами математичного моделювання ерозії не потребує кардинальних змін землекористування та значних капіталовкладень, тому може бути позитивно сприйнято фермерами та реалізовано в найкоротший термін. Саме цей шлях боротьби із водною ерозією в сучасних умовах України ми вважаємо найбільш реалістичним.

### Література

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
2. Нейтральный баланс деградации земельных ресурсов. Программа постановки целей. Постановка целей для нейтрального баланса деградации земельных ресурсов — Техническое руководство. Май, 2016. URL: [https://www.unccd.int/sites/default/files/inline-files/LDN%20TS%20Technical%20Guide\\_Draft\\_Russian.pdf](https://www.unccd.int/sites/default/files/inline-files/LDN%20TS%20Technical%20Guide_Draft_Russian.pdf)
3. Lynden G. W. J. van. Guidelines for the Assessment of Soil Degradation in Central and Eastern Europe (Soveur Project). Wageningen : ISRIC, 1997. 22 p.
4. Концепції досягнення нейтрального рівня деградації земель (ґрунтів) України / за наук. ред. С.А. Балюка, В.В.Медведєва, М.М. Мірошниченка. Х.: ФОП Бровін О.В., 2018. 32 с.
5. Тітенко Г.В., Медведєв В.В. Роль ґрунтового покриву в оптимізації соціальної політики України. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*, 2018, вип. 18. С. 14-21.
6. Кількість сільськогосподарських підприємств і площа сільськогосподарських угідь у їхньому користуванні станом на 1 листопада 2017 року за регіонами. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
7. Куценко М.В. Комплексна просторова оптимізація структури сільськогосподарських угідь: регіональний рівень. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*, 2014. № 1104., вип. 10. С. 99-105.
8. Коляда В. П., Шевченко М. В., Круглов О. В. та ін. Протиерозійна оптимізація землекористування сільськогосподарських підприємств: локальний рівень. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2018. №1-2(29). С.57-63.
9. Назарок П.Г., Круглов О.В., Куценко М.В. та ін. До питання картографування ерозійних процесів. *Вісник аграрної науки*. 2015. №9. С.63-68.
10. Menshov, O., Kruglov, O., Sukhorada, A. Informational content of the soil magnetism indicators for solving agrophysical and soil science tasks. *Scientific Bulletin of the National mining University*. 2012. №3.Р.7-12.
11. ДСТУ 7904:2015. Якість ґрунту. Визначення потенційної загрози ерозії під впливом дощів. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2016 12 с.
12. Вадюнина, А.Ф., Корчагина З.А. Методі исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с
13. Про затвердження Методичних рекомендації щодо розроблення проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь. Наказ від 02.10.2013 № 396. Державне агентство земельних ресурсів України. *Землепорядний вісник*. 2013. № 10. С. 52 – 63.
14. Моргун, Ф.Т., Шикун Н.К., Тарарико А.Г. Почвозащитное земледелие. К.: Урожай, 1988. 256 с.
15. Menshov O., Kruglov O., Vyzhva S., et al Magnetic methods in tracing soil erosion, Kharkov Region, Ukraine. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 2018. 62. 681-696, DOI: 10.1007/s11200-018-0803-1-681

### References

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (2015). Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
2. Land Degradation Neutrality Target Setting – A Technical Guide. (2016). Available at: [https://www.unccd.int/sites/default/files/inline-files/LDN%20TS%20Technical%20Guide\\_Draft\\_English.pdf](https://www.unccd.int/sites/default/files/inline-files/LDN%20TS%20Technical%20Guide_Draft_English.pdf)
3. Lynden, G. W. J. van.(1997). Guidelines for the Assessment of Soil Degradation in Central and Eastern Europe (Soveur Project). Wageningen : ISRIC. 22 .
4. Balyuk, S.A., Medvedev, V.V., Miroshnychenko, M.M. (Ed.) (2018).Konceptiyi dosyagnennya nejtral`nogo rivnya degradaciyi zemel` (g`runtiv) Ukrayiny` [Conceptions of achieving a neutral level of land degradation (soil) of Ukraine]. Kharkiv: FOP Brovin O.V., 32. [in Ukrainian]
5. Titenko, G. V., Medvedev, V. V. (2018). Rol` g`runtovogo pokry`vu v opty`mizaciyi social`noyi polity`ky` Ukrayiny` [The role of soil cover in optimizing the social policy of Ukraine] *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, 18, 14-21. [in Ukrainian].
6. Kil`kist` sil`s`kogospodars`ky`x pidpry`yemstv i ploshha sil`s`kogospodars`ky`x ugid` u yixn`omu kory`stuvanni stanom na 1 ly`stopada 2017 roku za regionamy` [The number of agricultural enterprises and the area of agricultural land in their use as of November 1, 2017 by regions]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
7. Kucenko, M.V. (2014) Kompleksna prostorova opty`mizaciya struktury` sil`s`kogospodars`ky`x ugid`: regional`al`ny`j riven` [Integrated spatial optimization of the structure of agricultural land: regional level *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University series «Ecology»*, (1104(10)), 99-105. [in Ukrainian].
8. Kolyada, V. P., Shevchenko, M. V., Kruhlov, O. V. Et all. (2018). Proty`erozijna opty`mizaciya zemlekory`stuvannya sil`s`kogospodars`ky`x pidpry`yemstv: lokal`ny`j riven` [Anti-erosion optimization of land use of agricultural enterprises: local level.] *Man and environment. Issues of neoecology*, (1-2 (29)), 57-63. [in Ukrainian]
9. Nazarok, P.G., Kruglov, O.V., Kucenko, M.V. ta in. (2015). Do py`tannya kartografuvannya yerozijny`x procesiv [On the mapping of erosional processes]. *Bulletin of Agricultural Science*, 9, 63-68. [in Ukrainian]
10. Menshov, O., Sukhorada, A. (2012) Informational content of the soil magnetism indicators for solving agrogeophysical and soil science tasks. *Scientific Bulletin of the National mining University*. 3, 7-12.
11. DSTU 7904:2015. (2016) Yakist` g`runtu. Vy`znachennya potencijnoyi zagrozy` eroziyi pid vply`vom doshhiv. [The quality of the soil. Determination of the potential threat of erosion under the influence of rain]. Official edition, Kyiv, 12. [in Ukrainian]
12. Vadyuny`na, A.F., Korchagy`na, Z.A. (1986) Metodi y`ssledovany`ya fy`zy`chesky`x svojstv pochv [The methods for studying the physical properties of soils]. Moscow: Agropromy`zdat, 416. [in Ukrainian]
13. Pro zatverdzhennya Metody`chny`x rekomendaciyi shhodo rozroblennya proektiv zemleustroyu, shho zabezpechuyut` ekologo-ekonomichne obg`runtuvannya sivozminy` ta vporyadkuvannya ugid (2013). [On approval of the Methodological recommendations for the development of land management projects that provide ecological and economic rationale for crop rotations and farmland management]. Order of State Agency of Land Resources of Ukraine.02.10.2013 № 396. *Land Bulletin*. 10, 52 - 63. [in Ukrainian]
14. Morgun, F.T., Shy`kula, N.K., Tarary`ko, A.G. (1988). Pochvozashhy`tnoe zemledely`e. [Soil-protecting agriculture]. Kiyv, 256. [in Ukrainian]
15. Menshov, O., Kruglov, O., Vyzhva, S., et all (2018). Magnetic methods in tracing soil erosion, Kharkov Region, Ukraine. *Studia Geophysica et Geodaetica*. 62. 681-696, DOI: 10.1007/s11200-018-0803-1–681

Надійшла до редколегії 02.05.2019

Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: «Екологія» є збірником наукових робіт, який включено до Переліку ВАК фахових видань, в яких можна публікувати основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора і кандидата географічних наук.

До публікації приймаються статті, які написані українською, російською або англійською мовами згідно з правилами для авторів і отримали позитивні рекомендації рецензентів.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Електронна версія оформляється у форматі Microsoft Word, шрифт Times New Roman, розмір 11, міжрядковий інтервал 1,0, всі поля по 2,5 см. Жирним шрифтом виділяються підзаголовки у статті; курсив допускається лише у виняткових випадках.

Ілюстрації, включаючи графіки і схеми, мають бути розміщені безпосередньо в тексті. Ілюстрації подаються чорно-білими. Скрізь, де можливо, доцільніше використовувати графіки, а не таблиці.

Орієнтація сторінок – книжкова. Вирівнювання – по ширині.

Відступ для абзацу – 1,00 см.

Для статей необхідно вказати УДК (зліва, розмір 11), ініціали та прізвище автора, науковий ступінь та звання (розмір 11, по центру), повну назву установи та її адреса, e-mail та <https://orcid.org/> (розмір 10, по центру).

Подати прізвище та ініціали, назву установи, назву статті, анотацію та ключові слова українською, англійською й російською мовами (кожна не менше 1800 знаків): розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0. Ключові слова 5-7 без слів, що входять у назву.

Анотація має бути структурованою для експериментальних робіт, тобто обов'язково вказати: **Мета. Методи. Результати. Висновки.; Purpose. Methods. Results. Conclusions.; Цель. Методы. Результаты. Выводы.**

Текст статті має відповідати вимогам ВАК

**Література** обов'язково оформляється за ДСТУ 8302:2015, повинна містити також джерела, що опубліковані не більше 5 років тому: розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0. Кількість посилань має бути не менше 15.

Нижче подається перелік посилань (**References**), тобто кирилиця транслітерується в латиницю) та переклад назви англійською мовою у прямокутних дужках. Посилання необхідно оформляти згідно міжнародного бібліографічного стандарту APA (American Psychological Association).

Посилання на джерела давати у прямокутних дужках [ ] із зазначенням порядкового номера в порядку посилання у тексті, а в окремих випадках і сторінок.

### Адреса редакції:

екологічний факультет, 4 поверх, к. 483а,

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

пл. Свободи, 6, Харків, Україна, 61022

тел. +38-057- 707-53-86

e-mail: [visnykecology@karazin.ua](mailto:visnykecology@karazin.ua) [ecology.journal@karazin.ua](mailto:ecology.journal@karazin.ua)

Власний сайт: <http://visnecology.univer.kharkov.ua/>

**Web-page:** <http://periodicals.karazin.ua/ecology> (OJS)



Наукове видання

**ВІСНИК ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
імені В. Н. КАРАЗІНА**

**СЕРІЯ «ЕКОЛОГІЯ»  
Вип. 20**

**Збірник наукових праць**

Українською, російською та англійською мовами

Макетування та комп'ютерне верстання  
Баскакова Л. В.

Підписано до друку 11.06.2019 Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub> . Папір офсетний.  
Друк ризографічний

Ум. друк. арк. 15,6. Обл.-вид. арк. 18,1  
Наклад 50 пр. Зам.

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

Надруковано ХНУ імені В. Н. Каразіна  
61022, Харків, майдан Свободи, 4.  
Тел. 705-24-32  
Видавництво

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09