

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 21**

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

**Issue 21**

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

**Выпуск 21**

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 13 від 23.12.2019 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);

**Бєдункова 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, проф., (Харківський

національний університет імені В. Н. Каразіна); **Медведев 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);

**Страшнюк В. Ю.**, д-р біол. наук, проф., (Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна); **Утєвська О. М.**,

д-р біол. наук, проф., (Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна); **Цапко Ю.Л.**, д-р біол. наук., с.н.с.,

(ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім.О. Н. Соколовського НААН»); **Шабанов Д. А.**, д-р біол. наук, проф.,

(Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна); **Чаплюгіна А. Б.**, д-р біол. наук, проф., (Харківський

національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди).

**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; **Едірїппуліге С.**,

д-р географії (Університет Квінсленду, м. Брісбен, Австралія); **Кіосопулос Дж.**, д-р філософії, проф., (Афінський

університет прикладних наук, м. Афіни, Греція); **Крївцов 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,

(Естонський університет наук про життя, Тарту, Естонія).

**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: КВ № 21557-11457Р від 21.08.2015

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

# ЗМІСТ

## *ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ*

<b>Клещ А. А., Максименко Н. В.</b> Трансформація водозбірною басейну р. Уди в межах м. Харків.....	6
<b>Воровка В. П., Демченко В. О.</b> Гідроекологічні проблеми Молочного лиману у зв'язку з нестабільним його сполученням з Азовським морем.....	23
<b>Назарук М. М., Полянський Ю. С.</b> Ревіталізаційні зміни геопростору у європейських містах.....	34

## *ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА*

<b>Приходько В. Ю.</b> Дослідження регіональних особливостей захоронення твердих побутових відходів в Україні.....	51
<b>Слепужніков Є. Д., Петухов Р. А., Пономаренко Р. В., Буц Ю. В.</b> Екологічно безпечний метод локалізації наслідків забруднення ґрунтів при надзвичайних ситуаціях техногенного характеру (рос.).....	63

## *БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ*

<b>Крайнюкова А. М., Крайнюков О. М., Кривицька І. А.</b> Вивчення залежності токсичного ефекту від часу контакту токсикантів з культурою водорості (рос.).....	72
<b>Снігірьов С. М., Чернявський О. В., Наум Е. О., Галкіна А. О., Медінець В. І., Газетов Є. І., Конарева О. П., Снігірьов П. М.</b> Стан макрзообентосу в прибережній зоні острова Зміїний у 2016-2017 рр. (рос.).....	81
<b>Правила для авторів.....</b>	99

## CONTENTS

### *ECOLOGICAL RESEARCHES OF GEOSYSTEM*

<b>Klieshch A. A., Maksymenko N. V.</b> Transformation of the Watershed Basin of Udy River Within Kharkiv.....	6
<b>Vorovka V. P., Demchenko V. O.</b> Hydroecological Problems of Dairy Estuary in Connection with the Instable of its Communication with the Azov Sea.....	23
<b>Nazaruk M. M., Polianskiy Y. S.</b> Revitalization Processes of Changing Geospatial in European Cities.....	34

### *ENVIRONMENTAL ECOLOGICAL SAFETY*

<b>Prykhodko V. Yu.</b> Regional Features Research of Municipal Solid Waste Disposal in Ukraine.....	51
<b>Slepuzhnikov E. D., Pietukhov R. A., Ponomarenko R. V., Buts Y. V.</b> Environmentally Safe Method of Localization of Soil Pollution in Emergency Situations of Technogenic Nature.....	63

### *BIOLOGICAL RESEARCH*

<b>Krainiukova A. M., Krainiukov O. M., Kryvytska I. A.</b> Studying the Dependence of the Toxic Effect on the Time of the Toxicant's Contact with the Algae Culture.....	72
<b>Snigirov S. M., Chernyavskiy A. V., Naum E. A., Galkina A. A., Medinets V. I., Gazyetov Ye. I., Konareva O. P., Snigirov P. M.</b> Zmiinyi Island Coastal Zone Macrozoobenthos State in 2016-2017.....	81
<b>Instructions for Authors</b> .....	99

## СОДЕРЖАНИЕ

### *ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ*

<b>Клещ А. А., Максименко Н. В.</b> Трансформация водосборного бассейна р. Уды в пределах г. Харьков.....	6
<b>Воровка В. П., Демченко В. А.</b> Гидроэкологические проблемы соединительного канала между Молочным лиманом и Азовским морем.....	23
<b>Назарук Н. Н., Полянский Ю. С.</b> Ревитализационные изменения геопространства в европейских городах.....	34

### *ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ*

<b>Приходько В. Ю.</b> Исследование региональных особенностей захоронения твердых бытовых отходов в Украине.....	51
<b>Слепужников Е. Д., Петухов Р. А., Пономаренко Р. В., Буц Ю. В.</b> Экологически безопасный метод локализации загрязнения почв при чрезвычайных ситуациях техногенного характера.....	63

### *БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ*

<b>Крайнюкова А. Н., Крайнюков А. Н., Кривицкая И. А.</b> Изучение зависимости токсического эффекта от времени контакта токсиканта с культурой водоросли .....	72
<b>Снигирев С. М., Чернявский А. В., Наум Е. А., Галкина А. А., Мединец В. И., Газетов Е. И., Конарева О. П., Снигирев П. М.</b> Состояние макрозообентоса в прибрежной зоне острова Змеиный в 2016-2017 гг. ....	81
<b>Правила для авторов.....</b>	99

## ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ

УДК: 911.5+504

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-01>

**А. А. КЛЄЩ<sup>1</sup>, Н. В. МАКСИМЕНКО<sup>1</sup>**, д-р геогр. наук, доц.,  
<sup>1</sup>Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 6, м. Харків, Україна 61022

e-mail: [klieshch@karazin.ua](mailto:klieshch@karazin.ua)  
[maksymenko@karazin.ua](mailto:maksymenko@karazin.ua)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1379-1043>  
<http://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

### ТРАНСФОРМАЦІЯ ВОДОЗБІРНОГО БАСЕЙНУ р. УДИ В МЕЖАХ М. ХАРКІВ

**Мета** дослідження - оцінка ступеню антропогенної трансформації ландшафту водозбірною басейну внаслідок містобудівного освоєння та виявлення шляхів нормування навантаження на ландшафти у ході розвитку міста.

**Методи.** У ході дослідження використаний комплекс методів: експертна оцінка, картографічні методи (зокрема операції картометрії) та геоінформаційне моделювання рельєфу.

**Результати.** У ході дослідження виявлено, що урбогенна трансформація природних ландшафтів передусім відбувається внаслідок формування системи землекористувань, що спонукає заміну екологічних функцій ландшафту суспільними. Здійснена на основі геоінформаційного моделювання рельєфу ландшафтна диференціація водозбірною басейну, дозволила виявити просторову конфігурацію та площі кожної з його підсистем. Встановлено, що заплавна підсистема займає 8,47 %, надзаплавно-терасова – 21,4 %, схилова підсистема – 17,49 %, а вододільно-рівнинна – 52,64 % від площі території досліджуваного водозбірною басейну.

**Висновки.** В результаті обчислення коефіцієнтів трансформації типів землекористування та їх сумарності в межах кожної з підсистем встановлено, що найбільший ступінь трансформації ландшафтів має вододільно-рівнинна підсистема. Середнім ступенем трансформації характеризується надзаплавно-терасова та схилова підсистеми. Найнижчий показник коефіцієнту антропогенної трансформації в межах водозбірною басейну має заплавна підсистема. Для території заплавної підсистеми здійснено зонування території за рівнем антропогенного навантаження на ландшафт водозбірною басейну. Для кожної з зон запропоновано екологічні заходи.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ландшафтне планування, антропогенна трансформація, ландшафт, урбанізація, водозбірний басейн, структура землекористування, р. Уди, Харків

**Klieshch A. A., Maksymenko N. V.**

*V. N. Karazin Kharkiv National University*

#### TRANSFORMATION OF THE WATERSHED BASIN OF UDY RIVER WITHIN KHARKIV

**Purpose.** To assess the extent of anthropogenic transformation of the landscape of watershed basin due to urban development and identify ways of normalizing the load on landscapes during the development of the city.

**Methods.** In the course of the study, a set of methods was used: expert evaluation, cartographic methods (including cartometry operations) and geoinformation modeling of the relief.

**Results.** In the course of the study, it was found that the urbogenic transformation of natural landscapes is primarily due to the formation of a system of land uses that prompts the replacement of the ecological functions of the landscape by public ones. The landscape differentiation of the catchment basin, based on geoinformation modeling of the terrain, made it possible to identify the spatial configuration and area of each of its subsystems.

© Клєщ А. А., Максименко Н. В., 2019



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

It was found that the floodplain subsystem occupies 8.47 %, the alluvial subsystem – 21.4 %, the slope subsystem – 17.49 %, and the watershed-plain – 52.64 % of the area of the studied catchment area.

**Conclusions.** As a result of calculating the coefficients of transformation of land use types and their summation within each of the subsystems, it is established that the highest degree of transformation of landscapes has a watershed-plain subsystem. The average degree of transformation is characterized by the alluvial terrace and slope subsystems. The lowest index of anthropogenic transformation coefficient within the catchment area has a floodplain subsystem. For the territory of the floodplain, zoning of the territory according to the level of anthropogenic load on the landscape of the catchment area was carried out. Environmental measures are proposed for each of the zones.

**KEYWORDS:** landscape planning, anthropogenic transformation, landscape, urbanization, watershed, land use structure, r. Udy, Kharkiv

**Клещ А. А., Максименко Н. В.**

*Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина*

### **ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА Р. УДЫ В ПРЕДЕЛАХ Г. ХАРЬКОВ**

**Цель.** Оценка степени антропогенной трансформации ландшафта водосборного бассейна в результате градостроительного освоения и выявления путей нормирования нагрузки на ландшафты в ходе развития города.

**Методы.** В ходе исследования использован комплекс методов: экспертная оценка, картографические методы (в частности операции картометрии) и геоинформационное моделирование рельефа.

**Результаты.** В ходе исследования определено, что урбогенная трансформация природных ландшафтов прежде всего происходит в результате формирования системы землепользования, что побуждает замену экологических функций ландшафта общественными. Осуществлена на основе геоинформационного моделирования рельефа ландшафтная дифференциация водосборного бассейна. Установлено, что пойменная подсистема занимает 8,47%, надпойменно-террасная – 21,4 %, склонная – 17,49 %, а водораздельно-равнинная – 52,64 % от площади территории исследуемого водосборного бассейна.

**Выводы.** В результате вычисления коэффициентов трансформации типов землепользования и их суммации в пределах каждой из подсистем установлено, что наибольшая степень трансформации ландшафтов имеет водораздельно-равнинная подсистема. Средней степенью трансформации характеризуется надпойменно-террасная и склоновая подсистемы. Самый низкий показатель коэффициента антропогенной трансформации в пределах водосборного бассейна имеет пойменная подсистема. Для территории пойменной подсистемы осуществлено зонирование территории по уровню антропогенной нагрузки на ландшафт водосборного бассейна. Для каждой из зон предложены экологические мероприятия.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ландшафтное планирование, антропогенная трансформация, ландшафт, урбанизация, водосборный бассейн, структура землепользования, р. Уды, Харьков

### **Вступ**

Для позначення процесу якісних і кількісних змін природних ландшафтів внаслідок антропогенного навантаження або ж тимчасових збурень на них використовуються поняття антропогенної трансформації ландшафту. В рамках наукових напрямків ландшафтознавства та ландшафтної екології для потреб оцінки ступеню та характеру антропогенного навантаження на природні ландшафти використовується низка методичних підходів, що здатні здійснити аналіз змін ландшафту та надати оцінку впливу цих змін. Дослідження зумовлених антропогенною діяльністю змін ландшафтів науковими школами в Україні переважно здійснюються за такими концептуальними напрямками, що

в якості об'єкту концентруються на власне антропогенних ландшафтах або ж на антропогенних модифікаціях природних ландшафтів [11, 13]. Таким чином, дослідженню підлягає два сценарії наслідків впливу діяльності людини на ландшафтні комплекси. В обох сценаріях, антропогенне навантаження та численні збурення спричиняють різноманітні якісні зміни і модифікації природних ландшафтів, Але у першому випадку в результаті впливу виникають антропогенні модифікації ландшафту (тобто інваріант ландшафту залишається незмінним), тоді коли результатом реалізації другого випадку є формування якісно відмінного утворення – антропогенного ландшафту.

Петлін В. М. [14] звертає увагу на те, що антропогенні модифікації ландшафтів трактуються досить широко і виділяє два найпоширеніших типи їх визначення як:

- ландшафтні комплекси, що перебувають під впливом радикальних антропогенних трансформацій;
- ландшафтні комплекси, що є модифікованими по відношенню до природних ландшафтів та відрізняються від них відсутністю саморозвитку, простою їхніх біологічних складових та меншою стійкістю до екзогенних впливів.

Власне, в рамках даного концептуального підходу зміни ландшафтів під впливом людської діяльності розглядаються як динаміка їх природних станів, тобто такі зміни не спричиняють змін їхніх інваріантів. Не дивлячись на те, що саме виступає об'єктом наукового дослідження – антропогенний ландшафт або ж антропогенні модифікації природних ландшафтів – визначення міри трансформації і діагностики глибини змін природних ландшафтів є важливим завданням, що потребує подальшого вивчення широкого спектру пов'язаних із цим питань [5].

Процес змін природних ландшафтів в результаті людської діяльності є складним і різнобічним процесом [4]. Власне, цей процес в рамках підходів різних наукових шкіл отримав різні назви: антропогенної модифікованості, трансформованості, перетвореності, порушеності, синантропізації, антропізації та гемеробності ландшафту. Найбільш широкого використання серед вітчизняних дослідників отримали терміни антропогенної трансформації та антропізації ландшафтів, то ж зупинимось на визначенні їх сутності [15,16].

Згідно визначення О. Каленської та О. Сакаль [6] трансформація є процесом набуття природними, антропогенними та природно-антропогенними ландшафтами нових або втрату попередніх властивостей та характеристик під впливом внутрішніх та зовнішніх чинників. Авторки виділяють два типи трансформацій: кількісну та якісну.

Відмінну позицію займає І. Б. Койнова [10], що пропонує розрізняти поняття антропогенної трансформації та антропізації. Науковиця визначає антропогенну трансформацію як інтегральну характеристику, що враховує не тільки зміни структури ландшафту в цілому, але зміни хімічного, фізичного та

біологічного складу ландшафтної системи та характеризує сукупний вплив різних видів навантажень на ландшафт. Тоді коли, під антропізацією ландшафту пропонується розуміти процес зміни компонентного складу, структури, здатності до самовідновлення і самоочищення внаслідок їх функціонального використання людиною» [10, с. 6], що визначається таким показником як ступінь перетвореності просторової структури ландшафтної системи в результаті господарської діяльності людини. Інша позиція у П. Теліш [17], що ототожнює дані терміни, визначаючи їх як процес, якому притаманна зміна первинної структури, динаміки і функціонування.

Підходи до оцінки трансформації ландшафтних комплексів достатньо різноманітні, то ж розглянемо декілька різновидів типових прикладів. Так, Д. Н. Андреев [1] пропонує здійснювати діагностику трансформації екосистем шляхом порівняння подібних екосистем, що знаходяться під впливом антропогенного навантаження різної інтенсивності. Предметом оцінки виступає якісний показник ступеню деградації екосистем, що визначається як середнє значення суми середньозважених оцінок ступенів деградації природних компонентів базових екосистем (грунту, рослинності, тваринного світу) і середньозваженого ступеня деградації базової екосистеми. В рамках дослідження екологічних проблем водозборів малих річок Н. П. Карпенко [7] розроблено методику інтегральної оцінки геоecологічної ситуації, що заснована на бальній оцінці базових атрибутивних показників характеристик водозбірних басейнів і узагальнених геоecологічних ризиків. Задля здійснення оцінки ступеню трансформації використовуються категорії геоecологічних ситуацій (позитивна, задовільна, конфліктна, напружена, критична). Грунтуючись на методологічних засадах системного підходу та теорії антропогенної трансформації ландшафтів С. Р. Хальбаєва [18] виділяє наступні градації для оцінки ступеню антропогенної трансформації ландшафтів, засновані на врахуванні окремих властивостей: умовні незмінні, слабо змінні та сильно змінні. Н. В. Чир [19] під час ландшафтних досліджень водозбірних басейнів у якості показника трансформації використала інтегрований проказник антропогенного навантаження, що розраховується на основі даних детальних стаціонарних спостережень на



ключових ділянках, в межах яких визначались показники розораності території; ступеню меліорованості басейну, урбаністичного навантаження, заселеності, транспортної освоєності у перерахунку на одиницю площі тощо. Крім того, для оцінки ступеню негативних змін у ландшафтах доцільно використовувати ландшафтно-екологічний індекс, що враховує як хімізм забруднення компонентів ландшафту, так і природну чутливість ландшафту [12].

Аналіз антропогенного навантаження і відповідного йому ступеню трансформації ландшафтів дозволяє виявити територіальні відмінності та механізми впливу господар-

ської діяльності та здатні слугувати вихідною інформацією для планування реабілітаційних екологічних заходів для нівелювання негативних наслідків антропогенного втручання.

Стаття присвячена вирішенню означених проблем стосовно території басейну р. Уди у межах м. Харків.

**Мета дослідження** - оцінка ступеню антропогенної трансформації ландшафту водозбірного басейну внаслідок містобудівного освоєння та виявлення шляхів нормування навантаження на ландшафти у ході розвитку міста.

### Об'єкт, методика та методи дослідження

Для визначення перспективних напрямків та здійснення процедури нормування антропогенних навантажень на ландшафт особливо важливе місце посідає питання їх оцінювання. Як правило, оцінка здійснюється шляхом використання різних показників, що здатні відобразити рівні антропогенного впливу на природний ландшафт. Наприклад, для сільськогосподарських навантажень показниками можуть бути маса добрив, що були внесені, маса отрутохімікатів на одиницю площі протягом певного часу, кількість проходжень сільськогосподарської техніки по полю за рік чи місяць, маса ґрунту, яка щорічно втрачається зі збиранням коренеплодів тощо. Серед показників навантаження від промислових об'єктів – об'єм викидів різних забруднюючих речовин та сполук в атмосферу за рівнем гранично-допустимих концентрацій, рівень шумового і теплового забруднення, об'єми води, що витрачаються у технологічному процесі тощо. Показниками рекреаційних навантажень можуть слугувати кількість відпочиваючих на одиницю площі протягом заданого часу (дня, тижня, року тощо), максимальне число відпочиваючих за один день, щільність стежок у лісі та інші.

Показники, що наведені вище хоч і є об'єктивними, проте збір даних для їхньої оцінки, може бути довготривалим і проведений без належної точності та достовірності. Також, взяті кожен окремо, всі ці показники не зможуть дати повного уявлення щодо сукупного навантаження від певного антропогенного фактору, будь то промис-

ловість, землеробство тощо. Таку сукупну, тобто інтегральну оцінку, антропогенних навантажень можна отримати двома способами: або експертним оцінюванням, або за допомогою розрахункових формул.

Саме інтегральна оцінка антропогенного фактору висвітлює узагальнений характер для з'ясування загальних закономірностей формування та змін екологічної ситуації під впливом основних груп антропогенних факторів. Необхідність такої оцінки впливу антропогенного навантаження часто виникає при регіональному аналізі ландшафтів, коли дослідження націлене на виявлення закономірностей розподілу антропогенного впливу на ландшафти та їх стійкості до нього. В рамках проведення даного дослідження використана методика оцінки ступеню антропогенізації ландшафту П. Г. Шищенко, що ґрунтується на експертному підході [20]. Для здійснення оцінки кожному типу землекористування експертом (науковцем) присвоюється бальна оцінка глибини зміни природного ландшафту. Бальна оцінка виступає характеристикою ступеню впливу певних видів антропогенних навантажень на ландшафт, що й призвели до трансформації його природного стану. Наприклад, оригінальна методика П. Г. Шищенко пропонує використовувати такі глибини перетвореності ландшафту в межах різних типів його використання : природоохоронні території – 1, ліси – 2, болота й заболочені землі – 3, луки – 4, сади й виноградники – 5, рілля – 6, сільська забудова – 7, міська забудова – 8, водо-

сховища й канали – 9, землі промислового використання – 10.

Відповідно до обраних територіальних одиниць пропонується визначити частки площі кожного типу землекористувань. У даному дослідженні у якості територіальних одиниць для здійснення оцінки ступеню антропогенної трансформації використовувались території типів підсистем басейнової структури ландшафту: заплавної, надзаплавно-терасового (борового), схилового та вододільно-рівнинного типів. Коефіцієнт антропогенної трансформації ландшафтів у межах цих одиниць розраховується як зважена середньоарифметична оцінка за формулою:

$$K_{an} = \sum_{i=1}^n a_i \times p_i$$

де:  $K_{an}$  – ступінь антропогенної трансформації ландшафтів у межах певного регіону;

$a_i$  – бал глибини зміни природного ландшафту в межах угіддя (використання земель  $i$ -го типу);

$p_i$  – частка або відсоток угідь  $i$ -го типу в регіоні;

$n$  – кількість господарського використання ландшафту (типів угідь).

Відповідно до значення коефіцієнту визначається ступінь антропогенної трансформації ландшафту (табл. 1).

Таблиця 1

Ступені антропогенної трансформації ландшафту [2]

№	Ступінь антропогенної трансформації	Значення $K_{an}$
1	Слабко трансформовані ландшафти	2,0-3,8
2	Трансформовані ландшафти	3,81-5,3
3	Середньотрансформовані ландшафти	5,31-6,5
4	Сильнотрансформовані ландшафти	6,51-7,4
5	Дуже сильно трансформовані ландшафти	7,41-8,0

Для потреб диференціації території водозбірного басейну на ландшафтні підсистеми заплавної, надзаплавно-терасового (борового), схилового та вододільно-рівнинного типів використані наступні критерії їхнього виділення за морфометричними показниками рельєфу:

- заплавна підсистема – низинні положення у рельєфі, плоскі субгоризонтальні поверхні;
- борова підсистема – позиційно розташовується на вищих гіпсометричних рівнях, ніж заплавна підсистема, характер поверхні горбкуватий: спостерігається достатня мінливість показників ухилу поверхні та експозицій схилів;
- схилова підсистема – схилі поверхні із значеннями кутів ухилу від 3 до 60 градусів;
- вододільно-рівнинна підсистема – займає гіпсометрично найвищі позиції в межах водозбірного басейну, значення кутів ухилу поверхні від 0 до 3 градусів.

Картографування названих підсистем відбувалось на основі інтерпретації даних,

одержаних в результаті побудови в геоінформаційній системі цифрової моделі рельєфу методом триангуляції Делоне. TIN-модель рельєфу (Triangulated Irregular Network) – це нерівність, яка складається з неперервно пов'язаних між собою трикутників. Так ребро кожного елемента є частиною сусідньої фігури. Вершини кожного трикутника є точкою, із визначеною висотою та географічними координатами. Вони з'єднуються не лінійно, а за принципом триангуляції Делоне, в ході якого через ці вершини трикутників проходять окружності, а ребра генеруються за відповідними точками пересічних кіл. Мінусом даного типу моделі рельєфу є можлива похибка через неповноту вихідних даних, але безперечний плюс такої моделі в тому, що це найшвидший спосіб інтерполяції даних про рельєф. Похідні цифрові моделі ухилів та експозиції поверхонь створюються сучасними геоінформаційними системами в автоматичному режимі на основі базової TIN-моделі рельєфу.

## Результати та обговорення

У якості одиниць диференціації ландшафту водозбірного басейну для здійснення порівняльної оцінки ступенів антропогенної трансформації обрано території складових його структури: заплавної, надзаплавно-терасової (борової), схилової та вододільно-рівнинної підсистем. Для визначення просторової конфігурації та площ кожної з підсистем ландшафту водозбірного басейну в межах міста Харків здійснено морфометричний аналіз рельєфу. У якості основного джерела даних про рельєф досліджуваної території використовувався векторизований картографічний твір з висотою перерізу рельєфу в 1 м (рис. 1).

За вихідними даними про рельєф території дослідження у геоінформаційному середовищі побудовано псевдо тривимірну цифрову модель рельєфу методом триангуляції Делоне. Картографічний твір, що візуалізує одержану модель даних триангульованої нерегулярної мережі (TIN) значень відміток висот представлений на рисунку 2.

За допомогою використання інструментів геообробки поверхні TIN-моделі рельєфу здійснено операції аналізу поверхні на предмет встановлення діапазону значень величини її ухилу та експозиції. Результати даного аналізу, виконаного засобами геоінформацій-

них інструментів, втілились у картографічні твори відповідного змісту, що містять інформацію стосовно крутизни (рис. 3) та експозиції схилів (рис.4) території дослідження.

Систематизувавши і узагальнивши одержані морфометричні характеристики рельєфу визначено положення та межі кожної структурної підсистеми водозбірного басейну [3]. Результуючий картографічний твір, що відображає просторову конфігурацію підсистем водозбірного басейну наведено на рис. 5.

Результати обчислень площ виділених підсистем водозбірного басейну засобами картометричних операцій наведено у таблиці 2.

Для потреб оцінки ступеню антропогенної трансформації ландшафту водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків у якості вихідної інформації використано дані дослідження з інвентаризації територіальної структури природокористування м. Харків для потреб ландшафтного планування [9].

На картографічному творі (рис. 6) зображено використану геоінформаційну модель територіальної структури природокористування ландшафту водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків, що є топологічно коректною та придатною для картометричних обчислень атрибутивних даних площ об'єктів. Геодані, що містяться у даній гео-

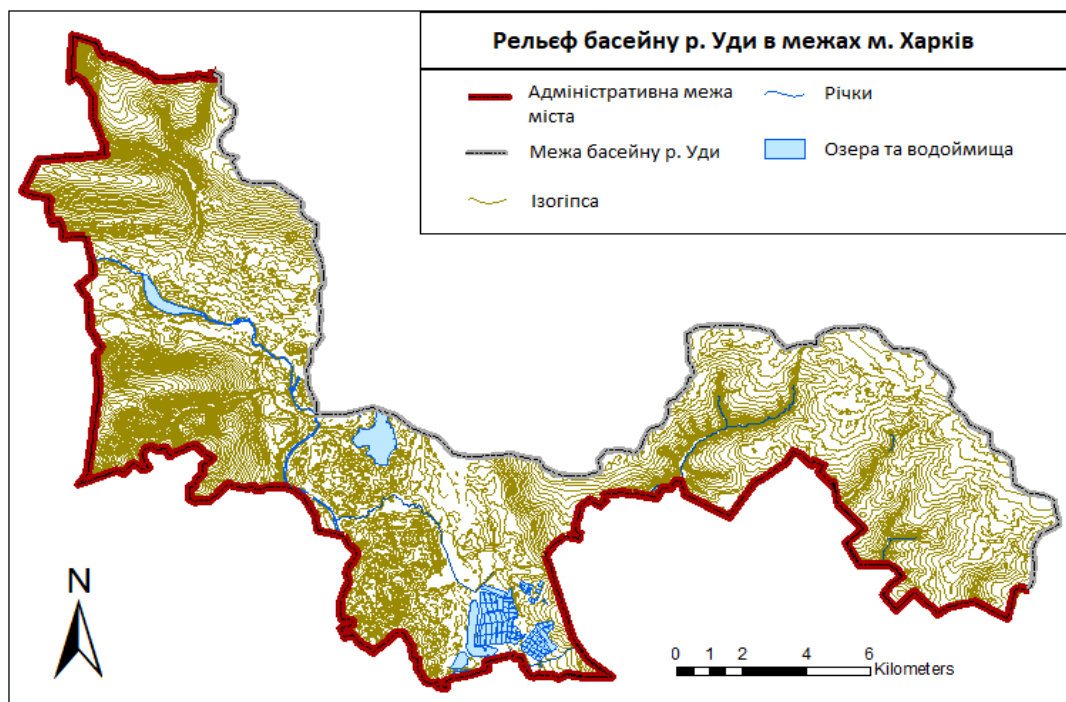


Рис. 1 – Рельєф водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків

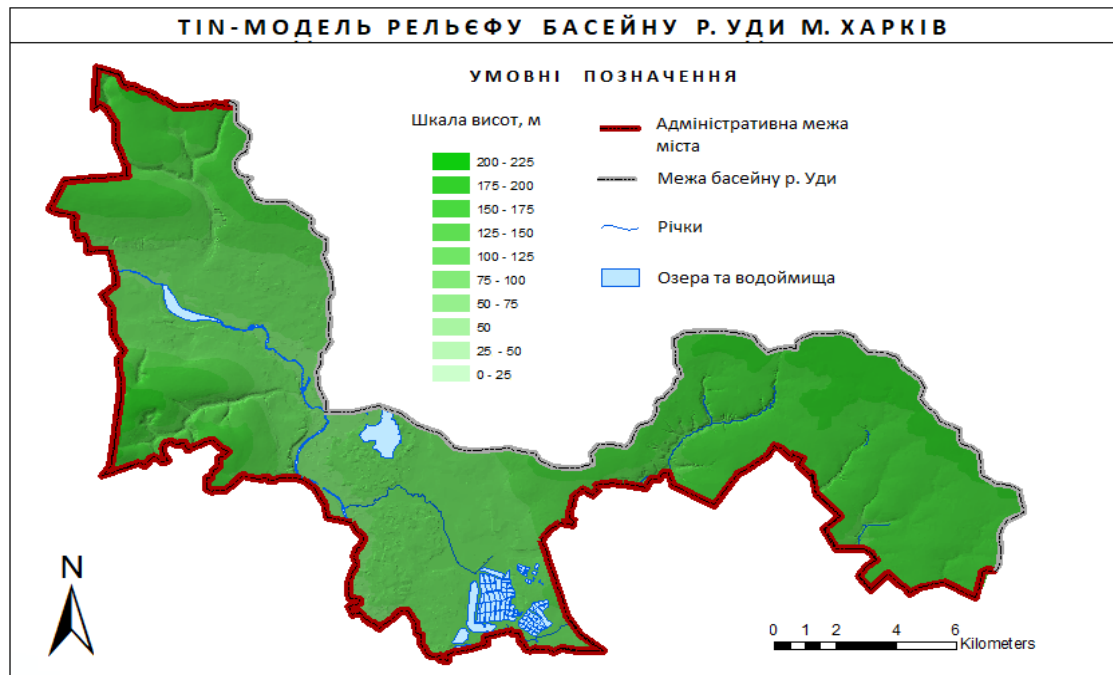


Рис. 2 – TIN-модель рельєфу водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків

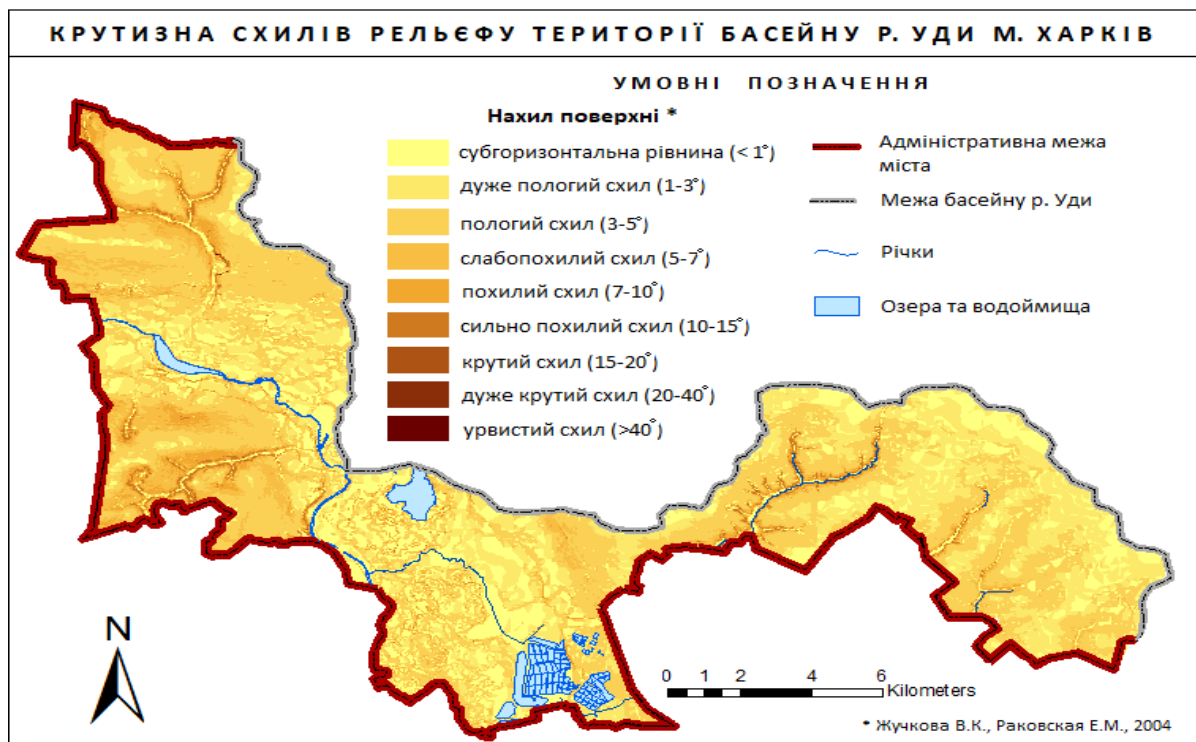


Рис.3 – Крутизна схилів рельєфу території водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків

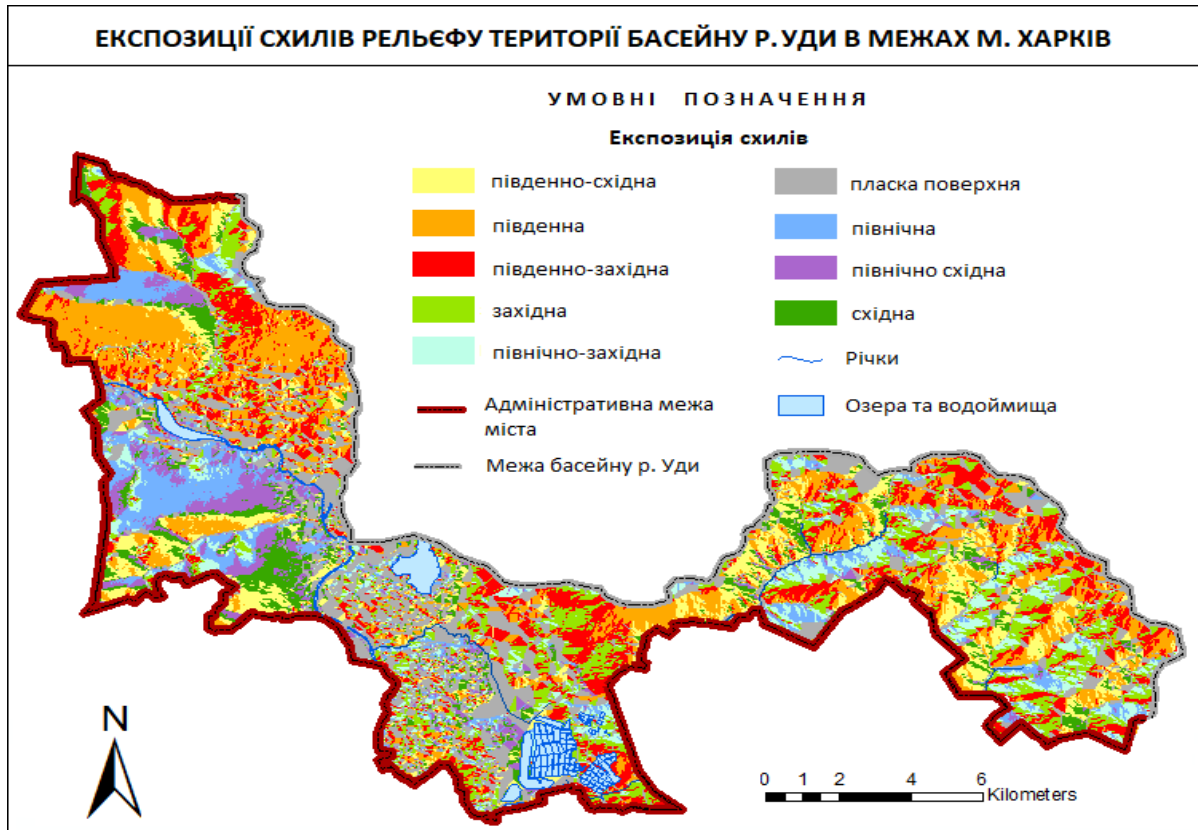


Рис. 4 – Експозиції схилів рельєфу території водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків



Рис. 5 – Басейнова структура ландшафту р. Уди в межах м. Харків

Таблиця 2

Площі підсистем ландшафту водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків

№	Підсистеми ландшафту водозбірного басейну	Площа, (км <sup>2</sup> )
1	Заплавна підсистема	9,83926
2	Надзаплавно-терасова (борова) підсистема	24,8754
3	Схилова підсистема	20,3272
4	Вододільно-рівнинна підсистема	61,1754
5	Водозбірний басейн	116,21726

інформаційній моделі створені в географічній системі координат WGS 1984 (World Geodetic System) у проекції UTM (Universal Transverse Mercator) (територія позиціонована у відповідну зону 37N). Загалом, в межах досліджуваної території в ході урбанізаційного процесу історично склалась достатньо складна та строката структура природокористування, представлена землекористуваннями селищного, індустріального, транспортного, захисно-рекреаційного та аграрного функціонального призначення. Задля розрахунку коефіцієнтів ступеню ан-

тропогенної трансформації ландшафту кожному з виявлених типів землекористувань на основі експертної оцінки присвоєно бал глибини перетворення природного ландшафту (табл. 3).

В результаті присвоєння вихідним даним геоінформаційної моделі атрибутивної інформації щодо відповідних балів глибини перетворення різними типами землекористування природного ландшафту території міста отримано картографічний твір (рис.7), що наочно зображує просторову неоднорідність антропогенної трансформації.

Таблиця 3

Експертна бальна оцінка відповідно до типів природокористування території водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків

№	Типи природокористування	Експертна оцінка, (бали)
1	Природоохоронні території	1
2	Ліси (міські ліси та лісосмуги)	2
3	Аквальний тип	2
4	Болота й заболочені землі	3
5	Пустирі	3
6	Луки	4
7	Сквери та парки, території стаціонарної рекреації	5
8	Сільськогосподарські угіддя	6
9	Кладовища	6
10	Індивідуальний підтип селищної забудови	7
11	Капітальний підтип селищної забудови	8
12	Транспортний тип	9
13	Індустріальний тип	10

З метою визначення ступеню трансформації кожного з типів підсистем ландшафту водозбірного басейну здійснено аналіз просторого поширення та обчислення площ виділених в їх межах різних типів землекористування. На основі одержаних даних щодо площ зайнятих різними типами землекористування визначено їх частку від території підсистеми, в межах якої вони розміщені, та розраховано значення коефіцієнту антропогенної трансформації ними.

Детально розглянемо особливості структури землекористування в межах кожної з підсистем ландшафту водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків та встановимо найвагоміші чинники їх трансформації. Дані стосовно структури землекористування, що склалася в межах заплавної підсистеми досліджуваної території представлені у таблиці 4.

Розглянемо поширення площ різних типів землекористування з однаковими ба-

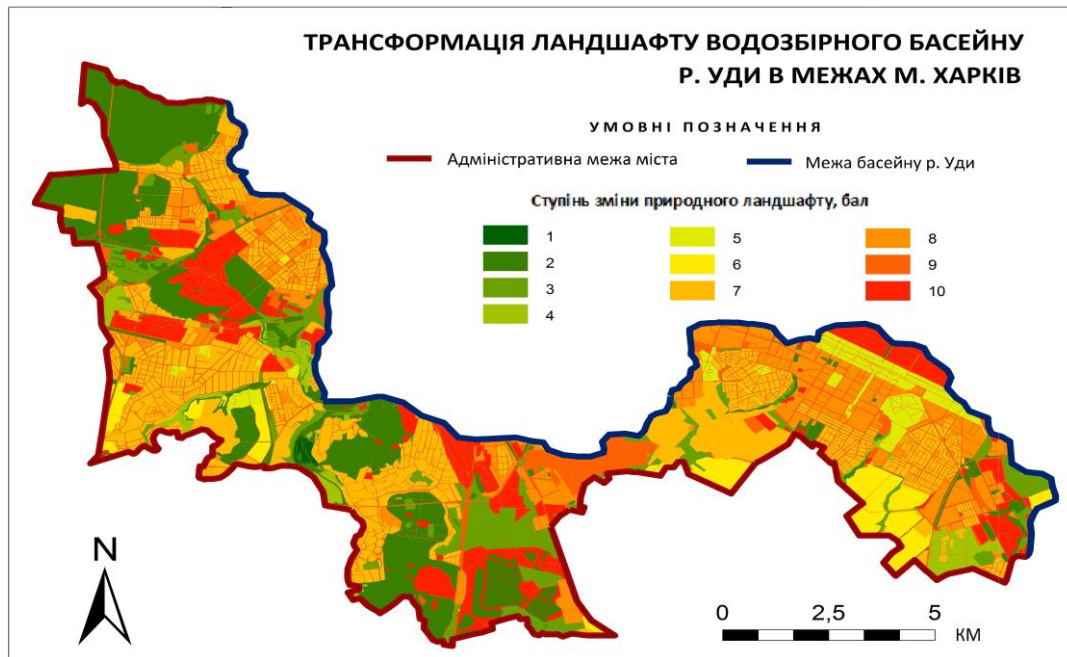


Рис. 7 – Трансформація ландшафту водозбірному басейну р. Уди в межах м. Харків

Таблиця 4

Результати визначення коефіцієнтів антропогенної трансформації заплавної підсистеми водозбірному басейну р. Уди в межах м. Харків

№	Типи землекористування	Площі, км <sup>2</sup>	Частка	Експертна оцінка, бали	Кан, ум. од
1	Природоохоронні території	0,27	0,03	1	0,03
2	Ліси (міські ліси та лісосмуги)	2,02	0,2	2	0,56
3	Аквальний тип	0,86	0,08	2	
4	Болота й заболочені землі	0,55	0,05	3	0,51
5	Пустирі	1,18	0,12	3	
6	Луки	1,25	0,12	4	0,49
7	Сквери та парки, території стаціонарної рекреації	0,08	0,01	5	0,04
8	Кладовища	0,01	0,001	6	0,01
9	Індивідуальний підтип селищної забудови	2,03	0,2	7	1,39
10	Капітальний підтип селищної забудови	0,1	0,01	8	0,08
11	Транспортний тип	0,66	0,061	9	0,58
12	Індустріальний тип	1,25	0,12	10	1,22

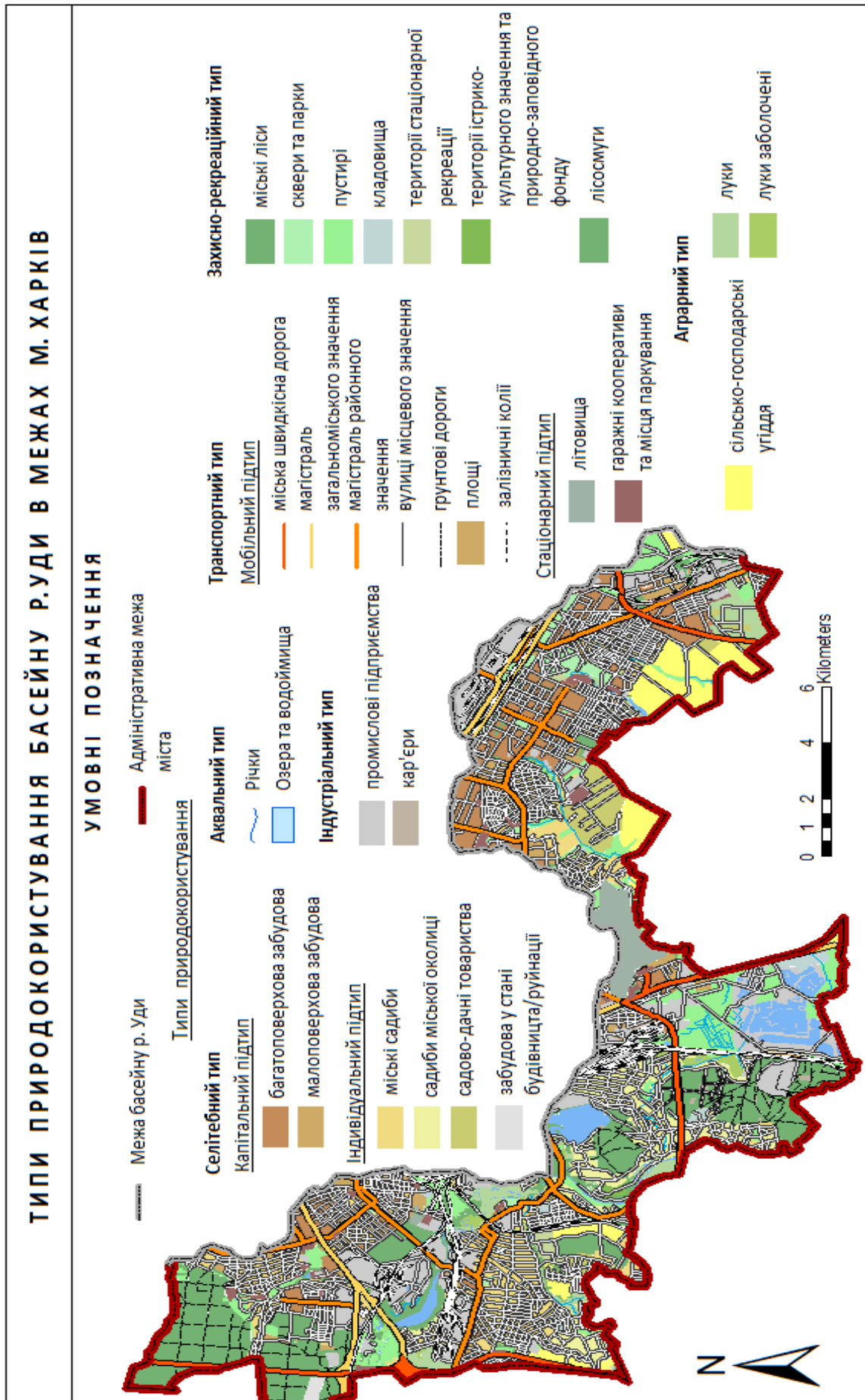


Рис. 6 – Структура природокористування басейну р. Уди в межах м. Харків [9]



лами глибини зміни природного ландшафту в межах заплавної підсистеми. Можемо констатувати, що в межах заплави найбільші площі зайняті територіями міських лісів та санітарно-захисних лісосмуг, які характеризуються незначною глибиною змін природного ландшафту. Також, значного територіального поширення набули землі селищної забудови індивідуального підтипу. Відмітимо, що поширення селищної забудови капітального підтипу натомість є вкрай низькою: на частку багатопверхової забудови припадає 1%. Крім того, найменші площі зайняті скваремами, парками, кладовищами та природоохоронними територіями, значення їх площі в межах заплавної підсистеми – до 1%. Промислові підприємства та інші об'єкти індустріального типу землекористування займають близько 12% від загальної території заплави р. Уди в межах міста.

Аналізуючи результати коефіцієнту антропогенної трансформації ландшафтних комплексів заплавної підсистеми водозбірного басейну, можна побачити, що типами землекористування, які визначають ступінь трансформації є індивідуальний підтип селищної забудови та індустріальний тип. Результати обчислень характеристик територіальної структури землекористування надзаплавно-терасової (борової) підсистеми наведено у таблиці 5.

Співвідношення поширення в межах борової тераси територій із різною глибиною змін природного ландшафту показало, що серед всіх землекористувань найбільшого поширення на території надзаплавно-терасової (борової) підсистеми найбільшим поширеними за територіальним охоптом є такі, яким притаманно 2 бали глибини зміни природного ландшафту (міські ліси та тери-

Таблиця 5

Результати визначення коефіцієнтів антропогенної трансформації надзаплавно-терасової (борової) підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків

№	Типи землекористування	Площі, (км <sup>2</sup> )	Частка	Експертна оцінка, (бали)	Кан, ум. од
1	Природоохоронні території	0,55	0,02	1	0,01
2	Ліси (міські ліси та лісосмуги)	7,41	0,27	2	0,71
3	Аквальний тип	2,38	0,09	2	
4	Болота й заболочені землі	0,14	0,01	3	0,29
5	Пустирі	2,52	0,09	3	
6	Луки	0,4	0,01	4	0,06
7	Сільсько-господарські угіддя	0,01	0,0004	6	0,07
8	Кладовища	0,3	0,01	6	
9	Індивідуальний підтип селищної забудови	4,97	0,183	7	1,26
10	Капітальний підтип селищної забудови	0,44	0,02	8	0,13
11	Транспортний тип	1,44	0,05	9	0,47
12	Індустріальний тип	7,02	0,25	10	2,55

торії, зайняті під водними об'єктами). Другими за поширенням є території індустріальних землекористувань.

Найменшу площу борової підсистеми займають сільсько-господарські угіддя та кладовища, яким присвоєно 6-ий бал експертної оцінки. Щодо внеску окремих типів землекористувань у формування загального рівня трансформації територій борової тераси, то найбільші значення даного коефіцієнту притаманні індустріальному типу та селищній забудові індивідуального підтипу.

У таблиці 6 містяться дані щодо структури землекористування та трансформації схилової підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків.

Встановлено, що на території схилової підсистеми ландшафту водозбірного басейну практично половину усієї площі підсистеми займає індивідуальний підтип селищної забудови, якому відповідає високий бал глибини змін природних ландшафтів (7 балів). Загалом же більша частина території даної підсистеми зайнята типами природокористування глибина змін природного ландшафту яких становить від 6 балів до 10 балів. Для вододільно-рівнинної підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків притаманні наступні показники площ різних видів землекористування та відповідних ним значень коефіцієнтів антропогенної трансформації (табл. 7).

Таблиця 6

Результати визначення коефіцієнтів антропогенної трансформації схилової підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків

№	Типи землекористування	Площі, (км <sup>2</sup> )	Частка	Експертна оцінка, (бали)	Кап, ум. од.
1	Природоохоронні території	0,3	0,01	1	0,01
2	Ліси (міські ліси та лісосмуги)	4,25	0,21	2	0,43
3	Аквальний тип	0,13	0,01	2	
4	Болота й заболочені землі	0,05	0,002	3	0,34
5	Пустирі	2,2	0,11	3	
6	Луки	0,65	0,03	4	0,13
7	Сквери та парки, території стаціонарної рекреації	0,42	0,02	5	0,1
8	Сільськогосподарські угіддя	1,4	0,07	6	0,43
9	Кладовища	0,07	0,003	6	
10	Індивідуальний підтип селищної забудови	7,26	0,36	7	2,51
11	Капітальний підтип селищної забудови	0,92	0,05	8	0,36
12	Транспортний тип	1,57	0,08	9	0,7
13	Індустріальний тип	1,05	0,05	10	0,52

Таблиця 7

Результати визначення коефіцієнтів антропогенної трансформації вододільно-рівнинної підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків

№	Типи землекористування	Площі, (км <sup>2</sup> )	Частка	Експертна оцінка, (бали)	Кап, ум. од.
1	Природоохоронні території	0,39	0,01	1	0,01
2	Ліси (міські ліси та лісосмуги)	8,13	0,14	2	0,29
3	Аквальний тип	0,35	0,01	2	
4	Болота й заболочені землі	0,05	0,001	3	0,19
5	Пустирі	3,56	0,06	3	
6	Луки	1,19	0,02	4	0,08
7	Сквери та парки, території стаціонарної рекреації	3,51	0,06	5	0,3
8	Сільськогосподарські угіддя	4,06	0,07	6	0,46
9	Кладовища	0,40	0,01	6	
10	Індивідуальний підтип селищної забудови	13,30	0,23	7	1,6
11	Капітальний підтип селищної забудови	10,41	0,18	8	1,43
12	Транспортний тип	6,37	0,11	9	0,99
13	Індустріальний тип	6,42	0,11	10	1,1

З даних, наведених у таблиці 7 видно, що найбільші площі в межах території даної підсистеми займають землекористування індивідуальної та капітальної селищної забудови, міських лісів, транспортної інфраструктури та промислових підприємств. Більшість із наведених типів землекористувань характеризуються високими значен-

нями експертних балів перетвореності природного ландшафту.

Оскільки, найбільша частка території вододільно-рівнинної території зайнята територіям з високими балами глибини змін природних ландшафтів, це зумовило значно вищий рівень показників антропогенної трансформації її ландшафтів., ніж у попере-

дніх підсистем водозбірною басейну. У таблиці 8 наведено результати підрахунку загальних коефіцієнтів антропогенної трансформації кожного з досліджуваних типів підсистем водозбірною басейну р. Уди в межах м. Харків та встановлено відповідний значенню цього показника ступінь ан-

тропогенної трансформації. Відмітимо, що для всіх підсистем водозбірною басейну характерна наступна ситуація щодо територіальної структури землекористування: найменші площі зайняті природоохоронними територіями, а найбільші – індивідуаль-

Таблиця 8

**Коефіцієнти та ступені антропогенної трансформації підсистем водозбірною басейну р. Уди в межах м. Харків**

№	Підсистеми ландшафту водозбірною басейну	Частка території, (%)	Кап, ум. од	Ступінь антропогенної трансформації, ум.од.
1	Заплавна підсистема	8,47	4,91	Трансформовані ландшафти
2	Надзаплавно-терасова (боровна) підсистема	21,4	5,55	Середньотрансформовані ландшафти
3	Схилова підсистема	17,49	5,53	Середньотрансформовані ландшафти
4	Вододільно-рівнинна підсистема	52,64	6,45	Сильнотрансформовані ландшафти

ним підтипом селищної забудови та лісами в межах міста.

Таким чином підсумуємо, що у результаті обчислення коефіцієнтів антропогенної трансформації кожної з підсистем водозбірною басейну р. Уди в межах м. Харків встановлено, що вододільно-рівнинна підсистема має найбільший ступінь трансформації ландшафтів (сильна трансформація). Території ландшафтних комплексів надзаплавно-терасової (боровної) та схилової підсистем визначаються як середньотрансформовані, з досить близькими значеннями коефіцієнту антропогенної трансформації – 5,55 та 5,53 умовних одиниць відповідно. Найменший ступінь перетвореності притаманний території заплавної підсистеми водозбірною басейну.

Не зважаючи на те, що ландшафтні комплекси заплавної підсистеми характеризуються найменшим ступенем трансформації, вони в екологічному відношенні є найбільш чутливими до впливу понад нормованого рівня антропогенного навантаження. То ж, саме ландшафтні комплекси заплавної підсистеми стали об'єктом для розробки системи заходів щодо нормування антропогенного навантаження та рекомендацій сто-

совно стратегічного планування використання її територій. Значна частина заплавної підсистеми перебуває у особливому режимі нормування здійснення різних видів господарської діяльності – їй надано статусу водоохоронної зони [8].

Відповідно до результатів проведеного дослідження запропоновано здійснити зонування території водоохоронної зони р. Уди в межах м. Харків на основі даних стосовно глибини зміни природного ландшафту. Результатом є одержання картографічного твору (рис.8).

Для кожної із виділених зон, а саме для зони реабілітації, зони охорони, зони збереження існуючої структури землекористування та зони розвитку надані рекомендації стосовно нормування рівня антропогенного навантаження та здійснення господарської діяльності в межах існуючих типів землекористувань, що містяться у таблиці 9. Нормування рівнів антропогенного навантаження та раціональне планування містобудівної діяльності, що враховує особливості трансформації підсистем водозбірних басейнів, що знаходяться в їх межах має стати одним із гарантів забезпечення їх екологічної сталості.

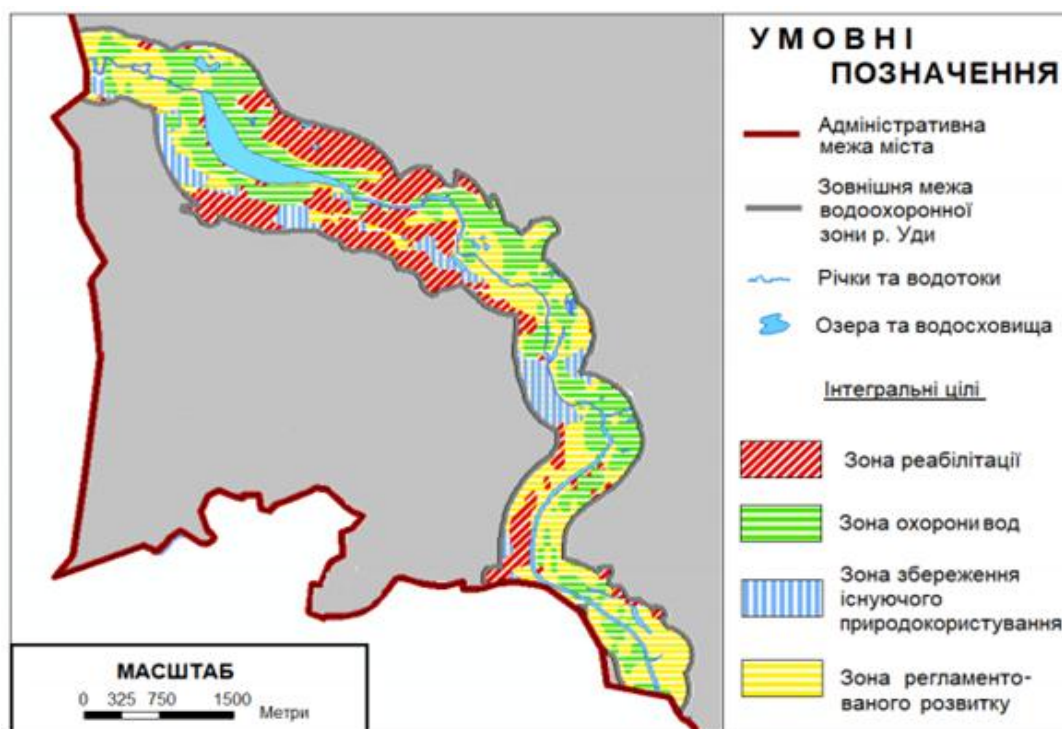


Рис. 8 – Зонування території водоохоронної зони р. Уди в межах м. Харків за напрямками нормування антропогенного навантаження [8]

Таблиця 9

Характеристика зонування території водоохоронної зони р. Уди в межах м. Харків за напрямками нормування антропогенного навантаження [8]

Зона	Території, що увійшли до складу зони	Рекомендації
Зона реабілітації	Промислові підприємства, багатоповерхова селищна забудова	- обмеження промислової діяльності; - нагляд за додержанням дозволів та лімітів на природокористування; - зменшення навантаження на ландшафти зони.
Зона охорони	Території з високим водоохоронним потенціалом та незначною глибиною змін природного ландшафту	- охорона та збереження екологічних функцій ландшафтних комплексів даних територій як таких, що виконують водоохоронну функцію.
Зона розвитку	Території під пустирями	- реконструкція території під велодоріжки; - створення скверів та парків; - засадження території деревною та чагарниковою рослинністю.
Зона збереження	Території зайняті садовими ділянками та індивідуальною селищною забудовою	- дотримання наявного на даний момент режиму природокористування з обмеженням створення промислових комплексів; - контроль за внесенням добрив та пестицидів.

### Висновки

Для забезпечення стійкості басейнової структури ландшафту необхідна підтримка балансу між екологічними та суспільними

функціями ландшафту та зупинка можливого повноцінного заміщення однієї функції на іншу. Здійснена на основі геоінформа-

ційного моделювання рельєфу ландшафтна диференціація, дозволила виявити просторову конфігурацію підсистем досліджуваної території та визначити їх площі. Найбільша площа водозбірною підсистемою та становить 52,64% від загальної площі досліджуваної території. Надзаплавно-терасова (борова) підсистема становить 21,4% площі, схилова – 17,49%, а заплавна підсистема характеризується найменшою часткою водозбірною підсистемою р. Уди в межах м. Харків та становить лише 8,47% площі. В результаті обчислення коефіцієнтів трансформації типів землекористування та їх сумачі в межах кожної з підсистем встановлено, що найбільший ступінь трансформації ландшафтів (сильнотрансформований) з коефіцієнтом трансформації 6,45 ум.од. має

вододільно-рівнинна підсистема. Середнім ступенем трансформації (середньотрансформовані ландшафти) характеризується надзаплавно-терасова та схилова підсистеми з майже однаковими значеннями коефіцієнту – 5,55 ум.од та 5,53 ум.од відповідно. Найнижчий показник коефіцієнту антропогенної трансформації в межах водозбірною басейну має заплавна підсистема зі значенням коефіцієнту – 4,91 ум.од. та ступенем перетвореності – трансформовані ландшафти.

Для території заплавної підсистеми водозбірною басейну р. Уди межах м. Харків, що обмежена територією водоохоронної зони р. Уди здійснено зонування території за напрямками нормування антропогенного навантаження на ландшафт водозбірною басейну, для кожної з зон запропоновано рекомендовані екологічні заходи.

### Література

1. Андреев Д. Н. Методика комплексной диагностики антропогенной трансформации особо охраняемых природных территорий. *Географический вестник. Физическая география и геоморфология*. 2012. №4. С. 4–10.
2. Гродзинський М. Д. Ландшафтна екологія: підручник. Київ : Знання, 2014. 550 с.
3. ДНВП "Геоінформ України". Державна геологічна карта України. 1998. URL : <http://geoinf.kiev.ua/wp/kartograma.htm>.
4. Іванов С. А., Ковальчук І. П. Антропогенізація ландшафтів : підходи, діагностування, моделювання. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2012. №612. С. 54–59.
5. Каганский В. Л. Культурный ландшафт : Основные концепции в российской географии. *Обсерватория культуры: журнал-обозрение*. 2009. №1. С. 62–70.
6. Каленська О., Сакаль О. Агроландшафти: поняття, суб'єкти і фактори трансформації. *Економіка природокористування*. 2015. №3. С. 26–29.
7. Карпенко Н. П. Оценка геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков. *Природообустройство*. 2018. №2. С. 15–22.
8. Клещ А. А., Самойлова Ю. В. Організація водоохоронних зон в містах України : методичні проблеми та шляхи їх вирішення засобами ландшафтно-екологічного планування. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 26–39.
9. Клещ А. А., Максименко Н. В., Пономаренко П. Р. Територіальна структура природокористування міста Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. №1–2. С. 23–34.
10. Койнова І. Б. Антропогенна трансформація ландшафтних систем західної частини Волинського Полісся : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : 11.00.11. Львів, 1999. 23 с.
11. Колбовский Е. Ю. Ландшафтное планирование : учеб. пособие. Москва : Академия, 2008. 336 с.
12. Максименко Н. В., Гоголь О. М. Комплексний ландшафтно-екологічний індекс як підґрунтя для оцінки стану територій. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2016. Вип. 24. С. 61–67.
13. Міхелі С. В. Дослідження антропогенних змін ландшафтів в Україні : концептуальні засади, центри розвитку, результати. *Наукові записки Вінницького педуніверситету. Географія*. 2013. №25. С. 12–19.
14. Петлін В. М. Проблеми теорії та методології антропогенного ландшафтознавства. *Наукові записки Вінницького педуніверситету. Географія*. 2013. №25. С. 20–25.
15. Самойленко В. М., Пласкальний В. В. Концепції ідентифікації міри антропоізації ландшафтів: ретроспектива та перспективи. *Фізична географія та геоморфологія*. 2015. №4. С. 19–38.
16. Самойленко В. М., Пласкальний В. В. Систематизація концепції ідентифікації міри антропогенізації ландшафтів. *Загальні методичні аспекти досліджень. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2016. №1. С. 6–29.

17. Теліш П. Антропогенна трансформація території регіонального ландшафтного парку «Верхньодністровські Бескиди» та шляхи їх зменшення. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2014. № 48. С. 313–321.
18. Хальбаева С. Р. Антропогенная трансформация природных систем Гусиноозерской котловины. *Вестник Бурятского государственного университета*. 2012. №4. С. 72–74.
19. Чир Н. В. Розрахунок ступеня антропогенного навантаження на ландшафти басейнів малих річок (на прикладі річки Вижівка). *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2014. №45. С. 301–306.
20. Шищенко П. Г. Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании. Киев : Фитосоцио-центр, 1999. 284 с.

## References

1. Andreev, D. N. (2012). Technique of Complex Diagnostics of Anthropogenic Transformation of Specially Protected Areas. *Geographical Bulletin*, (4), 4-10. (In Russian).
2. Grodzinsky, M. D. (2014). Landscape ecology: a textbook. Kyiv: Znannya. (In Ukrainian).
3. State Scientific-Production Enterprise "Geoinform of Ukraine". State Geological Map of Ukraine. (1998). *Geoinf.kiev.ua*. Retrieved from <http://geoinf.kiev.ua/wp/kartograma.htm> (In Ukrainian).
4. Ivanov, E. A., & Kovalchuk, I. P. (2012). Anthropogenization landscapes: approaches to diagnosing, simulation. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University: Geography*, (612-613), 54-59. (In Ukrainian).
5. Kagansky, V. L. (2009). Cultural landscape: Basic concepts in Russian geography. *Observatory of Culture*, (1), 62-70. (In Russian).
6. Kalenska, O., & Sakal, O. (2015). Agricultural landscapes: concepts, actors and factors of transformation. *Economics of nature management*, (3), 26-29. (In Ukrainian).
7. Karpenko, N. P. (2018). Assessment of the geoecological situation of river basins based on attributive indicators and generalized geoecological risks. *Environmental management*, (2), 15-22. (In Russian).
8. Klieshch, A. A., & Samoylova, Yu. V. (2019). Development of water-protection zones in an UA city: methodical problems and ways of their solution through landscape-ecological planning. *Man and environment. Issues of neoecology*, (31), 26-39. (In Ukrainian).
9. Klieshch, A. A., Maksymenko, N. V., & Ponomarenko, P. R. (2017). Territorial structure of the land use of Kharkiv city. *Man and environment. Issues of neoecology*, (1–2), 23-34. (In Ukrainian).
10. Koynova, I. B. (1999). *Anthropogenic transformation of landscape systems of the western part of Volyn Polissya*. (Master's thesis). Ivan Franko Lviv State University, Lviv. (In Ukrainian).
11. Kolbovskyy, E. Yu. (2008). Landscape Planning: a textbook. Moscow : Akademy. (In Russian).
12. Maksymenko, N. V., & Gogol, O. M. (2016). Comprehensive landscape-ecological index as the basis for the areas assessment. *Geographical Education and Cartography*, (24), 61-67. (In Ukrainian).
13. Mikheli, S. V. (2013). Investigation of Anthropogenic Landscape Changes in Ukraine: Conceptual Foundations, Development Centers, Results. *Scientific Notes: Mykhailo Kotsiubynskiy State Pedagogical University. Series: Geography*, (25), 12-19. (In Ukrainian).
14. Petlin, V. M. (2013). Problems of theory and methodology of anthropogenic landscape science. *Scientific Notes: Mykhailo Kotsiubynskiy State Pedagogical University. Series: Geography*, 25, 20-25. (In Ukrainian).
15. Samoilenko, V. M., & Plaskalny, V. V. (2015). Concepts for identifying the extent of anthropization of landscapes: a retrospective and perspectives. *Physical Geography and Geomorphology*, 4, 19-38. (In Ukrainian).
16. Samoilenko, V. M., & Plaskalny, V. V. (2016). Systematization of the concept of identification of the degree of anthropogenisation of landscapes. *General methodological aspects of research. Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, (1), 6-29. (In Ukrainian).
17. Telish, P. (2014). Anthropogenic transformation of the territory of the Verkhnodnistrovsky Beskids Regional Landscape Park and ways to reduce them. *Visnyk of The Lviv University. Series Geography*, (48), 313-321. (In Ukrainian).
18. Khalbaeva, S. R. (2012). Anthropogenic transformation of the natural systems of the Gusinozerskaya hollow. *BSU bulletin. Biology, geography*, (4), 72-74. (In Russian).
19. Chyr, N. V. (2014). Calculation of the degree of anthropogenic load on landscapes of small river basins (on the example of the Vyzhivka river). *Collection of Scientific Papers of the Military Institute*, 45, 301-306. (In Ukrainian).
20. Shishchenko, P. H. (1999). Principles and methods of landscape analysis in regional planning. Kiev : Fitosotsio-tsentr. (In Russian).

Надійшла до редколегії 17.10.2019

Прийнята 20.12.2019

УДК 551.46.062.3+551.46.062.5

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-02>

**В. П. ВОРОВКА<sup>1</sup>**, д-р геогр. наук, доц., **В. О. ДЕМЧЕНКО<sup>2</sup>**, д-р біол. наук

<sup>1</sup>*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького*  
вул. Гетьманська, 20, м. Мелітополь, 72300

<sup>2</sup>*Міжвідомча лабораторія моніторингу екосистем Азовського басейну*  
вул. Пушкінська, 37, м. Одеса, Україна, 65048

E-mail: [geofak\\_mgpu@ukr.net](mailto:geofak_mgpu@ukr.net)  
[demvik.fish@gmail.com](mailto:demvik.fish@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7658-5939>  
<https://orcid.org/0000-0003-0225-3207>

## ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ МОЛОЧНОГО ЛИМАНУ У ЗВ'ЯЗКУ З НЕСТАБІЛЬНИМ ЙОГО СПОЛУЧЕННЯМ З АЗОВСЬКИМ МОРЕМ

**Мета.** Виявити існуючі гідроекологічні проблеми Молочного лиману у зв'язку з його нестабільним гідрологічним зв'язком з Азовським морем, що пов'язано з недостатніми морфометричними показниками каналу та занесенням його піщано-черепашковими відкладами.

**Методи.** Польове картування, картографічне моделювання, гідрологічні методики з врахуванням напрямку та сили нагінних явищ

**Результати.** Проаналізовані гідроекологічні та гідрохімічні проблеми Молочного лиману як ключової території Приазовського національного природного парку, гідрологічного заказника загальнодержавного значення та водно-болотного угіддя міжнародного значення. Виявлена їх пряма залежність від нестабільності функціонування сполучного каналу між лиманом та Азовським морем та його залежність від антропогенних факторів. Поданий історичний зріз особливостей функціонування штучного сполучного каналу. Побудована цифрова 3D модель рельєфу дна лиману і показані зміни рівня води у різні часові періоди. Зроблений просторово-часовий аналіз залежності динаміки гідрологічних та гідрохімічних показників лиману від стану функціонування каналу. Проаналізовані екологічні зміни, що відбуваються внаслідок нестабільного сполучення лиману з морем через канал: зміни солоності води, видового різноманіття безхребетних, риб та птахів, площ мілководних ділянок як місць харчування наводолюбних птахів, зміни біопродуктивності акваторії лиману.

**Висновки.** Існуючі параметри сполучного каналу не забезпечують повноцінного функціонування Молочного лиману. Сучасне розширення каналу та створення захисної споруди з боку моря, очевидно, покращить гідроекологічну ситуацію в екосистемі Молочного лиману.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** сполучний канал, гідроекологічна проблема, водно-болотне угіддя, гідрологічний заказник

**Vorovka<sup>1</sup> V. P., Demchenko<sup>2</sup> V. O.**

<sup>1</sup>*Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*

<sup>2</sup>*Interdepartmental Laboratory for Monitoring the Azov Basin Ecosystems*

## **HYDROECOLOGICAL PROBLEMS OF DAIRY ESTUARY IN CONNECTION WITH THE INSTABLE OF ITS COMMUNICATION WITH THE AZOV SEA**

**Purpose.** To identify the existing hydrological problems of the connecting channel between the Milky Liman and the Sea of Azov, due to insufficient morphometric performance of the channel.

**Methods.** The analysis of hydroecological changes in the Dairy Way is the creation of a bulk model of the water body. Given the lack of a depth map, field mapping of the bottom of the studied reservoir was carried out. In order to calculate the volume of the water body of the Dairy estuary in 2012, eight transects were laid on which depth measurements were carried out through each 200 m measuring track. Measurement points were recorded using GPS. On the basis of the obtained data using the 3D Analyst module, a digital bottom relief model was constructed. This made it possible to calculate the volume of water in the estuary.

© Воронка В.П., Демченко В.О., 2019



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

Retrospective data of water volumes were calculated on the basis of measurements of the maximum depth of the estuary, obtained by the authors by way of measurements in certain years. To calculate the elements of water balance, the data of O. Dyakov was used. The transverse profile of the connecting channel is obtained as a result of field depth measurements in transects. The velocity of the flow in the channel and its throughput were determined according to the standard methods adopted in the hydrology, taking into account the direction and force of the offensive phenomena.

**Results.** The hydrological and hydrochemical problems of the Dairy Estuary as the key territory of the Azov National Natural Park, a hydrological reserve of national importance and a wetland of international importance are analyzed. Their direct dependence on the unstable functioning of the connecting channel between the estuary and the Sea of Azov has been revealed. A historical cut of the features of the functioning of the ravine channel is shown. A digital 3D model of the estuary bottom has been built and the changes in the water level during different time periods are shown. A spatio-temporal analysis of the dependence of hydrological and hydrochemical indicators of the estuary on the channel functioning state has been made. It is revealed that the existing parameters of the connecting channel do not ensure the full functioning of the Molochny Liman and the fulfillment of ecological functions by it. Environmental changes that occur as a result of unstable and periodic connection of the estuary to the sea through the channel are analyzed: changes in water salinity, species diversity of invertebrates, fish and birds, areas of shallow water areas as feeding places for riparian birds, changes in the biological productivity of the estuary water area. **Scientific novelty:** On the basis of morphometric measurements of the connecting channel and the waters of the Milky Way, we have attempted to calculate the water supply capabilities of the estuary through the connecting channel and its functioning as a hydrological object.

**Conclusion:** The adequate width and depth of the connecting channel and the regular connection of the Dairy estuary with the sea will lead to the restoration of hydrological and hydrochemical regimes to the ecologically optimal parameters. On the basis of this biological diversity in the estuary will be restored, its socio-economic and ecosystem functions will be renewed.

**KEYWORDS:** connecting channel, hydrological problem, wetland, hydrological reserve

Воровка В. П.<sup>1</sup>, Демченко В. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Мелитопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

<sup>2</sup>Межведомственная лаборатория мониторинга экосистем Азовского бассейна

## ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЕДИНИТЕЛЬНОГО КАНАЛА МЕЖДУ МОЛОЧНЫМ ЛИМАНОМ И АЗОВСКИМ МОРЕМ

**Цель.** Выявить существующие гидроэкологические проблемы Молочного лимана в связи с его нестабильными гидрологическими связями с Азовским морем, что обусловлено с недостаточными морфометрическими показателями канала и занесением его песчано-ракушечными отложениями.

**Методы.** Полевое картирование, картографическое моделирование, гидрологические методики с учетом направления и силы нагонных явлений

**Результаты.** Проанализированы гидроэкологические и гидрохимические проблемы Молочного лимана как ключевой территории Приазовского национального природного парка, гидрологического заказника общегосударственного значения и водно-болотного угодья международного значения. Обнаружена их прямая зависимость от нестабильности функционирования соединительного канала между лиманом и Азовским морем и его зависимость от антропогенных факторов. Представленный исторический срез особенностей функционирования искусственного соединительного канала. Построена цифровая 3D модель рельефа дна лимана и показаны изменения уровня воды в разные временные периоды. Выполнен пространственно-временной анализ зависимости динамики гидрологических и гидрохимических показателей лимана от состояния функционирования канала. Проанализированы экологические изменения, происходящие вследствие нестабильного соединения лимана с морем через канал: изменения солености воды, видового разнообразия беспозвоночных, рыб и птиц, площадей мелководных участков как мест питания околводных птиц, изменения биопродуктивности акватории лимана.

**Выводы.** Существующие параметры соединительного канала не обеспечивают полноценного функционирования Молочного лимана. Современное расширение канала и создание защитного сооружения со стороны моря, очевидно, улучшит гидроэкологическую ситуацию в экосистеме Молочного лимана.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** соединительный канал, гидроэкологическая проблема, водно-болотное угодье, гидрологический заказник

### Вступ

**Постановка проблеми.** Молочний лиман є важливою складовою екосистемою Азовського моря, ключовою територією Приазовського національного природного

парку, гідрологічним заказником загальнодержавного значення та водно-болотним угіддям міжнародного значення. Ефективність функціонування лиману та його еко-



логічна роль цілком залежала від наявності його зв'язку з Азовським морем через так зване «гирло» – сполучний канал. Сполучення лиману з Азовським морем, починаючи з 19 жовтня 1943 року, здійснювалось штучно. Існування каналу тривалий час підтримувалося постійною розчисткою від піщано-черепашкових наносів. До початку 2000-х років таке сполучення було постійним і забезпечувалося роботою земснарядів, а після – цей процес став нерегулярним. Останні 10-15 років такі роботи не здійснюються взагалі або проводяться епізодично. Нерегулярність розчистки каналу та його морфометричні параметри не забезпечують достатнього водообміну між лиманом та морем. Це суттєво відображається на низці гідроекологічних характеристик лиману та біопродуктивності акваторії Азовського моря.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема стійкого сполучення Молочного лиману з Азовським морем гостро постала з початку нинішнього століття, коли функціонування сполучного каналу стало нерегулярним. Саме для періоду 2000-

2005 рр. була характерна більша кількість публікацій, пов'язаних зі станом водних живих ресурсів [6, 12, 14], змінами гідрологічних та гідрохімічних параметрів води в лимані [9, 13], зменшенні його біорізноманіття. Більшою мірою ці дослідження здійснені науковцями Мелітопольського державного педагогічного університету та його науковими підрозділами – Азово-Чорноморською орнітологічною станцією та науково-дослідним інститутом біорізноманіття наземних та водних екосистем.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** На основі морфометричних промірів сполучного каналу та акваторії Молочного лиману нами здійснена спроба розрахунку можливостей водо-забезпечення лиману через сполучний канал та його функціонування як гідроекологічного об'єкту.

**Мета статті** – виявити існуючі гідрологічні проблеми сполучного каналу між Молочним лиманом та Азовським морем, пов'язані з недостатніми морфометричними показниками функціонування каналу.

### Матеріали та методи досліджень

В основу аналізу гідроекологічних змін Молочного лиману покладене створення об'ємної моделі водного тіла. Враховуючи відсутність карти глибин, було здійснене польове картування профілю дна досліджуваної водойми. Для розрахунку об'єму водного тіла Молочного лиману у 2012 році було закладено вісім трансект, на яких через кожні 200 м мірною рейкою здійснювались заміри глибини. Точки замірів фіксувалися за допомогою GPS. На основі отриманих даних з використанням модуля 3D Analyst була побудована цифрова модель рельєфу дна [2]. Це дало можли-

вість розрахувати об'єм води в лимані. Ретроспективні дані об'ємів води були розраховані на основі вимірів максимальної глибини лиману, отриманих авторами шляхом промірів в окремі роки. Для розрахунку елементів водного балансу використовувались дані О. Дьякова [10].

Поперечний профіль сполучного каналу отриманий в результаті польових промірів глибин по закладених трансектах. Швидкість течії в каналі та його пропускна здатність визначалися за стандартними методиками, прийнятими у гідрології з врахуванням напрямку та сили нагінних явищ.

### Результати дослідження

Молочний лиман розміщений в межах північно-західного узбережжя Азовського моря. Він є витягнутою з півночі на південь мілководною водоймою. Максимальна довжина 36 км, найбільша ширина 9 км у південній частині і найменша – 4 км у середній частині акваторії. Загальна площа лиману по лінії берега при максимальному рівні води становить 21,945 тис. га. У північній частині в нього впадає р. Молочна, утворюючи дельту з кількома рукавами.

У південній частині лиман відокремлений від Азовського моря цілісним тілом коси Пересип, складеної піщано-черепашковими відкладами [15].

Формування гідрологічного режиму Молочного лиману та відповідного йому екологічного стану обумовлено багатьма природними та антропогенними факторами. В результаті аналізу літературних джерел [1, 4, 5, 9, 11, 13] нами було визначено, що найбільший вплив зумовлений такими фак-

торами: водообмін з Азовським морем, стік р. Молочної, температура повітря та вітер як фактори випаровування з поверхні водного дзеркала. Інші фактори (інфільтрація води через піщано-черепашкові відклади та ін.) відіграють другорядну роль.

Історично Молочний лиман був закритою ультрагалінною водоймою. І лише в окремі роки піщано-черепашкову косу розмивало і в нього потрапляла більш прісна морська вода. Це відбувалося у 1909, 1929, 1931-1932, 1940 рр. [14]. Регулярне сполучення акваторії лиману з морем підтримувалося штучним створенням сполучних каналів у 1943 та 1972 роках [4, 8]. Тому оптимальний гідроекологічний стан функціонування Молочного лиману можливий лише при підтримці його регулярного водообміну з Азовським морем. Роботи з розчистки русла від піщано-черепашкових відкладів необхідно здійснювати постійно або створити спеціальну захисну споруду, що сприятиме відновленню рівня води в лимані та зменшенню її солоності [3, 6, 8].

Рівень води та глибини лиману досить сильно змінюються в залежності від інтенсивності водообміну і періоду ізоляції. Так, в умовах оптимального з'єднання максимальні глибини в лимані сягають 2,75-3 м. В умовах довготривалої ізоляції рівень води в лимані знижується за рахунок випаровування до показників 1,5-1,75 м. При цьому значні мілководдя лиману висихають, а уріз води відходить від берега на 400-500 м. Аналіз супутникових знімків за 2003-2013 рр. показав, що у цей період площа водного тіла лиману істотно скоротилася (табл. 1, рис. 1). Причинами цього є відсутність постійного зв'язку з морем і недостатній об'єм річкового стоку та опадів. При цьому за 2013 рік інтенсивність скорочення водного тіла суттєво зросла з-за

коритоподібного профілю дна лиману – фактично плоского дна з поступовим зменшенням глибини від центра до берегів і відносно різкими змінами глибин у прибережній зоні.

Тенденції зменшення площі водного дзеркала лиману зберігалися до середини 2014 року, коли почали інтенсивно розкопувати гирло, встановили поперечну буну, прокопали ще одну промоїну ближче до с. Степанівка-Перша. Внаслідок цього лиман почав наповнюватися водою, але його об'єм так і не досяг рівня 2005 року [7]. У період 2015-2018 рр. водообмін лиману з морем фактично був відсутній, а зусилля з розчистки промоїни тривалого позитивного результату не дали.

Об'єм води Молочного лиману як гідрологічного об'єкту та кліматичні показники мають велике значення для розрахунку його водно-сольового балансу. Аналіз змін об'єму води в лимані за останні роки показав, що за відсутності зв'язку з Азовським морем лиман втратив понад 282 млн. м<sup>3</sup>, тобто близько ¾ від повного об'єму [8]. Об'єм води та площа дзеркала лиману має чітку залежність від рівня води в лимані (рис. 2). Карта глибин Молочного лиману зображена на рисунку 3.

Закономірно, що з пониженням рівня води в лимані збільшується площа акумулятивних утворень – Олександрівської коси з її прибережним південним і північним краями; півострів Кубек, який відокремлює акваторію власне Молочного лиману від Олександрівської затоки; острів Підкова; острів Довгий; ряд дрібних кіс та острівців. Поступовий характер переходу від акумулятивних утворень безпосередньо до дна лиману ускладнює аналіз динаміки їх площ. Тому ми розглядаємо ці дві категорії у сукупності – як сухі ділянки дна лиману.

Таблиця 1

Динаміка основних гідрологічних характеристик Молочного лиману у 2003-2013 рр. [2]

Характеристика	Роки				
	2003	2005	2009	2012	2013
Площа акваторії, тис. га	21,269	21,945	16,442	16,723	14,229
Площа акумулятивних утворень та осушених ділянок дна	2,859	2,183	7,686	7,405	9,899
Максимальна глибина лиману, м	2,8	2,8	1,78	1,8	1,22
Об'єм води, млн. м <sup>3</sup>	369,62	370	180,46	180,92	86,75
Середня солоність води, г/л	30,0	23,4	51,0	54,0	82,5

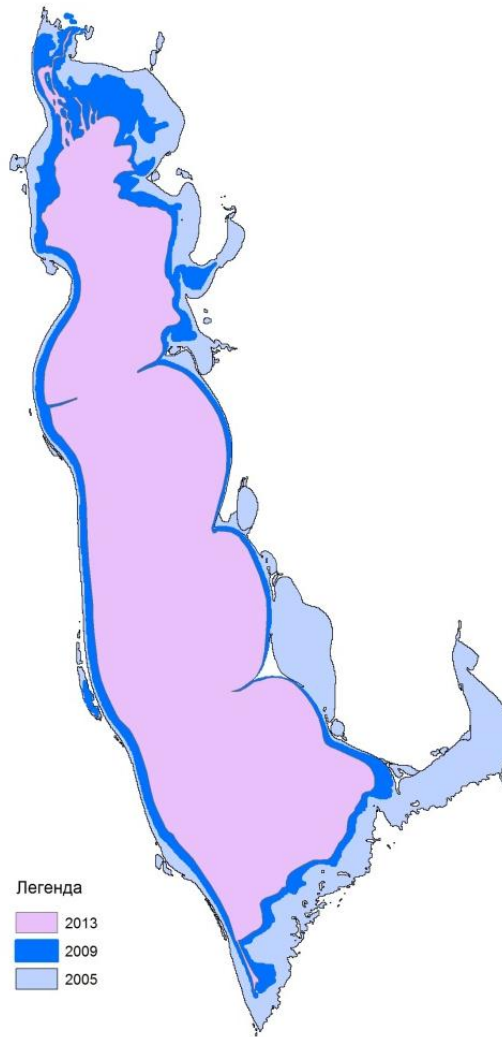


Рис. 1 – Динаміка площі акваторії Молочного лиману у 2005-2013 рр. [2]

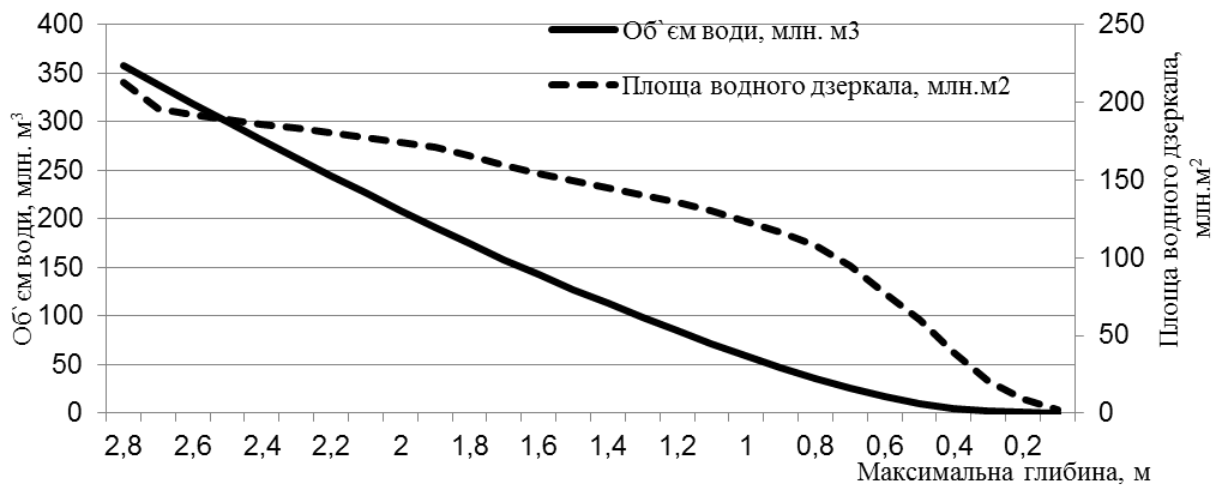


Рис. 2 – Залежність об'єму води і площі водного дзеркала від глибини Молочного лиману

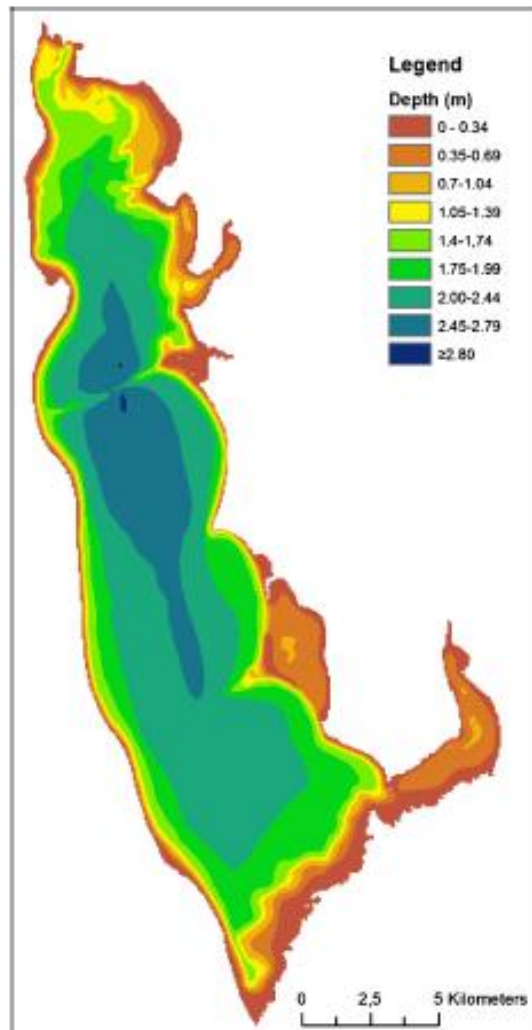


Рис. 3 – Карта глибин Молочного лиману [16]

Найбільші площі осушених територій сконцентровані уздовж лівого берега, а також у верхів'ї і в пониззі лиману, зокрема між сс. Гірсівка та Мордвинівка (1100-1300 м від мінімального до максимального урізу води), уздовж пересипу (800-2100 м), в районі Олександрівської затоки та озера Молочного. Це пов'язано з більш високим гіпсометричним положенням дна. При цьому дно Молочного лиману в окремі роки буває заповнене водою частково. Правий берег лиману характеризується меншими площами висохлих територій і більш рівномірною їх шириною.

Наповнення Молочного лиману водою цілком залежить від наявності постійного зв'язку його акваторії з морем. Глибини та ширина сполучного каналу є досить динамічними показниками, які залежать від інтенсивності гідротехнічних робіт. У 50-х роках ширина каналу перевищувала 400 м,

а глибина понад 3,5 м [4]. Починаючи з 1972 року ширину та глибину підтримували штучно за рахунок роботи землесосних машин та екскаваторів на рівні 15-20 м ширини та 2-2,5 м глибини. При цьому певний час функціонували два сполучних канали, які забезпечували достатній промивний режим акваторії лиману та водообмін у її межах. Накопичення піску та черепашки в каналі відбувається з морського боку, а з боку лиману в каналі утворюється конус виносу з обширними мілководдями.

Дослідження глибини русла каналу були здійснені нами у період остаточної інтенсивної розчистки каналу (травень-червень 2014 року). Роботи велися ковшовим екскаватором типу «драглай». У зв'язку з таким типом розчистки ширина каналу не перевищувала 20 м, а його глибина – 2,5 м. На рисунках 4 та 5 наведені два поперечних профілі каналу.

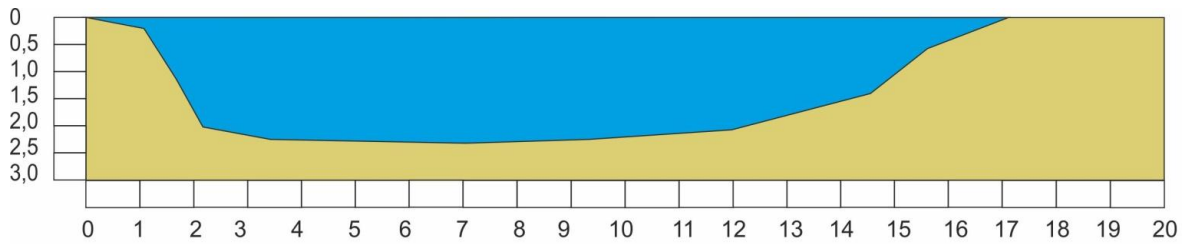


Рис. 4 – Поперечний переріз каналу в липні 2014 року (700 метрів від мосту в бік лиману)

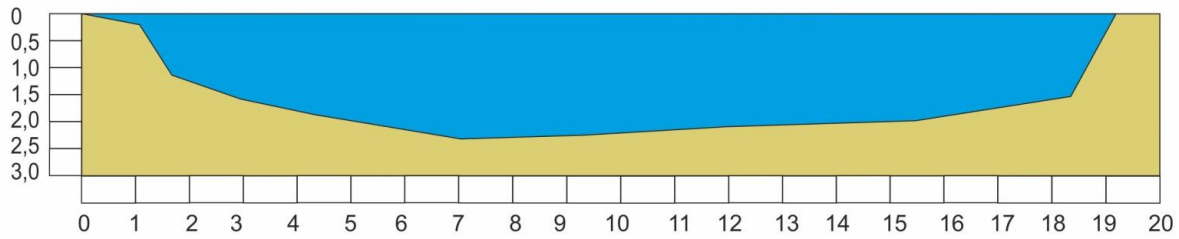


Рис. 5 – Поперечний переріз каналу в липні 2014 року (1100 метрів від мосту в бік лиману)

Прилегла до гирла Молочного лиману частина Азовського моря характеризується поступовим збільшення глибин до 6-7 м (рис. 6). Прибійна смуга є відмілою і глибини зростають поступово (рис. 7). Відмілість прибережної смуги є перешкодою для надходження в нього морської води і наповнення каналу відбувається лише під час нагону або сильних штормів. До того ж, у межах відмілої смуги відбувається інтенсивне уздовжберегове перенесення піщано-черепашкових відкладів.

В умовах однакових рівнів води в лимані та морі вирішального значення у водообміні набувають згінно-нагінні течії. Вони спричинені вітровими процесами в умовах малого об'єму води в морі і незначних глибин. Нагони виникають при сильних і тривалих східних та південних вітрах, згони – при північних та західних. Значна амплітуда згінно-нагінних коливань пов'язана з віддаленістю пригирлової частини акваторії від вузлової лінії моря і приуроченістю до західної його акваторії..

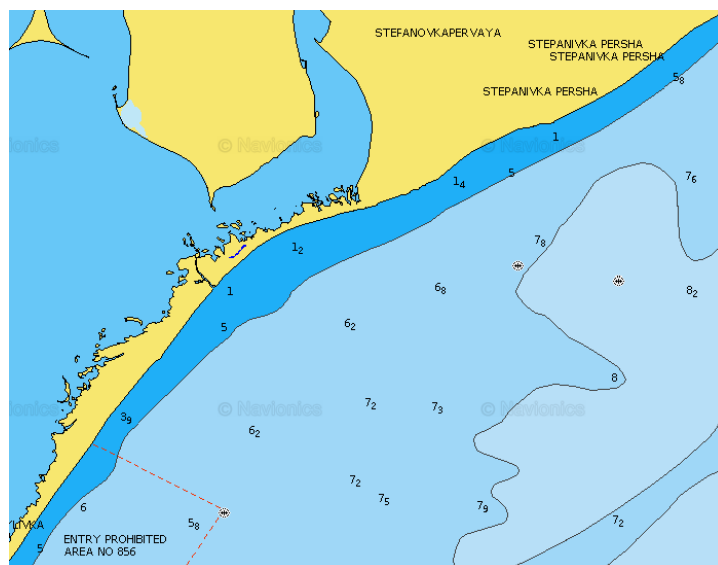


Рис. 6 – Карта глибин Азовського моря поблизу гирла Молочного лиману ([www.webapp.navionics.com](http://www.webapp.navionics.com))

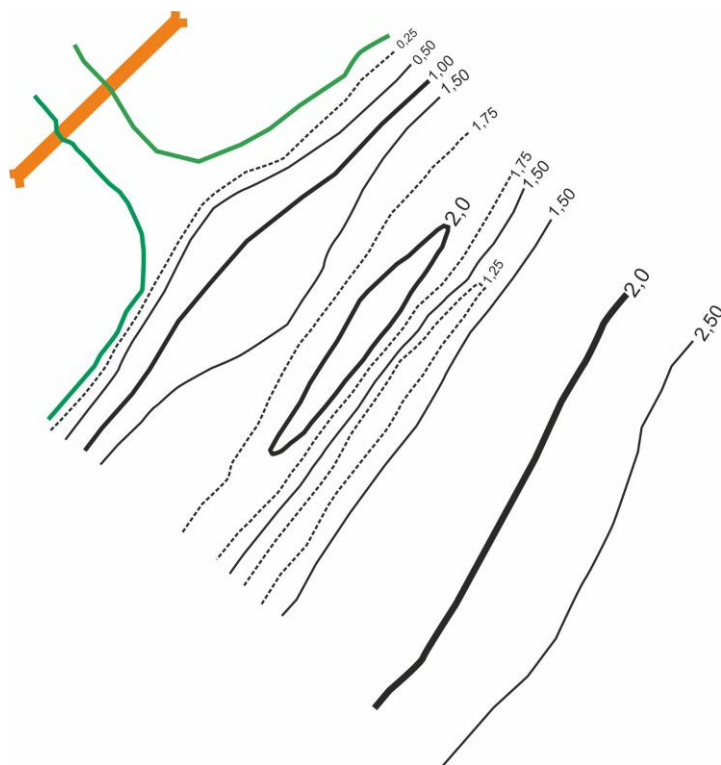


Рис. 7 – Характеристика глибин прибережної ділянки Азовського моря на виході з гирлової частини Молочного лиману (М 1:2000)

Найсуттєвіші згінно-нагінні колювання рівня характерні для зимово-весняного (січень-квітень) та осіннього (листопад) періодів.

Швидкість течії у сполучному каналі повністю залежить від висоти нагону, а витрати води – від його тривалості. В таблиці 2 наведені розрахунки математичного моделювання [12] щодо витрат води за різних напрямів і сили вітру та різної ширини проєктованого каналу (275 та 120 м).

Рівень води у лимані вирівнювався з середнім рівнем моря (в спокійному стані) лише в умовах функціонування одного широкого (1943-1970 рр.) або двох невеликих сполучних каналів (1970-1972 рр.). З одним сполучним каналом (починаючи з 1972 р.) рівень води у лимані завжди був нижчим за рівень моря. Після 2013 року мінімальний рівень води у лимані був зафіксований влітку 2012 року (-1,2 м відносно багаторічного середнього рівня).

Таблиця 2

Гідрологічні показники каналу за різних напрямків та сили вітру та різної ширини проєктованого каналу

Швидкість вітру, м/с	Висота нагону, м	Тривалість нагону, доба	Витрати через канал, м <sup>3</sup>		Тривалість нагону за рік, доба	Об'єм нагону за рік, м <sup>3</sup>	
			275 м	120 м		275 м	120 м
Нагін (східний вітер з моря)							
23	1,04	0,03	49495	8330	4,0	6597703	1110389
20	0,65	0,79	829513	148260	0,79	829513	148260
15	0,38	1,00	592109	94054	3,85	2281101	363850
10	0,13	1,00	160160	5031	8,7	1403989	133808
Згін (північно-західний вітер з лиману)							
21	0,57	0,03	27201	4609	1,0	897637	152057
15	0,28	0,20	92368	17285	0,70	322298	60498
10	0,12	0,15	30204	5815	1,15	302554	89888

За умов розчищення сполучного каналу виникає відповідний перепад рівнів води, що призводить до постійної течії з моря в лиман з тенденцією до вирівнювання рівнів. За таких умов швидкість руху води в каналі коливається в залежності від сили і напрямку вітру від 0,4 до 1,7 м/с, що згідно площі перерізу становить від 14 до 61 м<sup>3</sup>/с надходження води. Взнявши для розрахунку середній від вимірених значень показник у 37 м<sup>3</sup>/с, для наповнення вказаного вище об'єму у 282 млн. м<sup>3</sup> треба 88 діб, тобто близько 3 місяців. Фактично період функціонування сполучного каналу в 2014 році продовжувався понад півроку, однак повного наповнення лиману так і не відбулося (-21 см) через інтенсивне випаровування з поверхні водного дзеркала та суттєвого зниження глибини сполучного каналу. Тобто сучасні морфометричні параметри сполучного каналу не сприяють повноцінному його наповненню водою.

Так само нинішні морфометричні параметри каналу не забезпечують повноцінного водообміну лиману з морем для регуляції сольового обміну шляхом винесення з акваторії лиману надлишку солей в море.

Для розсолення акваторії лиману необхідно або суттєво збільшувати ширину каналу або робити додаткове сполучення лиману з морем.

Подальший нестійкий зв'язок лиману з морем обмежував надходження морської води і суттєве коливання рівня води. Після 2014 року амплітуда коливань рівня води в акваторії лиману становила 30-50 см упродовж року. Станом на початок 2019 року постійний і періодичний зв'язок лиману з морем був відсутній. Епізодичне сполучення лиману з морем відбувалося щороку штучно у весняний період з метою пропуску кефалі на нерест та в осінній – для виходу мальків у море. Починаючи з 27 грудня 2019 року було відновлене сполучення Молочного лиману з Азовським морем шляхом розширення каналу до 100 м та його обладнанням захисною спорудою з боку моря. Динаміка наповнення лиману водою, зміни солоності та відновлення екосистеми в цілому після відновлення постійного зв'язку лиману з морем буде проаналізована в окремій статті.

### Висновки

Гідроекологічні особливості Молочного лиману цілком залежить від міри його зв'язку з Азовським морем. Аналіз гідрометричних параметрів Молочного лиману та його сполучного каналу з Азовським морем показав, що останній не забезпечує повноцінного наповнення акваторії лиману та відповідного його водообміну і розсолення води внаслідок постійного занесення каналу піщано-черепашковими відкладами. Навіть за умови повноцінного функціонування

сполучного каналу його гідрологічні параметри не здатні забезпечити повноцінне функціонування Молочного лиману як гідрологічного заказника загальнодержавного значення, ключової території Приазовського національного природного парку та водно-болотного угіддя міжнародного значення. Сучасне розширення каналу та створення захисної споруди з боку морської акваторії, очевидно, покращить гідроекологічну ситуацію в екосистемі Молочного лиману

### Література

1. Антоновський О. Г., Демченко В. О., Митяй І. С. та ін.. Молочний лиман: ретроспектива та перспектива екологічного стану. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія»*. 2010. № 3 (44). С. 13 - 17.
2. Винокурова С. В., Демченко В. А., Черничко І. І., Воронка В. П. Использование данных дистанционного зондирования в сочетании с наземным обследованием для оценки экологического состояния Молочного лимана (северо-западное Приазовье). *«Земля из космоса – наиболее эффективные решения»*: сб. тезисов докл VI междунар. конф., 2-4 октября 2013 г.. М., 2013. С. 96-105.
3. Вишневецький В.І., Воронка В.П. Український Арал. *Україна молода*. 2010. 11 листопада 2010 р.
4. Воронка В. П., Демченко В. О. Географічний аналіз чинників сучасного екостану Молочного лиману. *Український географічний журнал*. 2010. №3. С. 43-47
5. Воронка В. П., Демченко В. О., Винокурова С. В. Динаміка гідрологічних показників Молочного лиману як гідрологічного заказника загальнодержавного значення. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2015. 1(36). С. 46-56.

6. Демченко В. А. Менеджмент Молочного лимана с целью сохранения его биологического разнообразия. *Соціально-економічні проблеми природокористування та екології: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. Миколаїв, 2001. С. 456-461.*
7. Демченко В. О., Євтушенко М. Ю., Воровка В. П. Стан Молочного лиману в результаті з'єднання його з Азовським морем у 2014 році. *Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології: матеріали VII Міжнар. іхтіолог. наук.-практ. конф., 10-13 вересня 2014 р. Мелітополь – Бердянськ, 2014. С. 69-72.*
8. Демченко В. О., Черничко Р. М., Черничко Й. І., Дядічева О. А., Кошелєв О. І., Демченко Н. А. Сучасний стан Молочного лиману як водно-болотних угідь міжнародного значення. *Заповідна справа в Україні. 2012. Т.18, Вип. 1-2. С. 114-119.*
9. Демченко В. О., Митяй І. С., Антоновський О. Г., Забрда С. М. Сучасний стан гідрологічного заказника «Молочний лиман» у зв'язку з його ізоляцією від Азовського моря. *Роль природно-заповідних територій у підтриманні біорізноманіття: матеріали наукової конференції, присвяченої 80-річчю Канівського природного заповідника (Канів, 9 – 11 вересня 2003 року). Канів, 2003. С. 53-54.*
10. Ильин Ю. П., Фомин В. В., Дьяков Н. Н., Горбач С. Б. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1. Азовское море. Севастополь, 2009. 400 с.
11. Менеджмент план Молочного лиману. 2005. 67 с.
12. Митяй І. С., Демченко В. О., Забрда С. М., Трубнікова А. П., Бровченко Н. Т. Сучасний екологічний стан Молочного лиману. *Географічні проблеми розвитку півдня України у XXI столітті: тези. Одеса-Мелітополь, 2000. С. 33-38*
13. Розробка робочого проекту будівництва гідротехнічних споруд для забезпечення гідрологічного режиму в заказнику загальнодержавного значення «Молочний лиман» в Запорізькій області. Київ, 2001. 147 с.
14. Чесалин М. В., Зуев Г. В., Митяй И. С., Демченко В. А. Современное состояние и проблемы сохранения экосистемы Молочного лимана Азовского моря. *Рибне господарство України. 2002. № 1 (18). С. 5-9.*
15. Янковский Б. А. О рыбохозяйственном использовании Молочного лимана. *Известия Мелитопольского отдела географического общества УССР и Запорожского областного отделения общества охраны природы УССР. Днепропетровск: Промінь. 1965. С. 67-80.*
16. Яровий С. О., Дядічева О. А., Демченко В. О., Антоновський О. Г. Водно-болотне угіддя міжнародного значення «Молочний лиман». *Моніторинг ВБУ міжнародного значення. Методи та результати: матеріали семінару «Організація та результати моніторингу ВБУ в Україні», 4-6 березня 2014 р. Одеса, 2014. С. 126-134.*
17. Demchenko V., Vinokurova S., Chernichko J., Vorovka V. Hydrological regime of Molochnyi liman under anthropogenic and natural drivers as a basis for management decision-making. *Environmental Science & Policy. 2015. V. 46. P. 37-47.*

## References

1. Antonovsky, O.G., Demchenko, V.O., Mityai, I.S. (2010). Milk estuary: a retrospective and prospects of ecological status. *Scientific notes of the Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk. Series: Biology. Special issue "Hydroecology"*, (3 (44)), 13 - 17. (In Ukrainian).
2. Vinokurova, S. V., Demchenko, V. A., Chernichko, I. I., Vorovka, V. P.(2013). Use of remote sensing data in combination with ground surveys to assess the ecological state of Milk Estuary (north-western Azov region). *Earth from space - the most effective solutions, VI international Conf., 2013. Moscow, 96-105.* (In Russian).
3. Vishnevsky, V. I., Vorovka, V. P.(2010). Ukrainian Aral. *Ukrayina moloda*, 2010. November 11, 2010. (In Ukrainian).
4. Vorovka, V. P., Demchenko, V. A. (2010).Geographic analysis of the factors of the modern eco-state of the Dairy lima-well. *Ukrainian geographic journal*, ( 3), 43-47. (In Ukrainian).
5. Vorovka, V. P., Demchenko, V. A., Vinokurova, S. V. (2015).Dynamics of hydrological parameters of the Dairy estuary as a hydrological reserve of national importance. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 1 (36), 46-56.6.
6. Demchenko, V. A. (2001). Management of the Dairy estuary with the goal of preserving its biological diversity. *Social and economic problems of nature and ecology: environmental materials. science.-practical. conf. Mikolaev*, 456-461. (In Ukrainian).
7. Demchenko, V.O., Yevtushenko, M.Iu., Vorovka, V.P. (2014). The state of the Dairy Estuary as a result of its connection with the Sea of Azov in 2014. *Contemporary Problems of Theoretical and Practical Ichthyology: VIIIth Intern. ichthyologist. scientific-practical Conf., Melitopol-Berdyansk, 69-72* (In Ukrainian).



8. Demchenko, V. O., Chernichko, R. M., Chernichko, J. I., Dyadicheva, O. A., Koshelev, O. I., Demchenko, N. A. (2012). The current state of the Dairy Estuary as wetlands of international importance. *Zapovidna sprava v Ukraini*, 18 (1-2), 114-119. (In Ukrainian).
9. Demchenko, V. A., Mityai, I. S., Antonovsky, A. G., Zabroda, S. M. The current state of the Dairy Estuary hydrological reserve due to its isolation from the Sea of Azov. *The role of nature reserves in biodiversity conservation: proceedings of a scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the Kaniv Nature Reserve*, Kaniv, 2003. 53-54. (In Ukrainian).
10. Ilyin, Yu. P. Fomin, V. V., Dyakov, N. N., Gorbach, S. B. (2009). Hydrometeorological conditions of the seas of Ukraine. Vol. 1. Sea of Azov. Sevastopol. [in Russian].
11. Management plan Dairy estuary. (2005). 1-67. (In Ukrainian).
12. Mityay, I. S., Demchenko, V. A., Zabroda, S. M., Trubnikova, A. P., Brovchenko, N. T. (2000). Current ecological state of the Dairy estuary. *Geographical Problems of the Development of the South of Ukraine in the 21st Century*, Odessa-Melitopol, 33-38 (In Ukrainian).
13. Development of a working project for the construction of hydraulic structures to provide a hydrological regime in the reserve of the national value " Dairy estuary" in the Zaporozhye region.(2001). Kyiv. (In Ukrainian).
14. Chesalin, M.V., Zuev, G.V., Mityai, J.S., Demchenko, V.A. (2002).Modern state and problems of preserving the ecosystem of the Dairy estuary of the Azov Sea. *Rybne hospodarstvo Ukrainy*, 1 (18), 5-9 (in Russian).
15. Yankovsky, B. A.(1965). About fishery use of the Dairy estuary. *News of the Melitopol Division of the Geographical Society of the Ukrainian SSR and Zaporizhzhya Regional Branch of the Society for the Conservation of Nature of the Ukrainian SSR*. Dnepropetrovsk: Promin. 67-80. [in Russian].
16. Yarovy, S.O., Dyadicheva, O.A., Demchenko, V.A., Antonovsky, O.G. (2014). Wetlands of International Importance " Dairy Estuary". *VBU monitoring of international importance. Methods and results: materials of the seminar "Organization and results of monitoring of the Security Service of Ukraine in Ukraine"*, Odessa, 126-134. (In Ukrainian).
17. Demchenko V., Vinokurova S., Chernichko J., Vorovka V. (2015). Hydrological regime of Molochnyi li-man under anthropogenic and natural drivers as a basis for management decision-making. *Environmental Science & Policy*, 46, 37-47.

Надійшла до редколегії 13.11.2019

Прийнята 20.12.2019

УДК: 911. 375 – 043. 96 (4-21)

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-03>

М. М. НАЗАРУК<sup>1</sup>, д-р геогр. наук, проф., Ю. С. ПОЛЯНСЬКИЙ<sup>1</sup>

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

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1210-9666>

## РЕВІТАЛІЗАЦІЙНІ ЗМІНИ ГЕОПРОСТОРУ У ЄВРОПЕЙСЬКИХ МІСТАХ

**Мета.** Стислий ретроспективний аналіз географічної складової ревіталізації в європейських містах, дослідження узагальненого і опосередкованого впливу явища ревіталізації на геопростір урбосистем великих міст.

**Результати.** Оглядова стаття, де подано результати дослідження ревіталізаційних процесів у європейських містах. Європейські міста характеризуються нерівномірністю розвитку, концентрацією потенціалу в столиці та окремих обласних центрах, а також наростанням кризових явищ на периферії. Йде мова про депресивні території, населені пункти, постпромислові міста чи їх частини. Тому вважаємо за потрібне говорити не лише про відновлення потенціалу та забезпечення покращення соціально-економічних показників в містах, але й про масштабне запровадження програм ревіталізації міського простору. Підходи до процесів ревіталізації ідеально розроблені як процеси розширення можливостей невикористаного міського простору. У той же час вони повинні бути спрямовані на забезпечення ефективного використання коштів з облігацій та проектних фондів, які фінансуються за рахунок державних та приватних фінансів, для проектів з центру громадянського контролю. Основна вимога громади розпочати процес оновлення та залучення адміністрації до цих проектів. Перший раунд переговорів між владою та суспільством спонукав місто виробити узгоджений підхід, спрямований на цільову групу і одночасно погодити фінансовий бюджет та майбутніх бенефіціарів. Окрім відповідального за процеси містобудування, особливі ролі відводяться місцевим відділам шкіл, молоді, людей похилого віку та розвитку бізнесу (бізнес, маркетинг та, переговори з інвесторами). Саме ці сфери людського і фінансового капіталу мають бути відповідальні за міський маркетинг та туризм. Необхідне залучення довіреної особи з реструктуризації у процесі планування та розробки проектів.

**Висновки.** Врахування географічної складової (зокрема рельєфу, рослинності, зелених зон), в результаті проведення ревіталізації сприяє покращенню якості життєвого середовища та впливає на особливості геопростору міста. Важливою складовою успіху програми ревіталізації має стати участь громадськості в обговоренні і вирішенні проблем для забезпечення сталого розвитку міст. Вивчення досвіду європейських міст у галузі ревіталізації надасть нового імпульсу багатьох українських міст, що намагаються подолати проблеми занепалих міських територій, зокрема історичних центральних районів та середмість.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ревіталізація, геопростір, урбаністика, геопросторове планування, урбанізація території, європейський досвід

Nazaruk M. M., Polianskiy Y. S.

Lviv National University of Ivan Franko

### REVITALIZATION PROCESSES OF CHANGING GEOSPATIAL IN EUROPEAN CITIES

**Purpose.** Brief retrospective analysis of the geographical component of revitalization in European cities, study of the generalized and indirect effect of the revitalization phenomenon on the geospace of urban urban systems.

**Results.** The results of the study of revitalization processes in European cities are presented. European cities are characterized by uneven development, concentration of potential in the capital and some regional centers, as well as the increase of crisis phenomena in the periphery. We are talking about depressed territories,

© Назарук М. М., Полянський Ю. С., 2019



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

settlements, post-industrial cities or parts of them. That is why we consider it necessary to speak not only about the restoration of potential and improvement of socio-economic indicators in cities, but also about the large-scale implementation of urban space revitalization programs. Approaches to revitalization processes are ideally designed as processes for empowering unused urban space. At the same time, they should be aimed at ensuring the effective use of public and private financed bonds and project funds for projects from the Civic Control Center. The main requirement of the community is to begin the process of updating and involving the administration in these projects. The first round of negotiations between the authorities and society prompted the city to come up with a coherent approach aimed at the target group and at the same time agree on the financial budget and future beneficiaries. In addition to those responsible for urban planning, special roles are assigned to local departments of schools, youth, senior citizens and business development (business, marketing and investor talks). It is these areas of human and financial capital that should be responsible for urban marketing and tourism. The involvement of a restructuring trustee in project planning and development is required.

**Conclusion.** Taking into account the geographical component (in particular the topography, vegetation, green areas), as a result of the revitalization helps to improve the quality of living environment and affects the peculiarities of the geospatial of the city. An important component of the success of a revitalization program must be public participation in discussing and solving problems to ensure sustainable urban development. Studying the experience of European cities in the area of revitalization will give a new impetus to many Ukrainian cities trying to overcome the problems of deprived urban areas, including the historic central districts and mediocrity.

**KEYWORDS:** revitalization, geospace, urban planning, geospatial planning, urbanization of territories, European experience

**Назарук Н. Н., Полянський Ю. С.**

*Львівський національний університет імені Івана Франко*

## **РЕВИТАЛИЗАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВА В ЕВРОПЕЙСКИХ ГОРОДАХ**

**Цель.** Краткий ретроспективный анализ географической составляющей ревитализации в европейских городах, исследования непосредственного и косвенного влияния ревитализации на геопространство урбосистем крупных городов.

**Результаты.** Обзорная статья, где представлены результаты исследования ревитализационных процессов в европейских городах. Европейские города характеризуются неравномерностью развития, концентрацией потенциала в столице и отдельных областных центрах, а также нарастанием кризисных явлений на периферии. Речь идет о депрессивных территориях, населенные пункты, постпромышленные города или их части. Поэтому считаем нужным говорить не только о восстановлении потенциала и обеспечение улучшения социально-экономических показателей в городах, но и о масштабном внедрении программ ревитализации городского пространства. Подходы к процессам ревитализации идеально разработаны как процессы расширения возможностей неиспользованного городского пространства. В то же время они должны быть направлены на обеспечение эффективного использования средств по облигациям и проектным фондам, финансируемых за счет государственных и частных финансов, для проектов центра гражданского контроля. Основное требование общества начать процесс обновления и привлечения администрации к этим проектам. Первый раунд переговоров между властью и обществом побудил город выработать согласованный подход, направленный на целевую группу и одновременно согласовать финансовый бюджет и будущих бенефициаров. Кроме ответственного за процессы градостроительства, особые роли отводятся местным отделам школ, молодежи, пожилых людей и развития бизнеса (бизнес, маркетинг и, переговоры с инвесторами). Именно эти сферы человеческого и финансового капитала должны быть ответственные за городской маркетинг и туризм. Необходимо привлечение доверенного лица по реструктуризации в процессе планирования и разработки проектов.

**Выводы.** Учет географической составляющей (в частности рельефа, растительности, зеленых зон), в результате проведения ревитализации способствует улучшению качества среды обитания и влияет на особенности геопространства города. Важной составляющей успеха программы ревитализации должно стать участие общественности в обсуждении и решении проблем для обеспечения устойчивого развития городов. Изучение опыта европейских городов в области ревитализации придаст новый импульс многим украинским городам, пытающихся преодолеть проблемы кризисных городских территорий, в частности исторических центральных районов и центра города.

**КЛЮЧЕВИЕ СЛОВА:** ревитализация, геопространство, урбанистика, геопространственное планирование, урбанизация территории, европейский опыт

### **Вступ**

Сталий розвиток міст є запорукою економічного зростання держави в цілому, адже в містах зосереджений фінансовий,

науковий, демографічний потенціал суспільства. Європейські міста характеризуються нерівномірністю розвитку, концентраці-

єю потенціалу в столиці та окремих обласних центрах, а також наростанням кризових явищ на периферії. Йде мова про депресивні території, населені пункти, постпромислові міста чи їх частини. Тому вважаємо за потрібне говорити не лише про відновлення потенціалу та забезпечення покращення соціально-економічних показників в містах, але й про масштабне запровадження програм ревіталізації міського простору. Під ревіталізацією ми розуміємо комплексний процес відновлення урбанізованої території, яка піддалась процесу структурної деградації, спричиняючи кризовий стан, що робить неможливим або суттєво ускладнює нормальний економічний і суспільний розвиток як даної території, так і його урівноважений розвиток. Науковці неодноразово відзначають загрози економічній безпеці регіону, спричинені деформацією структури міст, а саме їх монофункціональність, надмірну індустріалізацію, слабкість соціально-культурного потенціалу, низьку якість міської інфраструктури, техногенне навантаження на навколишнє середовище, екологічні проблеми. Слід відзначити, що міста-обласні центри володіють ширшим спектром фінансових інструментів залучення ресурсів, а ніж міста-периферії, і охаракте-

ризовані загрози стосуються, у першу чергу, саме їх.

Дослідження змін геопростору під впливом процесів ревіталізації вивчали: про ревіталізацію міської забудови та промислових будівель В. В. Савйовський, А. П. Броневицький [1, 2], Запотоцький С.Ф. та Левицька О.Ф. [3], Попова О.А. [4], про розвиток міста Львова Назарук М. М. [5, 6], М. Е. Бассе, О. В. Рибчинський [7] про проекти та програми ревіталізації ринкових площ історичних міст України [6], О. А. Сич [8] та інших європейських міст [9-13]. Ці вчені досліджували ревіталізаційні процеси в країнах європейського союзу та вивчали окремі об'єкти у містах України, що можна чітко визначити в їхніх наукових доробках.

**Мета** – стислий ретроспективний аналіз географічної складової ревіталізації в європейських містах, дослідження узагальненого і опосередкованого впливу явища ревіталізації на геопростір урбосистем великих міст.

Об'єктом дослідження є географічні засади впровадження процесів ревіталізації у європейських містах, виявлення основних особливостей та можливостей їх реалізації в геопростір міст України.

### Результати дослідження

В сучасних містах ми можемо спостерігати цілий ряд трансформаційних процесів, серед яких субурбанізація, джентрифікація, фрагментація (функціональна фрагментація), комерціалізація, деіндустріалізація, терціаризація, демілітаризація, ревіталізація, сакралізація, просторова сегрегація тощо. Сьогодні території колишньої промислової забудови є складними просторовими структурами, що характеризуються найчастіше нераціональним використанням земельних ресурсів, невпорядкованістю забудови, відсутністю елементів озеленення та благоустрою, а також негативним впливом на навколишнє середовище. Ревіталізація (з лат. від лат. ге ... – відновлення та *vita* – життя, дослівно: повернення життя) – поняття, що використовується в науковій і практичній діяльності, яке характеризує процеси відновлення, оживлення, відтворення. Найчастіше це поняття використовують у медицині, архітектурі, урбаністиці і техніці. В урбаністиці поняття «ревіталіза-

ція» означає відновлення міського середовища, при якому воно стає більш придатним для проживання. Таке явище, як ревіталізація, давно вже стало звичною справою на Заході. Воно передбачає реконструкцію, переформатування окремих комплексів будівель, в тому числі промислової нерухомості, промислових районів і навіть цілих населених пунктів з метою більш ефективного використання як самих приміщень, так і території, перетворюючи ці простори на різного роду житлові та культурні об'єкти: гастрономічні, музейні, мистецькі, виставкові тощо. І як наслідок – приміщення колишніх фабрик і заводів з їхніми величезними відкритими просторами, хорошим освітленням, високими стелями, незвичайним дизайном становлять великий інтерес для організації арт-об'єктів, мистецьких студій, просторів з галереями, концертними майданчиками, кафе, пабами, ресторанами та офісами чи так званими сучасними коворкінгами. Такі трансформації приносять

вигоду малому бізнесу, який зможе вести тут підприємницьку діяльність, місцевим мешканцям, які зможуть відвідати нові цікаві об'єкти, а також отримати нові робочі місця, і звичайно ж зберегти архітектурну та історичну спадщину міста. Принцип ревіталізації полягає в розкритті та нових можливостей старих форм з урахуванням їхніх функцій. У ході ревіталізації найчастіше використовують комплексний підхід з метою збереження самобутності, автентичності, ідентичності та історичних ресурсів міського середовища. Ревіталізація – це не просто відновлення і реставрація, вона стимулює соціально-культурне й економічне зростання міста. У сучасному світі дуже популярна ревіталізація промислових комплексів, розташованих у межах міста, що пов'язано з потребами суспільства і сформованою структурою міського середовища. У таких випадках ревіталізацію розглядають як реконструкцію промислової архітектури зі зміною її функцій. Ступінь зміни міського середовища в процесі ревіталізації залежить від ступеня цінності історико-культурних об'єктів. Ревіталізація – це скоординований процес, до якого залучені органи місцевого самоврядування, місцева громада й інші учасники. Вона є одним з елементів політики розвитку, що спрямований на запобігання процесам деградації урбанізованих територій, кризовим явищам, що відбуваються внаслідок зростання суспільної й економічної активності, поліпшення середовища проживання з одночасним дотриманням принципів збалансованого розвитку. На нашу думку, вирішення першочергових проблем міст полягає не лише в екстенсивному розвитку (створенні нових підприємств, житлових комплексів, розширенню урбанізованої території), а у перетворенні, переосмисленні і відродженні існуючих об'єктів промислової чи житлової нерухомості, впорядкуванні міського простору шляхом його ревіталізації. Однак, проекти ревіталізації міста чи частини його території стикаються не лише з проблемою пошуку фінансових ресурсів, але й на неінформованість громади, некомпетентність місцевих органів влади та відсутність комплексної програми сталого розвитку. Вважаємо, що програма ревіталізації повинна носити комплексний характер, а її конс-

труювання повинне включати наступні взаємопов'язані складові:

1. Загальну частину, яка характеризуватиме межі програми ревіталізації, цілі та завдання її складових, тривалість, перелік та оцінку задіяних об'єктів нерухомості, концепцію фінансування, прогноз очікуваних результатів програми;

2. Інвестиційно-будівельну частину, яка представлятиме будівельні проекти та інвестиції в інфраструктуру, обсяги демонтажу та нового житлового будівництва;

3. Соціально-екологічну частину, що описуватиме завдання у сфері покращення довкілля, екологічної безпеки, а також вирішення соціальних проблем із широким залученням громадськості;

4. Економічну частину, що передбачає проекти активізації підприємництва фізичних осіб, підприємств малого та середнього бізнесу, підприємств різних галузей економіки, а також фінансову підтримку місцевого підприємства. Якщо дотримуватись даної програми ревіталізації то можна зрозуміти зміст даного процесу в геопросторі.

В закордонній та вітчизняній практиці є багато прикладів, котрі наглядно демонструють специфіку вказаних робіт.

Одним з унікальних та цікавим для фахівців є приклад ревіталізації споруд газосховищ (газгольдерів) в місті Відень (Австрія) [11-12]. Газгольдери представляють собою чотири циліндричні споруди обсягом близько 90,0 тис. м<sup>3</sup>, висотою коло 70 м та перетином 60 м, кожна. Навкруги так званого «мокрого» газгольдера влаштовані цегляні стіни (рис.1). Вказані споруди були збудовані в 1896–1899 роках. В 1984 році вони перестали експлуатуватися. До цього часу вони отримали статус пам'яток архітектури. В 1995 році владою міста було прийнято рішення про ревіталізацію споруд під цивільні об'єкти. Кожна з чотирьох споруд (А, В, С, D) проектувалась окремими архітекторами та фірмами, а саме Жаном Новелем (Jean Nouvel), архітектурним бюро Соор Himmelb(l)au(WolfD. Prix), Манфредом Вадерном (ManfredWehdorn) та Вільгельмом Хольцбауером (Wilhelm Holzbauer). З 1999 по 2001 роки була проведена реконструкція газгольдерів під об'єкти соціально-культурного призначення, а саме під житло, студентські гуртожитки, офіси, торгівельні та громадські зали з сучасним інженерним устроєм. Загальна вартість робіт склала 174,0 млн. євро.

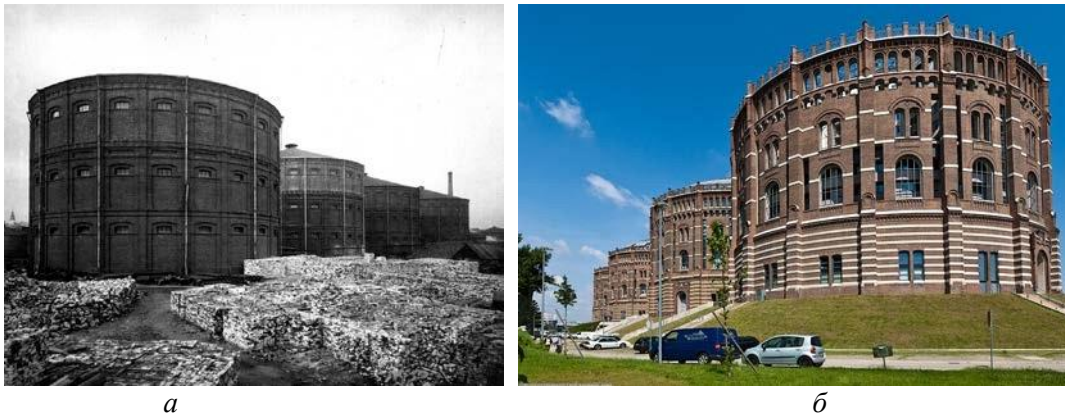


Рис. 1 – Загальний вигляд споруд газгольдерів в Відні (Австрія) до (а) та після (б) ревіталізації [11]

В процесі виконання будівельних робіт передбачалось лишити без змін зовнішні цегляні стіни та замінити конструкції покриттів споруд. У внутрішньому просторі були виконані вбудовані об'єми багатопверхових будівель. Вбудовані приміщення були заповнені відповідно до запроєктованого функціонального призначення. Так в споруді «А» на нижньому поверху був обладнаний торговельний центр та низка офісів і підземний гараж. Споруда розташована поряд з лінією метро. Над торговельним центром розташовано 11 житлових поверхів з 20 просторими квартирами.

В споруді «В» розташований 18-поверховий житловий комплекс з 254 квартирами. Четвертий та 5-й поверхи відведено під студентський гуртожиток. Також, тут

обладнано виставковий зал площею близько 1400 м<sup>2</sup>. Поряд зі спорудою був збудований будинок модерністського стилю, котрий підкреслював архітектурну виразність споруди «В» (рис. 2). Збудований поруч будинок в вигляді зігнутого аркушу паперу, називають «щит».

В споруді колишнього газгольдера «С» було розміщено три-поверховий торговельно-офісний центр, а вище 6-ти поверховий житловий комплекс з 92 квартирами. На період виконання будівельних робіт це був найбільший будівельний майданчик Європи, з площею майже 220,0 тис. м<sup>2</sup> [11]. Після розробки проектної документації та проведення комплексу підготовчих робіт, приступили до демонтажу металевих конструкцій газгольдерів.



Рис. 2 – Вигляд споруди «В» з зовні (а) та з середини (б) [11]

Наступним етапом виконано роботи з демонтажу конструкцій ліхтарів та покриттів газгольдерів. Так як покриття були купольного типу, то спочатку в центрі середини

споруди установлювався кран-опора, для тимчасового закріплення конструкцій. Наступним кроком було влаштування фундаментів під багатопверхові конструкції,

що будувались в середині споруд. Фундаменти, вертикальні й горизонтальні несучі будівельні конструкції виконані з монолітного залізобетону. Для обслуговування будівельних майданчиків (окремих споруд газгольдерів) використовувались баштові крани. Всі роботи виконувалися з врахуванням зниження впливу на довкілля. А саме таким, як створення комфортних умов життя для всіх і становлення місця як центру традицій будівництва, освіти, наукових досліджень. При реалізації ревіталізації даного об'єкта було використано сучасні архітектурні рішення, новітні будівельні матеріали, що сприяло поліпшенню екологічної ситуації в даному регіоні.

Місто Байрорт [12] є одним з найперспективніших в Німеччині в плані розвитку та втілення ревіталізаційних проектів в життя. Міська ревіталізація в цьому місті розпочалась з державної федеральної програми розвитку міської території «Активізація та ревіталізація міських та районних центрів». Ця програма розвитку міського простору розповсюджувалась на федеральній регіон Баварія. Програма ревіталізації Байрорта поділяється на декілька етапів. Через тривалу реконструкцію та концептуальні роботи в центрі міста Байройт, він мав на меті не починати проект «з нуля», а використовувати інші проекти в яких не всі плани та розробки дійшли до етапу реалізації. Інвентаризація та цілі розвитку міського простору оновлюються, доповнюються та переосмислюються, як в контексті ревіталізаційних процесів так і інших проектів розвитку району з метою всебічного пожвавлення центру міста. Концепції сталого розвитку урбанізованих територій.

Таким чином розробниками було використано так званий методологічний підхід, який підштовхнув до вивчення досягнутих цілей та ліквідацію дефіциту невиконаних робіт. Порівняно з попередніми дослідженнями в процесах містобудування, які відбувалися в далекому 1987 р. ще за часів існування ФНР (Федеративної республіки Німеччина). Один з основних акцентів нового проекту звертає увагу на новітній погляд розвитку міських територій та на низку подальших досліджень з різними сучасними технічними акцентами. Врахування нових тенденцій в архітектурі та сучасних соціоекологічних особливостей влаштування геопростору міст.

Крім того, необхідно було ретельно вивчити відповідні межі зони ревіталізації та можливі програмні роз'яснення щодо змінених грошових фондів субсидій, які були надані з різних федеральних державних програм містобудування.

З цього контексту були також деякі відхилення від спочатку введеного в експлуатацію вулиці Умгрифа (тобто додаткова територія, яка була включена до зареєстрованої ділянки площі Мюнцгасса, подальше включення всієї площі було переплановувано додатковим врахуванням специфіки районного планування) та робочої програми AGS-München на 2008 рік. Робота з цією площею є однією з заключних робіт даної програми.

Важливим результатом аналізу є те, що крім завдань та заходів міста, в майбутньому має бути набуто більше активності та участі у постійному завданні відродження та реконструкції приватних та комерційних будинків федерального значення.

Це, зокрема, пов'язано з включенням проекту у федеральну державну програму містобудування «Активні міста та приміські центри» і, безумовно, слід розглядати даний проект, як можливість для міського суспільства ще більш яскраво розвивати та вдосконалювати своє власне і рідне баварське місто та громаду.

Проект розвитку міських територій міста Байрорт поділений на декілька етапів, які позначені латинськими буквами [12].

**Етап А:** Внутрішні ремонти та зміни простору у програмі «Активні міські райони та центри»

**Етап В:** Перегляд і створення проектів репланування районів з першого погляду. Основні процедури та моменти оновлення міського простору, основні цілі процесів реконструкції та ревіталізації з розмежування міста. Програма розвитку центральної частини міста та міського парку.

**Етап D:** Заходи та етапи заплановані з оглядом на фінансування з державних програм

1. Активізація проекту та супровід
2. Початок активізації за допомогою конкретних зразкових проектів розвитку міського простору
3. Фонд проекту
4. Інвестиційні заходи
5. Прогноз інвестиційної політики на період втілення проекту в життя.

**Етап Е:** Рекомендації щодо процесів ревіталізації простору

Загальна проектна документація і сам проект розпочинається з етапу А. Центр міста Байройт не тільки являє собою традиційний центр міста, але і об'єднує - як і раніше - безліч функцій та застосувань у обмеженому просторі: економіка, адміністрація та культура, місця для роботи та проживання, пропозиції для догляду та дозвілля. Він і надалі є місцем ідентифікації для суспільства Байройта та для повсякденного життя в місті.

Зважаючи на важливість центрів - як внутрішнього міста Байройта - та викликів, що їх стоять, федеральні та штати уряду створили програму «Активні міські та районні центри», що є першою спеціальною програмою для зміцнення центральних районів постачання соціального добробуту. За допомогою грантів з центральної програми федеральний та урядовий уряди підтримують муніципалітети у вирішенні структурних труднощів у центральних містах та місцевих районах. У той же час програма на рівні міста служить цілям внутрішнього розвитку та інтегрованого міського розвитку, як це вже закріплено в Байройті в Концепції інтегрованого містобудування (ISEK).

Нова програма міського розвитку підтримує різні підходи до дій та заходів відновлення міста в умовах ревіталізації. В процесі роботи над проектом. Тому було підкреслено, що частина центру Байройта, яка потребує реабілітації, може бути інтегрована в цю програму містобудування особливо змістовно враховуючи існуючі та частково відремонтовані ділянки С і G, а також майбутню реабілітаційну зону Н, які можливості їх поєднання під одним дахом б, проте, можуть бути розроблені окремі міні проекти відповідно до їх конкретних функцій та проектних потреб. Програма центру особливо підходить для існуючих територій перепланування в центрі міста Байройт, оскільки його частково не вистачає. Тому необхідно врахувати: постійну активну участь власників та мешканців у міському розвитку; приватні інвестиції після відновлення громадських просторів; громадську та соціальну приналежність до співжиття, що може надати житловій частині історичного центру міста особливу якість.

Наразі власний інтерес мешканців та власників часто перешкоджає та гальмує розвиток міського простору. Готовність

громадських та комерційних суб'єктів до участі вже стала очевидною в ході процесу участі в проекті «Aufschwung Innenstadt». Однак, готовність приватних суб'єктів до участі має бути ще сильніше виражена та інтегрована в акцію разом із міською адміністрацією та керівництвом міста. Міська адміністрація вже доклала особливості інтегрованого підходу в рамках ISEK, який зараз впроваджується у багатофункціональному центрі міста, наприклад, у своєрідному союзи приватно-публічних дій для розвитку внутрішніх міст.

Програма «Активні центри» особливо спрямована на акценти співпраці. Спільні, інтегровані дії всіх учасників міста, посилення участі приватних осіб та розвиток співпраці та партнерства повинні бути впроваджені та підтримані владою за допомогою видачі приватним підприємцям відповідних стимулів для їхньої співпраці.

Більше того, «активізуючу містобудівну програму» також слід розуміти, як платформу та простір для впровадження інноваційних заходів щодо зміцнення місця розташування з різними акцентами «Житло - торгівля - культура», щоб продовжувати розвиток міського простору в зв'язку з навколишнім соціумом.

Основними цілями і досягненнями для оновлення в загальному центру міста є:

- зміцнення центру міста з усіма його багатограними функціями, особливо постачання;
- вдосконалення внутрішньої частини міста як культурного та соціального центру Байройта;
- посилення та перестановка житлової площі в центрі міста (для різних цільових груп);
- ремонт та модернізація будівель (включаючи енергетичне оновлення);
- будівництво та коригувальні заходи для повторного використання земельних ділянок з вільними, неправильно використовуваними або погано використовуваними будівлями або необробленими землями, включаючи розумне тимчасове використання;
- додаткове оновлення громадських просторів, та зон для відпочинку;
- впровадження пропозицій, з метою удосконалення якості життєвого простору та комфортних для мешканців;
- в деяких районах поліпшення до-



ступності для спокійного руху та життя громади. Попередні цілі на реконструкції досліджуваних районів центру міста та для районів перепланування С і G включаються

до цього (рис.3) та оновлюються в генеральному плані та визначаються відповідно до даних пріоритетів розвитку простору в цілому.

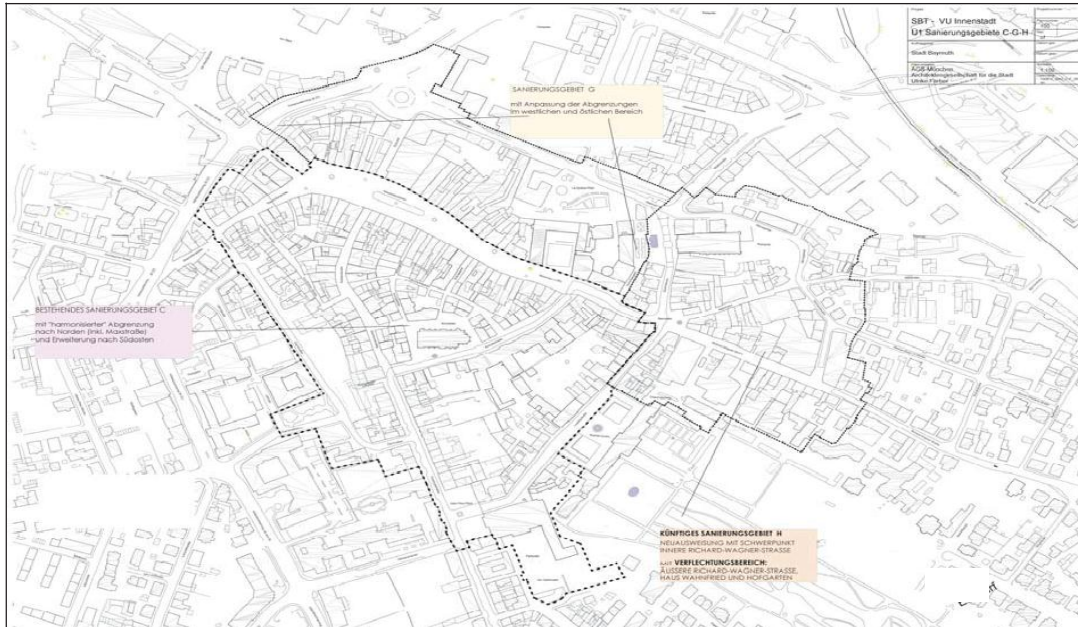


Рис 3 – План центральної частини міста Байройт з виділенням областей перепланування С, G та Н [12]

Наступним етап проведення вдосконалення міського простору в місті Байройт є етап В. На даному етапі ми вже зможемо спостерігати основні процедурні моменти зміни геопростору, основні цілі процесів реконструкції та ревіталізації з розмежування міста. Зона міського оновлення у програмі «Центр» у Байройті складається з областей перепланування С, G та Н (територія області ще в розробці). Основні цілі реструктуризації та ревіталізації для районів С і G будуть змінені відповідно до внесених коригувань в програмі розвитку міського простору. Таким чином, узагальнене відновлення міст охоплює всі центральні зони постачання внутрішнього капіталу, які, крім того, змінюється та трансформуються в райони з іншим призначенням розвитку яких є чудовим поштовхом для сталого житлового використання урботериторій. Кожна з цих трьох областей перепланування має своє значення та є унікальною в даному дослідженні. Область перепланування С. є найбільшою серед усіх досліджуваних. В цій області зосереджена увага на житлових кварталах та спальних райо-

нах. Основний лейтмотив «Будинок у місті». Область перепланування С розглядається, як місце роздрібної торгівлі і постачання в даній схемі областей. Тобто основною функцією даної області буде поставка товарів та роздрібна торгівля та чатково культурна галузь. Пов'язано це з тим, що дана область знаходиться не далеко від міського ринку, що стимулює місцевих дрібних підприємців. Також частково ця функції даної області охоплюють область перепланування С. Якщо говорити про область перепланування Н, то основні функції, які вона буде виконувати є реструктуризація та переоцінка простору та культурна ревіталізація, яка прив'язується до теми ще одного проекту розвитку міського простору «Культура та міське творення».

Область перепланування С. Площа перепланування С:

Основна ціль в процесі реставрації – «будинок у місті», тобто модернізація центру міста на південь як житлового місця для найрізноманітніших цільових та соціальних груп. Окрім створення житла з привабливим середовищем, незамінним є зміц-

нення центру міста в його центральних функціях та завдання догляду за історичною спадщиною в місті та, зокрема, як місця культури як у вузькому, так і в широкому сенсі (наприклад, гастрономічний центр).

З цього впливають такі цілі відновлення та впорядкування простору [13]:

- ремонт існуючої будівельної інфраструктури;
- створення акценту на модернізацію, щоб створити сучасний життєвий простір для збільшення попиту, поліпшення якості життєвого середовища та зміцненню зв'язку жителів із мікрорайоном в цілому;
- оновлення публічних просторів, місця з функціями постачання та збору людей;
- модернізація та, можливе, розкриття історичних структур міста (міські сади, історичні будівлі);
- оптимальні та виважені рішення для руху стаціонарного транспорту;
- модернізація та доповнення системи шляхів через район - поліпшена прохідність (проходи, скорочення, ділянки міської стіни);
- створення невеликих за розмірами громадських зелених зон (кишенькові парки, сади, заліснені зони та зони відпочинку);

Нове розмежування зони перепланування [12]:

Однією з причин підготовчих робіт по переплануванні меж району стала гармонізація північної та південно-східної частин району. В результаті тривалих досліджень отримані нові дані для посилення та формування цілісного публічного простіру на Maximilianstrasse (центральна частина міста). На південному сході, зі узагальненою та прилеглою до нього територією перепланування включена значна кількість культурних установ, які несуть важливий культурний та соціальний сенс для міста. Крім того, щоб зменшити транспортний потік на заході міста було здійснено регулювання руху уздовж головного міського кільця і таким чином центральна площа Штадтмауервега стала вільнішою від засилля транспортних засобів.

Зовнішня Фрідріхштрассе та Морітцофен – це одні з найкращих зон для проживання і відпочинку. Тому в сучасному стані просторового розташування непотрібно розширюватись на південний схід - уздовж зовнішньої Фрідріхштрассе щоб зберегти її рекреаційну функцію. Район

Морітцофен – привабливе житлове місце поблизу центру міста, незважаючи на деякі зловживання містобудівним планом.

Таким чином, новими областями і перепланування С є [12]:

- на захід від кільця міста;
- на північ, північний край від Максимилианштрассе;
- на схід від Людвігштрассе;
- на південний схід від Штадталле і Фрідріхштрассе;
- на південь, включаючи проспект Даммвельден.

Область перепланування G:

У центрі уваги процес зміни та оновлення простору. Основною метою перепланування даної зони є постачання, роздрібних товарів та розвиток культурного сектору на північ від головного ринку, тобто, ревіталізація та реконструктивізація внутрішньої частини міста насамперед з використанням його центральних функцій як на місця повсякденного відпочинку та життя так і в місцях громадянської культури та рекреації. Основними змінами, які пов'язані з проектом є [12]:

- ремонт та модернізація старих міських будівель (також енергетичне оновлення);
- розподіл робочих вакансій при адекватному подальшому використанні;
- будівництво та коригувальні заходи для повторного використання земель з вільними, неправильно використовуваними або менш використовуваними будинками або оброблюваними землями, включаючи оборотні тимчасові потреби;
- оновлення та стимулювання громадського простору (дороги, доріжки, сквери, міська стінка) - також, особливо, інтегруючи в контекст неупередженого оновлення зони реконструкції «Kanalstraße».

Область перепланування G була розглянута в ході необхідного оновлення концепції роздрібної торгівлі при розгляді зміни геопростору за проектом східний центр міста з економічної точки зору (GMA: Future Development East Downtown). Наразі попередні дослідження підтвердили, що цю частину внутрішнього міста необхідно інтегрувати в оновлений рамковий план та містобудівну зону відповідно до програми містобудування «Активні міські та районні центри».

Новий варіант розмежування району перепланування G [13].

У зв'язку з формуванням нового фокусу на майбутній ревіталізаційній зоні Н та заселення колишньої ділянки переобладнання D, необхідно було здійснити незначні кордони між даними областями перепланування:

- на захід і на північ, щоб міська стіна була послідовно огорожена і затінена.
- розмежування на південь залишається незмінним.

Однак введення змін, особливо стосовно нового призначення району перепланування Н має сенс через відхід до лінії міської стіни, основним результатом буде, що Sternplatz та колишній «Wurmfortsatz» додаються до нової області перепланування Н у Ludwigstraße, і тому Зовнішній бар'єр між областю перепланування С з ринком і площею Н з Річардом-Вагнером-Страссе не виникає. Цей контекст видається важливим як для запропонованих інвестиційних заходів (будівельних блоків та будівель культурного спрямування), так і для змістовної роботи (групової) роботи, на схід площа трохи зменшена - міська стіна утворює новий кордон між областями та районами перепланування.

#### **Центр міста та державне садове шоу 2016 року [12]**

Кілька імпульсних проектів створених та розроблених для внутрішнього міста в ІСЕК з області зеленого розвитку, які підбираються, де це доречно та змістовно підходить для території перепланування (наприклад, кишенькові парки). Особливістю імпульсного проекту «Vier Grünzüge für Bayreuth» є Landesgartenschau (так зване садове шоу) 2016.

Принцип Landesgartenschauen полягає в розробці відкритих, паркових або зелених насаджень із стійким ефектом міського розвитку та перепланування території. Діапазон змін та наслідків зміни простору та озелення території надзвичайно великий: від пожвавлення земель які не мали такого впливу від зелених насаджень до цього часу, до відновлення взаємозв'язків між містами та їх потоками, рекреаційне використання історичних парків та садиб.

Починаючи з садового шоу 2007 року у Вальдкірхені, було також показано, що в ході реалізації таких проектів історичні центри міста вже були перероблені на концепцію садового шоу для відвідувачів та

жителів міського простору. Муніципалітет який розробляв проект пропонує такі вдосконалення після його втілення в майбутне:

- ідентифікація та оновлене знайомство громадян з їхнім містом, що сприяє розвитку та перебудові не лише з боку державного сектору, але і з боку місцевих, власників нерухомості, орендарів чи звичайних торговців крамом;
- поєднання міста з природним ландшафтом регіону. Це створить позитивний ефект в масах, що переросте в подальшому у використання даної області перепланування її для відпочинку, рекреації та туризму;
- посилення туристичної привабливості через співпрацю з різними державними та приватними партнерами (такими як адміністрація озера та замку, організатори фестивалів, лавки та ресторани місцевого харчування, асоціації та спілки тощо);
- зростання іміджу для міста Байройт

– протягом усього дня як це відбувається у місті Вальдкірхені, який обрав іміджеву кампанію «росту паркової системи» садового шоу як постійний корпоративний імідж міста. Для Байройта це може стати чудовим варіантом для приваблення туристичного капіталу в місто не лише у фестивальний сезон але й для постійного відвідування міста туристами.

З цієї причини експерти ІСЕК запропонували такий міждисциплінарний підхід до майбутнього державного садового шоу який і був реалізований містом Байройт та бюро ландшафтної архітектури, відповідальним за складання заявки на 50 га ділянки якої був автор проєктних розробок в міському районі Хофгартені і парк Ермітаж біля міста Байрорт. Концепція поєднує заходи захисту від повеней з традицією садової архітектури міста та регіону (тобто також з тріадою садово-паркового мистецтва Байройта

Імпульсний і прогресивним в цьому плані був проект ІСЕК «Байройт – місто проспектів та садово-паркового мистецтва»

#### **Програма розвитку парку Ермітаж та паркових систем міста Байройт [12].**

На відміну від попередніх застосувань пропонується створити новий парк, який включає не лише ландшафтні та екологічно впливові відкриті зони, але й інтенсивно розроблені зони, які оптимально доповнюють функціональні та рекреаційні

пропозиції. Саме такі основні ідеї засновані на оновленому застосуванні у місті Байройт:

- новий парк, що з'єднає історичний центр міста, Хофгартен та Ермітаж;
- підключення до центру міста через зелені сполучення на Червоній Магістралі та вздовж Мюлканалу та мережа з прилеглими мікрорайонами;

- одночасне створення зелених тематичний міст: новий дизайн парку заснований на садівничій традиції Байройта та формує сучасний внесок у культурний ландшафт міста та паркової системи в цілому;

- Вільгельмін фон Байройт стає провідною фігурою в зміні просторового планування паркової культури; його історія та розташування складають тематичні формування садового шоу; посилення на видатні традиції мистецької, культурної та садової архітектури є визначальною унікальною особливістю порівняно з попередніми баварськими садовими шоу, які були відтворенні в інших містах.

Із такого ландшафтного парку, для якого існуючі садові, паркові та ландшафтні якості просто доводиться розробляти та влаштовувати, сусідні житлові приміщення, такі Сент-Йоганіс, Хаммерштат та «Новий дім» які мають велику користь для жителів міста. Байрорт може це зробити за рекомендаціями ISEK, тобто зробити частковий цілісний переділ паркових зон переділ під житлове місце. Але також центр міста з усіма його аспектами від життя в культурному розрізі до звичайної торгівельної самотності має і повинен спритно використовувати можливість розвитку простору в взаємозв'язку з парковою зоною. З точки зору AGS-Мюнхен, щоб підвищити якість життя в історичному центрі та зробити красу (внутрішнього) міста більш відчутною треба постійно працювати над розробкою нових проектів в аспекті зміни геопросотру. На думку розробників проекту в майбутньому Ландсгартеншоу (так зване садове шоу) потрібно перенести через район Хофгартен до центру міста. Просторово це можна уявити. у майбутньому районі реконструкції Н, тим самим допомагаючи протидіяти несприятливим подіям (наприклад, можливою незаконною торгівлею на Ріхард-Вагнер-Страссе) позитивними імпульсами. Цього можна очікувати, зокрема, від таких майбутніх подій, як створення так званого «культурного туру» з різними круговими маршрутами та «спеціальним» яр-

ликом- Річард-Вагнер-Страссе яка є добре розроблена в плані присутності інфраструктури та на якій можна простежити багато різноманітні приміщення для будь-яких виставкових залів та заходів. Також такі можливості має і державний сад, в якому відкриваються нові можливості для співпраці з партнерами зі всього світу такими як RW 21(фінансова німецька група та Дім Wahnfried.

### **Етап С • Запропоновані заходи з фінансовим оглядом на проектну документацію [12]**

Повна зміна чи повернення до активного життя територій перепланування внутрішніх міст у «центральної проектній програмі», а також цільовий перегляд бюджетного капіталу та ситуації може коротко візуалізувати ситуацію з середньостроковими програмами та заходами.

Проекти сильно пов'язані з процесами зміни простору та ревіталізацією, які в основному керуються жорстким бюджетом, повинні мати фінансовий пріоритет в майбутньому визначити основні цілі та як найкраще відтворювати вже відновлений простір.

Крім того, якщо говорити про інвестиційні заходи у найближчі кілька років, то основна концентрація фінансового капіталу мала б вилитись на область перепланування Н так як вона знаходиться ще лише на стадії розробки. З одного боку найсерйозніші зміни можна і потрібно виконувати і втілювати в життя на ранній стадії, а з іншого – слід використовувати весь капітал на протязі всього періоду проекту, який може бути використаний для втілення дизайну садово-паркового салону в майбутньому в цьому районі. У той же час включення в центральну програму та супутнє спрямування на процеси ревіталізації слід досягти шляхом раннього залучення до розробки запропонованої так званої «Зони зустрічі на Річарда-Вагнера-Страсе».

Області перепланування С і G вже відчують значне зміцнення свого центрального значення та потенціалу, як зони постачання в центр Байройта з відбудовою головної Максиміліанштрассе з дуже високими інвестиційними витратами.

Особлива роль у «Програмі зміни простору центральної частини міста» відводиться так званім інвестиційним підготовчим заходам, ревіталізації, підготовці та супроводу процесу оновлення міст із залученням міського суспільства та культурного

прошарку. Тому запропоновані нижче заходи включають не лише інвестиційні заходи для відродження міст, а й використання коштів для неінвестиційних заходів для процесів зміни геопростору та участі суб'єктів внутрішнього міста у процесі управління проектами «Aktives Zentrum Bayreuth» та у зв'язку з іншими конкретними інвестиційними проектами. Районне управління та районний офіс працівників з проектної роботи та консультацій розраховували та розписали бюджет який буде використовуватись для втілення проектних планів як «фінансова база» для місцевих жителів та ініціатив.

Проектний менеджмент (використання інженерного офісу та загальні потреби) – 40 000 тис. євро в рік.

Окружне управління (розробка поза інженерним офісом + витрати на оренду та обслуговування) – 15 000 тис. євро на рік.

Зв'язки з громадкістю – 5 000 тис. Євро в рік (фінансова ставка)

Управління проектами за 2011 рік – 60 000 тис. євро в рік

Ревіталізація за допомогою конкретних пілотних проектів із участю у їх плануванні та реалізації

Якщо розглядати типові проекти із спільним плануванням та їх майбутньою реалізацією (і, якщо це стосується їх подальшої незалежної підтримки чи доглядом) можна розглянути такі приклади втілення проектного плану :

1. Кишенькові парки з варіантами садівництва або без них (рис.4), а при необхідності - тематична орієнтація (покоління саду, культурний, скульптурний або міжкультурний сад тощо);

2. Ліс, що перетинається бетонними блоками утворюючи нове геопросторове утворення.

Утворення так званої зони зустрічей на Ріхардсвагнерштрассе. Удосконалений простір з новими дорожніми знаками, що забезпечить безпеку для людей на завантаженій транспортом вулиці. Варіанти використання закинутого простору, як короткотермінових варіантів тимчасового використання під паркомісця.



Рис. 4 – Приклади використання так званих кишенькових парків з варіантами садівництва в місті Байройт [12]

Ці підходи до процесів ревіталізації ідеально розроблені як процеси розширення можливостей невикористаного міського простору. У той же час вони повинні бути спрямовані на забезпечення ефективного використання коштів з облігацій та проектних фондів, які фінансуються за рахунок державних та приватних фінансів, для проектів з центру громадянського контролю.

Основна вимога громади розпочати процес оновлення та залучення адміністрації до цих проектів. Перший раунд переговорів між владою та суспільством спонукає місто виробити узгоджений підхід, спрямо-

ваний на цільову групу і одночасно погодити фінансовий бюджет та майбутніх бенефіціарів.

Окрім відповідального за процеси містобудування, особливі ролі відводяться місцевим відділам шкіл, молоді, людей похилого віку та розвитку бізнесу (бізнес, маркетинг та, переговори з інвесторами) Саме ці сфери людського і фінансового капіталу мають бути відповідальні за міський маркетинг та туризм. Необхідне залучення довіреної особи з реструктуризації у процесі планування та розробки проектів.

Як вже було зазначено в ISEK міста

Байройт, важливо розвивати та розширювати ці форми міждисциплінарного та міжвідомчого співробітництва та поширювати їх на відповідні альянси та кооперації.

Для якнайшвидшого втілення проекту в життя потрібні досвідчені та віддані партнери по співробітництву, які повинні бути активно залучені до участі та впровадження ідей проекту в життя.

Наступні партнери можуть становити особливий інтерес для міста Байройт з точки зору концепції чи успіху «активного центру» та втілення проекту в життя:

- Верхня Франконія ІНК, «Супровід та фінансова підтримка від початку проекту» - інформація тареклама для програм;

Проект «Активні міські та районні центри» та модельний проект попередника «Життя знаходить внутрішнє місто»;

«Handelsverband Bayern». Роздрібна торгівля, яка хоче виступати як надійний імідж партнер у сфері торгівлі.

Крім того, співробітництво повинно бути налагоджене зі всіма можливими партнерами. Для прикладу:

- з молоддю (можливо, через партнерство зі школами у сфері інтеграції, інтеграції Молодіжного парламенту);
- з університетами для пропаганди студентського життя та життя в центрі міста;
- з радою похилого віку, наприклад, для «садівничих проєктів»;
- з консультативною радою з питань інвалідності або спеціальна Блінден-Верейн Байройтс рада;
- з поліцейською інспекцією, щодо сприйняття безпеки чи безпеки в центрі міста.

Для наочності витрати на цю модель або проекти участі перераховані в контексті з класичними заходами реструктуризації на основі інвестицій. Проект має визначитися зразковою точністю і порядком, щоб інвестиційний кластер міг спокійно вкладати свої фінансові капітали в нього, як майбутню інвестицію.

В 2010-11 роках спеціально до цього проекту було створено семінари з розвитку проблем проекту та планування його майбутнього втілення. На семінарі розглядалися питання зовнішньої підтримки проекту, презентацій планів ревіталізаційних об'єктів та дослідження офіційних документів з експертами в цій галузі заради уник-

нення в майбутньому проблем з податковими інстанціями. Семінар був поділений на 4 раунди в кожному з яких розглядали різні питання:

1 раунд. Основна інформація про процеси зміни простору та об'єкти. Діалог про засвоєння знань про місто Байройт

2 раунд. Процес розробки основного проекту та розробка ідей

3 раунд. Оцінка результатів семінару. Розгляд всіх запропонованих ідей з фіксацією основних результатів та плануванням їх реалізації

4 раунд. Представлення результату в плані розвитку проекту. Перші заходи в розбудові простору міста.

Цей семінар допоміг учасникам та майбутнім інвесторам зрозуміти основні цілі, які ставитлять перед собою автори проекту, що в одночас вдосконалить майбутню роботу з даним проектом.

#### **Проектний фонд [12]**

Важливим та незалежним оборотним інструментом ревіталізації є спільно фінансований проектний фонд. Оскільки «Програма активного центру» зосереджена на поступовій активізації різних місцевих інвесторів, і, таким чином, хоче розвивати відповідні інструменти для спільних дій, у Байройті має бути створений пілотний проєкт на суму 10 000 євро.

Спеціально для того, щоб інвестори могли спокійно вкладати власні гроші було створено асоціацію «Aufschwung Active Downtown», на рахунок якої також надходять пожертви та надходження від різних компаній. Однак конкретний пілотний проєкт фонду є предметом кооперативного процесу, який слід розпочати або реанімувати, і його слід негайно використовувати для посилення власної сили та зміни міського простору для отримання в майбутньому естетичного задоволення від внутрішнього стану міста. На наступні роки передбачається розквіт фонду проекту для центру міста Байройт, що втілиться в подвоєння бюджету з першого року початку робіт над процесами зміни простору. Таким чином проектний фонд який був закладений у 2011 році з загальною сумою 70 000 тис. Євро за рік, зріз до суми 140 000 тис. Євро за рік, що дало змогу втілити додаткові функції проекту в життя.

Запропоновані нижче заходи - припущення про витрати на них, включають як

«класичні» заходи щодо оновлення, так і перепроєктування громадських просторів, а також перші «зразкові проекти» на основі участі в цілому. Однак підходи до інвестицій та капіталізації, безумовно, також можуть бути застосовані до подальших завдань реструктуризації в основному для того, щоб викликати більшу відповідальність користувачів за формування іміджу та підтримку спільно створеного проектного середовища

Реконструкція Maxstraße, Kanzlerstrasse до території Sternplatz – 1 060 000 євро;

Реконструкція Maxstraße з боку вулиці Ehrenhof – 415 000 тис. євро;

Створення фонтану з реконструкцією міської стіни та створенням фое – 350 000 тис. євро;

Переоцінка та реконструкція Ріхардвagnerштрассе – 707 000 тис. євро.

Також часткове фінансування було виділено на відновлення або ревіталізацію таких об'єктів як: районний хол Dammallee, Єврейський культурний центр з парковкою та гаражем, публічного простору на Kanalstraße та оновлення міського каналу Муль.

Наступні пропозиції пропонуються як зразкові проекти на 2020 рік, які орієнтовані на участь таких областей перепланування:

- Планування, реконструкція та обслуговування простору для зустрічей як студентської та житлової зони з іграми та спортивними заходами для молоді та дорослих (область перепланування С);

- Концепції та ідеї щодо тимчасового або повторного використання вакансій нерухомості в області перепланування G (наприклад, у порядку планування);

- Перекласифікація внутрішньої Річарда-Вагнера-Штрассе у розумінні зони зустрічей та подальшого модернізації об'єктів відкритого простору (область перепланування Н)

- Планування, будівництво та обслуговування так званого кишенькового парку разом із зацікавленими або сусідніми жителями (як варіант, в області перепланування С)

Перший і останній, кожен з яких планувався під час проведення семінару, як підготовчий захід для інвестицій або супутні заходи, можливо, навіть зможе фінансува-

тись з фонду проекту, який буде створений (залежно від процесу та фінансового звіту).

Для втілення наступних пропозицій був розрахований такий фінансовий звіт

1 варіант – для початкових завходів 9 000 тис.євро інвестиції + на 2 рік 20 000 тис. євро;

2 варіант – 5 000 тис. євро на всі потреби в загальному;

3 варіант – 10 000 тис. євро на всі потреби в загальному;

4 варіант – 5 000 тис. євро інвестицій + на 2 рік 7 000 тис. євро вкладів.

Крім того, підготовка до наступних консультацій та просування проекту вже повинна бути здійснена в 2019 році. В додатку до перегляду керівних принципів муніципальної фасадної програми проект орієнтовано на реалізацію «оновлення» для активізації власників приватної власності для оновлення та реконструкції фасадів будинків та підготовки проектних пропозицій та настанов щодо фінансування. Основними пропозиціями є

- сприяти покращенню дворів як привабливого життєвого середовища (ключове слово: «будинки в місті» – територія перепланування С);

- створення гастрономічних зон в місті з використання озелення сусідніх будівель використаних під процеси реновації (рис.5).

Також окремо розроблений фінансовий звіт на 2020 роки розвитку проекту

Розподілення фінансів на 2020 рік:

Управління основним проектом – 40 000 тис. євро;

Районний офіс – 15 000 тис.євро (витрати на оренду та обслуговування);

Зв'язки з громадськістю – 5 000 тис.євро;

Фасадні та дворові програми – 10 000 тис.євро;

Фінансове забезпечення області перепланування С – 17 000 тис.євро;

Фінансове забезпечення області перепланування G – 5 000 тис.євро;

Фінансове забезпечення області перепланування Н – 5 000 тис.євро.

- Рекомендація щодо вибору процедури реструктуризації [12].



Рис. 5 – Майбутній проект створення гастрономічних зон з озелененням фасадів будинків [12]

У всіх трьох областях перепланування міста Байройт, і на всій території міського оновлення реабілітація та модернізація населення, а також активізація громадян та мешканців є центром оновлення міст. Подальші заходи з реорганізації є необхідними та запланованими. Також у центрі міста Байройт немає великих коричневих полів, які потребують активізації. Тому не потрібно використовувати комплексний пакет правових інструментів у всеосяжній процедурі, і рекомендується проводити санацію

за спрощеною процедурою, як це вже практикується в районах санації С та G.

Спрощена процедура не застосовує норми щодо стягнення компенсаційних сум та не врахування перепланування доданої вартості земельних ділянок у зв'язку з виправними заходами. Однак, при переплануванні доріг, доріжок та площ, зацікавлених власників земельних ділянок закликають сплачувати внески на забудову відповідно до Будівельного кодексу відповідно до «Статуту для оцінки внеску на розвиток у місті Байройт»[12].

### Висновки

В результаті детального вивчення та дослідження літературних джерел, можна дійти до висновку, що проблема соціального, економічного та екологічного занепаду міських територій вимагає комплексного підходу, а саме прийняття закону про ревіталізацію та розробки відповідної програми. Комплексність ревіталізації пов'язана не лише з широким колом проблем, які вона охоплює, а й особливістю реалізації усієї сукупності проектів. Так, проекти соціального розвитку зазвичай потребують субсидування з державного бюджету, у той час як інфраструктурні проекти, нове будівництво чи реконструкція можуть і повинні відбуватись із залученням приватного капіталу, значним потенціалом фінансування во-

лодіють структурні фонди Європейського союзу, інші міжнародні фінансові установи. На противагу існуючим Угодам розвитку територій варто розробляти програми ревіталізації з чітким визначенням об'єкта, очікуваних результатів дослідження, диверсифікацією джерел фінансування, а також розробкою інвестиційно-будівельної, економічної та соціально-екологічної складових програми. Важливою складовою успіху програми ревіталізації має стати участь громадськості в обговоренні і вирішенні проблем для забезпечення сталого розвитку міст. Вивчення досвіду європейських міст у галузі ревіталізації надасть нового імпульсу багатьох українських міст, що намагаються подолати проблеми занепалих місь-



ких територій, зокрема історичних центральних районів та середмість.

Аналіз в статті реалізованих проєктів у європейських містах дає можливість дійти висновку, що основним ресурсом проблемних районів є їхні мешканці, які беруть участь у трансформації спільного простору і є запорукою сталого розвитку міста та збереження його ідентичності. Метою наших досліджень було вивчення узагальненого і опосередкованого впливу явища ревіталізації на геопростір урбосистем великих міст, як в цілому, так і на окремі компоненти, проаналізувати роль ревіталізації, як екологічного чинника у формуванні нового міста як цілісної системи.

Ревіталізаційні процеси в урбосистемах великих міст є важливими, оскільки завдяки їм ми можемо перетворити нікому непотрібні старі закинуті будівлі на місця для культурного відпочинку або створити нові робочі місця чим сприяємо покращенню якості життєвого середовища у містах. Формування цілісного образу міста та збереження ідентичності усіх його частин є важливим аспектом майбутнього просторового розвитку. Тому на часі є пошук інструментарію для активізації громади, формування ідентичності та підтримання успішного розвитку всіх районів міста зсередини.

### Література

1. Броневицький А. П. Особливості ревіталізації промислових будівель. *ACADEMIC JOURNAL Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*. 2017. Т. 2 (44). С. 65-69. URL: <http://journals.nupp.edu.ua/zn/article/view/147>
2. Савйовський В. В. Броневицький А. П., Какжинерова А. Ревіталізація-екологічна реконструкція міської забудови. *Вісник ПДАБА*. 2014. С.47-52
3. Запотоцький С. Ф. Левицька О. Ф. Ревіталізація промислових об'єктів міста (на прикладі міста Івано-Франківська). *Часопис соціально-економічної географії*. 2016. Вип. 21(2). С.102-106 с.
4. Попова О. А. Основные требования к лофт-жилью и преимущества промышленных зданий в условиях их реорганизации. *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2013. № 4. С.22-26.
5. Назарук М. М. Ревіталізація — як крок до еколого-збалансованого розвитку міста Львова. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2016. Випуск 50. С. 271–276.
6. Програма ревіталізації Львів–Підзамче. 2012–2025. Kraków–Lwów, 2011. 129 с.
7. Рибчинський О. В. Програма та проєктні складові ревіталізації ринкових площ історичних міст України. *Містобудування та територіальне планування*. 2011. С. 381-388.
8. Сич.О.А. Ревіталізація як механізм забезпечення сталого розвитку міст. *Європейські перспективи* 2016. № 1, С.27-30
9. Błaszczyk M., Kłopot S. W., Kozdraś G., Problemy społeczne w przestrzeni miasta. Raport z badań socjologicznych nad mieszkańcami miasta. Wrocławska Diagnoza Problemów Społecznych, Miejski Ośrodek Pomocy Społecznej we Wrocławiu, Wrocław. 2010.
10. Wiener-Gasometer . URL : <http://www.wiener-gasometer.at/> – Title from the screen .
11. Die Wiedergeburt der steinernen Riesen: 2016. URL : <http://www.gasometer-city.eu/umbau.htm> – Title from the screen.
12. Stadtсанierung BayreuthVorbereitende Untersuchungen InnenstadtAufnahme in das Bund-Länder-Städtebauförderungs- programm „Aktive Stadt- und Ortsteilszentren. URL: [https://www.bayreuth.de/wp-content/uploads/2015/06/2010-09-VU-Innenstadt-Bth-Kurzfassg\\_mBildern.pdf](https://www.bayreuth.de/wp-content/uploads/2015/06/2010-09-VU-Innenstadt-Bth-Kurzfassg_mBildern.pdf)

### References

1. Bronevitsky, A. P. (2017). Features of revitalization of industrial buildings. *ACADEMIC JOURNAL Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 2(44), 65-69. Retrieved from <http://journals.nupp.edu.ua/zn/article/view/147> (In Ukrainian).
2. Savyovsky, V. Bronevitskiy A., Karzhinerova A. (2014). Revitalization-ecological reconstruction of urban development. *Bulletin of the PDAB*, (8), .47-52. (In Ukrainian).
3. Zapototsky, S. F., Levitskaya, A. F. (2016). Revitalization of industrial objects of the city (on the example of Ivano-Frankivsk city). *Journal of Socio-Economic Geography*, 21 (2), 102-106. (In Ukrainian).
4. Popova, O. A. (2013). Basic requirements for loft housing and the advantages of industrial buildings in the conditions of their reorganization. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov.*, (4), 22-26. [file:///C:/Users/bazkakovaLV/Downloads/4\\_2013.pdf](file:///C:/Users/bazkakovaLV/Downloads/4_2013.pdf) (In Russian).
5. Nazaruk, M. M. (2016). Revitalization as a step towards ecologically balanced development of the city of Lviv. *Bulletin of Lviv University. The series is geographical*, (50), 271–276. (In Ukrainian).

6. Lviv-Pidzamche Revitalization Program. 2012–2025. (2011). Kraków – Lwów.. (In Ukrainian).
7. Rybchinskiy, O. V. (2011). The program and design components of the revitalization of market areas of historic cities of Ukraine. *Urban planning and territorial planning*, 381-388. (In Ukrainian).
8. Sych, O. A. (2016). Revitalization as a Mechanism for Sustainable Urban Development. *European Perspectives*, (1), 27-30. (In Ukrainian).
9. Błaszczyk M., Kłopot S. W., Kozdraś G. (2010). Problemy społeczne w przestrzeni miasta. Raport z badań socjologicznych nad mieszkańcami miasta. Wrocławska Diagnoza Problemów Społecznych, Miejski Ośrodek Pomocy Społecznej we Wrocławiu, Wrocław.
10. Wiener-Gasometer . Retrieved from <http://www.wiener-gasometer.at>
11. Gasometer (2016). Retrieved from <http://www.gasometer-city.eu/umbau.htm>
12. Stadtanierung Bayreuth Vorbereitende Untersuchungen Innenstadt Aufnahme in das Bund-Länder-Städtebauförderungsprogramm „Aktive Stadt- und Ortsteilszentren. (2010). Retrieved from : [https://www.bayreuth.de/wp-content/uploads/2015/06/2010-09-VU-Innenstadt-Bth-Kurzfassg\\_mBildern.pdf](https://www.bayreuth.de/wp-content/uploads/2015/06/2010-09-VU-Innenstadt-Bth-Kurzfassg_mBildern.pdf)

*Надійшла до редколегії 15.11.2019*

*Прийнята 20.12.2019*

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 504.45

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-04>

**В. Ю. ПРИХОДЬКО**, канд. геогр. наук, доц.

*Одеський державний екологічний університет  
вул. Львовська, 15, м. Одеса, 65016, Україна*

e-mail: [uks26@ua.fm](mailto:uks26@ua.fm)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3854-6693>

### ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ

**Мета.** Аналіз сучасної ситуації із захороненням твердих побутових відходів на основі офіційної статистичної інформації, розробка набору показників-індикаторів та характеристика на їх основі особливостей захоронення відходів на регіональному рівні.

**Методи.** Статистичні методи аналізу інформації, в т.ч. метод багатовимірного статистичного аналізу – кластерний аналіз.

**Результати.** В основу розробки набору індикаторів ситуації із захороненням твердих побутових відходів на національному рівні покладена офіційна статистична інформація щодо утворення і захоронення твердих побутових відходів, а також послуг з вивезення відходів. Аналіз сформованої бази даних по регіонах України дозволив виявити окремі недоліки у первинній інформації та значну варіабельність даних. Перехід від абсолютних до питомих значень показників покладений в основу формування набору показників-індикаторів, що об'єднані у три блоки, які характеризують утворення та захоронення твердих побутових відходів (5 показників), місця захоронення твердих побутових відходів (12 показників) та соціально-економічні показники (3 показники). Для районування території України за ситуацією із захороненням твердих побутових відходів використано метод кластерного аналізу. Розраховані для 24 регіонів України значення індикаторів свідчать про значні регіональні відмінності. На основі вибраних 11 індикаторів проведено районування території України за ситуацією із захороненням твердих побутових відходів з виділенням чотирьох кластерів (нанесених на карту-схему України) та їх узагальнених характеристик.

**Висновки.** Для вирішення завдання міжрегіонального зіставлення і якісного аналізу інформації доцільно перейти від первинних даних щодо утворення і захоронення, а також надання послуг із вивезення твердих побутових відходів до похідних показників – індикаторів. В результаті отримано чотири кластери областей України з узагальненими характеристиками для кожної групи. За результатами кластеризації можна зробити висновок, що найгіршою ситуація є у Київській та Львівській областях. Найкраща ситуація із захороненням твердих побутових відходів (за сукупністю індикаторів) характерна для Волинської, Дніпропетровської, Кіровоградської, Одеської і Чернігівської областей.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** тверді побутові відходи, захоронення, індикатори, районування

**Prykhodko V. Yu.**

*Odessa State Environmental University*

### REGIONAL FEATURES RESEARCH OF MUNICIPAL SOLID WASTE DISPOSAL IN UKRAINE

**Purpose.** Analysis of the current state with municipal solid waste disposal based on official statistical information, development of a set of indicators based on the characteristics of regional waste disposal.

**Methods.** Statistical information analysis methods, including method of multivariate statistical analysis - cluster analysis.

**Results.** The development of a set of waste disposal indicators at the national level is based on official

© Приходько В. Ю., 2019



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

statistical information on solid waste generation and disposal, as well as waste disposal services. The analysis of the developed database by regions of Ukraine revealed some deficiencies in the primary information and considerable variability of the data. The transition from absolute to specific values is the basis for a set of indicators formation combined into three blocks, which characterizing the generation and disposal of municipal solid waste (5 indicators), waste disposal sites (12 indicators) and socio-economic indicators (3 indicators). For the territory of Ukraine zoning by the situation with the municipal solid waste disposal the cluster analysis method were used. Indicators calculated for 24 regions of Ukraine indicate significant data variability. On the basis of 11 indicators, the zoning of the territory of Ukraine was conducted according to the situation with the municipal solid waste disposal with the definition of four clusters (drawing on the map-scheme of Ukraine) and their generalized characteristics.

**Conclusions.** In order to solve the problem of inter-regional comparison and qualitative analysis of information, it is advisable to move from the primary data on generation and disposal, as well as the provision of municipal solid waste removal services to derived means – indicators. As a result, four clusters of Ukraine regions with generalized characteristics for each group were obtained. According to the results of clustering, we can conclude that the worst situation is in Kyiv and Lviv regions. The best situation of municipal solid waste disposal (by a set of indicators) is in Volyn, Dnipropetrovsk, Kirovohrad, Odesa and Chernihiv regions.

**KEY WORDS:** municipal solid waste, waste disposal, indicators, zoning

**Приходько В. Ю.**

*Одесский государственный экологический университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В УКРАИНЕ**

**Цель.** Анализ современной ситуации по захоронению твердых бытовых отходов на основе официальной статистической информации, разработка набора показателей-индикаторов и характеристика на их основе особенностей захоронения отходов на региональном уровне.

**Методы.** Статистические методы анализа информации, в т.ч. метод многомерного статистического анализа – кластерный анализ.

**Результаты.** В основу разработки набора индикаторов ситуации по захоронению твердых бытовых отходов на национальном уровне положена официальная статистическая информация об образовании и захоронении твердых бытовых отходов, а также услуг по вывозу отходов. Анализ сформированной базы данных по регионам Украины позволил выявить отдельные недостатки в первичной информации и значительную вариабельность данных. Переход от абсолютных показателей к удельным значениям положен в основу формирования набора показателей-индикаторов, которые объединены в три блока показателей, описывающие образование и захоронение твердых бытовых отходов (5 показателей), места захоронения твердых бытовых отходов (12 показателей) и социально-экономические показатели (3 показателя). Для районирования территории Украины по ситуации с захоронением твердых бытовых отходов использовали метод кластерного анализа. Рассчитанные для 24 регионов Украины значения индикаторов свидетельствуют о значительных региональных различиях. На основе 11 индикаторов проведено районирование территории Украины по ситуации с захоронением твердых бытовых отходов с выделением четырех кластеров (нанесены на карту-схему Украины) и их обобщенных характеристик. **Выводы.** Для решения задачи межрегионального сопоставления и анализа информации целесообразно перейти от первичных данных об образовании и захоронении, а также о предоставлении услуг по вывозу твердых бытовых отходов к производным показателям – индикаторам. В результате получили четыре кластера областей Украины с обобщенными характеристиками для каждой группы. По результатам кластеризации можно сделать вывод, что наихудшая ситуация отмечается в Киевской и Львовской областях. Наилучшая ситуация с захоронением твердых бытовых отходов (по совокупности индикаторов) характерна для Волынской, Днепропетровской, Кировоградской, Одесской и Черниговской областей.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** твердые бытовые отходы, захоронение, индикаторы, районирование

### **Вступ**

Проблема пошуку найкращих стратегій управління та поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) є однією з актуальних задач сучасного суспільства. Але на сьогодні основним методом поводження з ТПВ є захоронення на полігонах і звалищах. За даними доповіді «What's a waste. 2.0» [1], у всьому світі близько 37%

відходів захороняються на полігонах, 33% розміщено на звалищах, 19% перероблено завдяки рециклінгу і компостуванню, 11 % спалено із застосуванням сучасних технологій. При цьому майже 8% ТПВ захороняється на санітарних полігонах, які забезпечують максимальний захист навколишнього середовища від впливу відходів, 4% – на

контрольованих полігонах та 25% – на полігонах без визначення специфіки умов захоронення. В доповіді вказується, що ступінь застосування основних методів поводження з ТПВ залежить від соціально-економічного розвитку країни. Чим нижчий рівень доходу громадян та ВВП країни, тим більш розповсюджені дешеві технології поводження з ТПВ, а саме захоронення на відкритих звалищах.

Крім широкого поширення і переваги перед іншими методами поводження з ТПВ, негативні екологічні наслідки захоронення будуть посилюватися ще за однієї причини – збільшення кількості відходів, що утворюються. Це пов'язане не тільки з ростом населення планети, а й зі збільшенням питомого відходоутворення. Наприклад, за даними доповіді «What's a waste» 2012 року, у 1992 р. міське населення світу утворювало 0,64 кг/добу на 1 людину або 0,68 млрд. т ТПВ за рік. У 2012 р. ці показники зросли відповідно до 1,2 кг/добу на 1 людину або 1,3 млрд. т ТПВ за рік. Очікується, що у 2025 р. рівень утворення ТПВ міським населенням складе 1,42 кг/добу на 1 людину та 2,2 млрд. т ТПВ за рік. Що стосується України, то авторські підрахунки на основі довідкових даних за період 1926-2018 рр. показали, що питоме утворення ТПВ виросло в 3,5 рази за обсягом і в 1,4 рази за масою (наприклад, у [3]). Очевидно, що зростання обсягів утворення ТПВ та домінування захоронення призводить до збільшення кількості і площі місць захоронення. Так, за період 1998-2018 рр. кількість місць захоронення в Україні зросла у 8,7 разів, за період з 2003-2018 рр. площа зросла в 1,7 рази.

За даними Міністерства розвитку громад та територій України (далі – Мінрегіон), в Україні за 2018 рік (без урахування даних АР Крим та м. Севастополь) утворилось майже 54 млн. м<sup>3</sup> побутових відходів, або понад 9 млн. тонн, 94% з яких захороняються на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею понад 9 тис. га [2]. До цього необхідно додати 26 тис. стихійних звалищ загальною площею біля 0,75 тис. га, виникнення яких, очевидно, пов'язане з відсутністю централізованого вивозу ТПВ (22% населення країни не охоплено послугами із вивезення ТПВ).

Поточна ситуація в сфері ТПВ в Україні може бути охарактеризована наступним чином [3]:

- для більшості населених пунктів, охоплених системою збору та вивезення відходів, характерний валовий збір без поділу на складові, а збір вторинної сировини здійснюється через пункти прийому вторсировини, що здебільшого відносяться до «сірого сектору» поводження з ТПВ (за даними Мінрегіону з 2009 по 2019 рр. кількість населених пунктів, де впроваджене роздільне збирання збільшилася з 53 до 1462, а це фактично 5% населених пунктів України);

- відбувається неухильне збільшення норм накопичення ТПВ під впливом змін у споживанні і рівні соціально-економічного розвитку;

- інформація про кількісні та якісні характеристики потоку відходів відсутня або позбавлена якісного сенсу, інформації про вплив місць об'єктів з видалення ТПВ на НПС також недостатньо;

- основним фактором у виборі методу поводження з ТПВ є вартість: найбільш дешевим способом є захоронення ТПВ, тим більше нелегальне;

- існуючі полігони ТПВ почали свою історію з 80-90-х років ХХ століття і були розраховані на 15-20 років експлуатації. Це означає, що сьогодні такі полігони повинні бути закриті і рекультивовані, проте вони продовжують роботу в умовах значного перевищення ємності й через відсутність альтернативних місць захоронення і способів поводження з ТПВ;

- посилення протиріч в системі «нарколішне середовище - відходи» та криза у вирішенні «смітєвої» проблеми особливо характерна для міських агломерацій, однак вони повинні стати першими об'єктами для переходу на іншу модель системи управління та поводження з ТПВ.

Одним із завдань прийнятої у 2017 р. Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року [4] є збільшення рівня перероблення ТПВ до 15% (у 2023 році) та 50% (у 2030 році) та відмова від великої кількості існуючих сміттєзвалищ і полігонів з одночасним запуском нових регіональних полігонів. Розробка регіональних планів управління відходами передбачає інвентаризацію існуючих полігонів і

звалищ та перехід на регіональні полігони (об'єкти обробки відходів). Решта має бути закрита екологічно безпечним способом. Попри значні реформи у законодавчій сфері, ми вважаємо, що захоронення залишиться основним методом поводження з ТПВ на тривалий період, отже, місця та об'єкти захоронення ТПВ залишатимуться джерелами негативного впливу на довкілля. Все це обумовлює актуальність досліджень сучасного стану захоронення ТПВ та використання земель під місця видалення відходів. Представлене дослідження є логічним про-

довженням попередніх досліджень автора з даної тематики, основні результати яких представлені у роботах [5-10]. Прикладними результатами є районування території Одеської [5, 6] та Вінницької [8] областей за ситуацією з ТПВ, зокрема, використанням земель для захоронення.

Метою даної статті є аналіз сучасної ситуації із захороненням ТПВ на основі офіційної статистичної інформації, розробка набору показників-індикаторів та характеристика на їх основі особливостей захоронення ТПВ на регіональному рівні.

### Результати дослідження

В роботі використані методи статистичного аналізу інформації, в т.ч. метод багатомірного статистичного аналізу – кластерний аналіз. Об'єктом дослідження є захоронення ТПВ в Україні, предмет дослідження – аналіз сучасної ситуації із захоронення ТПВ в регіонах України на основі офіційної статистичної інформації та розробленого набору показників-індикаторів.

Комплексні екологічні дослідження проблеми відходів на національному та регіональному рівнях територіальної організації мають базуватися на моделі формування екологічної ситуації – це може бути PSR-модель і DPSIR-модель [7]. Такі моделі стають основою для розробки набору індикаторів, що дозволяють охарактеризувати систему і її компоненти. Індикатор - це параметр або характеристика, на підставі якої

можна судити про стан або зміну певного явища або процесу вищого рівня. Розробка набору індикаторів ситуації із захороненням ТПВ має ґрунтуватися на принципах універсальності та співставності наявної інформації. Тому вихідними показниками для розробки набору індикаторів мають бути масиви офіційної статистичної інформації, наприклад, дані Мінрегіону або Державної служби статистики. Сформуємо базу даних з ТПВ по регіонах України за даними Мінрегіону. Виділимо три блоки показників (табл. 1).

За наведеним набором показників (табл. 1), нами сформована база даних по регіонах України за 2018 р. [2], яка є вихідною для проведення дослідження. Аналіз цих даних по регіонах України за 2018 р. дозволив виявити деякі проблемні моменти,

Таблиця 1

Набір вихідної інформації про утворення та захоронення ТПВ в Україні

Блок 1 «Дані про утворення та захоронення ТПВ»	Блок 2 «Дані про місця захоронення ТПВ»	Блок 3 «Дані про послуги з вивезення та захоронення ТПВ»
1.1 Обсяги збирання ТПВ (м <sup>3</sup> , т); 1.2 Обсяги захоронення: всього і за поточний рік (м <sup>3</sup> , т); 1.3 Норма надання послуг з вивезення ТПВ.	2.1 Загальна кількість місць захоронення; 2.2 Загальна площа місць захоронення; 2.3 Перевантажені полігони (2.3.1 – кількість; 2.3.2 – площа) 2.4 Полігони, які не відповідають нормам екологічної безпеки: (2.4.1 – кількість, 2.4.2 – площа); 2.5 Потреба у нових полігонах (2.5.1 – кількість, 2.5.2 – площа); 2.6 Закриті звалища (2.6.1 – кількість, 2.6.2 – площа); 2.7 Несанкціоновані звалища (2.7.1 – кількість, 2.7.2 – площа; 2.7.3 – обсяги захоронених відходів).	3.1 Охоплення населення послугами з вивезення ТПВ, %; 3.2 Середній затверджений тариф на поводження з відходами (грн./м <sup>3</sup> ); 3.3 Середній затверджений тариф на захоронення ТПВ ((грн./м <sup>3</sup> ).

які ускладнюють подальше використання інформації:

- для Житомирської, Одеської та Чернівецької областей вказана маса зібраних відходів, очевидно, є на порядок меншою, ніж фактично (за перевірочним розрахунком щільності ТПВ). До того ж, вказано, що в Одеській області зібрано 152439,31 т ТПВ у 2018 р., тоді як є офіційні дані щодо 922000 т ТПВ у 2016 р., що у 6 разів більше. За даними проекту Регіонального плану управління відходами у Вінницькій області маса ТПВ за 2018 р. склала 472251 т, а за даними Мінрегіону – 239079,07 т, що майже в 2 рази менше;

- при порівнянні даних за 2013 та 2018 рр. з'ясувалося, що для Миколаївської та Черкаської областей дані щодо кількості і площі полігонів і сміттєзвалищ не змінилися, показник площі не змінився у Вінницькій та Тернопільській областях.

- у Вінницькій, Волинській, Рівненській, Херсонській, Хмельницькій та Чернівецькій областях відсутні полігони, що не відповідають нормам екологічної безпеки. Навпаки, у Львівській області таких полігонів 100%. Можливо, це пов'язане з невизначеністю терміну «полігони, що не відповідають нормам екологічної безпеки».

Наведені окремі факти свідчать про певні проблеми використання офіційної інформації для аналізу ситуації з утворенням і захороненням ТПВ.

Однак наведені у табл. 1 показники – це основні дані, на основі яких можна сформулювати набори індикаторів. Для цього слід перейти до питомих або похідних показників, які дозволять отримати нову характеристику ситуації та провести міжрегіональні порівняння. При формуванні наведеного нижче набору індикаторів скористалися результатами попередніх досліджень [6, 9, 10].

Блок індикаторів утворення та захоронення ТПВ: а) частка захоронених у поточному році відходів у загальному обсязі (масі) захоронених відходів; б) питома збирання ТПВ ( $m^3$  або в т на 1 людину); в) питома захоронення ТПВ ( $m^3$  або в т на 1 людину); г) модуль навантаження ТПВ – маса захоронених ТПВ на  $1 km^2$  площі, у т.ч. на несанкціонованих звалищах; д) питома захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах.

Блок індикаторів місць захоронення ТПВ: а) частка площі регіону, зайнята міс-

цями захоронення ТПВ; б) питома кількість місць захоронення на 100 тис. населення; в) середня площа одного полігону; г) частка полігонів, що не відповідають нормам (перевантажені, не паспортизовані тощо); д) відносна кількість несанкціонованих звалищ; е) відносна площа несанкціонованих звалищ до площі місць захоронення (у %); є) динаміка зміни загальної площі місць захоронення; ж) динаміка зміни загальної кількості місць захоронення.

Блок соціально-економічних показників захоронення ТПВ: а) охоплення населення послугами зі збирання ТПВ; б) середній тариф на захоронення; в) питома вага тарифу на захоронення у загальному тарифі на поводження з ТПВ для населення.

Розрахуємо наведені вище індикатори за даними Мінрегіону за 2018 рік [1] для регіонів України (табл. 2-4). При розрахунках показників для Донецької і Луганської областей враховувати площі цих областей за винятком тимчасово окупованих територій. Дані національного рівня – це середнє або сумарне значення для всій території України.

На основі аналізу отриманих значень індикаторів зробимо деякі узагальнення. Частка захоронених у 2018 р. ТПВ у загальному обсязі захоронених відходів в середньому склала 3,62%, змінюючись від 0,66% (Львівська область) до 48,85% (Одеська область) (табл. 2). Очевидно, що це індикатор, який показує наповненість даних. Припускаємо, що великі значення для Одеської області пов'язані з недообліком захоронення ТПВ за попередні роки. Середнє для України значення індикатора показує, що накопичення існуючого обсягу ТПВ відбувалося протягом щонайменше 28 років.

На основі розрахунків питомих збирання ТПВ визначили, що в середньому в Україні на 1 людину припадає  $1,28 m^3$  або 0,17 т зібраних ТПВ, що нижче, наприклад, річної норми утворення ТПВ за ДБН Б.2.2-12-2018 – 0,3-0,35 т/люд. або 1,8-2,5  $m^3$ /люд. (навіть при врахуванні того факту, що це розраховано за обсягом ТПВ від 78% населення).

Окремо розглянемо такий похідний показник, як питома захоронення ТПВ – кількість ТПВ ( $m^3$ , т), що захоронена на 1 га території сміттєзвалищ та полігонів. Обчислені значення представимо у вигляді гістограм (рис. 1 а і б). Зазначимо, що у випадку

Таблиця 2

Результати розрахунку індикаторів утворення та захоронення ТПВ

Значення показників	Частка захоронених у 2018 році відходів у загальному обсязі захоронених відходів, %	Питоме збирання ТПВ		Питоме захоронення ТПВ		Модуль навантаження ТПВ, т/км <sup>2</sup>		Питоме захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах, тис. м <sup>3</sup> /га
		м <sup>3</sup> /люд	т/люд	м <sup>3</sup> /люд	т/люд	всього	за 2018	
Максимальне	48,85 (Одеська обл.)	2,56 (Одеська обл.)	0,33 (Тернопіл. обл.)	228,861 (Львівська обл.)	25,69 (Київська обл.)	1614,34 (Донецька обл.)	48,36 (Донецька обл.)	9,965 (Львівська обл.)
Мінімальне	0,66 (Львівська обл.)	0,29 (Луганська обл.)	0,14 (Дніпропетр. обл.)	5,244 (Одеська обл.)	1,078 (Чернівецька обл.)	17,425 (Сумська обл.)	3,161 (Чернівецька обл.)	0,058 (Кіровоград. обл.)
Національний рівень	3,62	1,28	0,17	32,742	5,395	406,406	17,982	0,671

Таблиця 3

Результати розрахунку індикаторів місць захоронення ТПВ

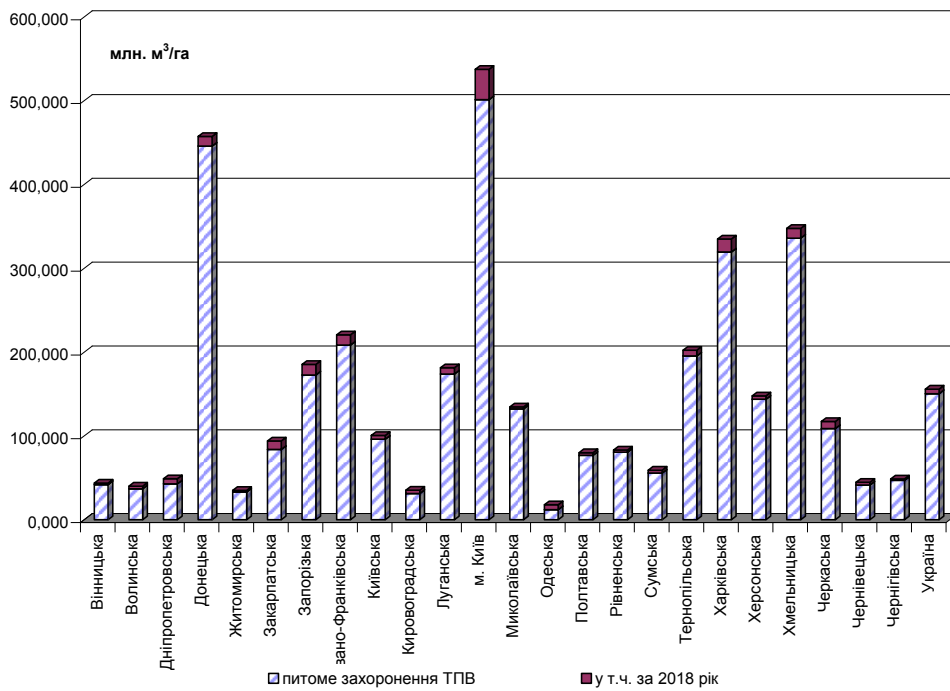
Значення показників	Частка площі регіону, зайнята місцями захоронення ТПВ, %	Питома кількість місць захоронення, шт./100 тис. населення	Середня площа одного полігону, га	Частка полігонів, що не відповідають нормам, %		Несанкціоновані сміттєзвалища		Динаміка 2013-2018 рр.	
				Перевантажені	Не відповідають нормам екологічної безпеки	Відносна кількість	Відносна площа, %	Кількість	Площа
Максимальне	0,0287 (Дніпропетровська обл.)	66 (Чернігівська обл.)	7,78 (Львівська обл.)	55 (Львівська обл.)	100 (Львівська обл.)	69,59 (Київська обл.)	60 (Київська обл.)	-651 (Львівська обл.)	-505,43 (Львівська обл.)
Мінімальне	0,0055 (Івано-Франківська обл.)	1 (Донецька, Івано-Франківська, Луганська, Львівська обл.)	0,79 (Волинська обл.)	0 (Луганська обл.)	0 (Вінницька, Волинська, Рівненська, Херсонська, Хмельницька та Чернівецька обл.)	0,56 (Чернівецька обл.)	0,52 (Вінницька обл.)	457 (Волинська обл.)	312 (Волинська обл.)
Національний рівень	0,0164	14	1,50	4,2	16,1	4,36	8,14	-434	-840,26

Таблиця 4

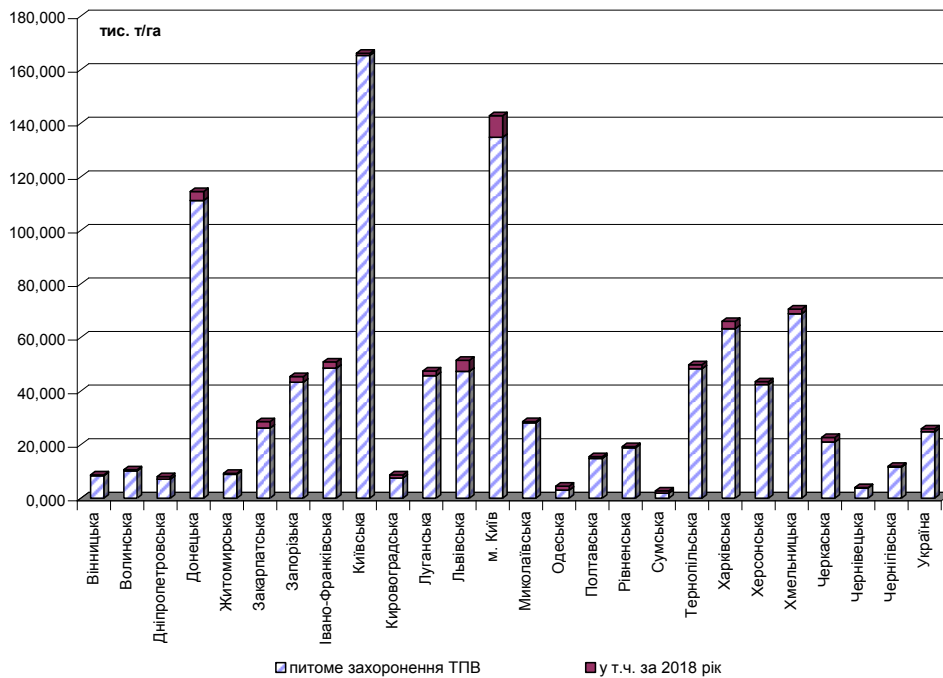
Результати розрахунку соціально-економічних показників захоронення ТПВ

Значення показників	Охоплення населення послугами зі збирання ТПВ, %	Середній тариф на захоронення, грн./м <sup>3</sup>	Питома вага тарифу на захоронення у загальному тарифі на поводження з ТПВ для населення, %
Максимальне	95 (Миколаївська обл.)	61,28 (Харківська обл.)	79 (Харківська обл.)
Мінімальне	61 (Волинська обл.)	6,54 (Чернівецька обл.)	8,7 (Чернівецька обл.)
Національний рівень	77,71	21,19	24,3





а



б

Рис. 2 – Питоме захоронення ТПВ по регіонах України (дані за 2018 р.).

побудови гістограми (а) не вказана Львівська область, оскільки отримані значення значно перевищують середні показники по Україні і не дають змоги наглядно зобразити зміни показників для решти регіонів України.

Як бачимо, регіони України характеризуються різними значеннями питомого захоронення ТПВ. Коефіцієнт варіації питомого захоронення ТПВ за об'ємом склав 0,393, за масою – 0,935, що свідчить про значну неоднорідність вибірок даних. В се-

редньому, 3% від загального об'єму захованих ТПВ припадає на 2018 рік, 4% – у випадку маси ТПВ.

Найбільше значення модулю навантаження ТПВ характерне для Донецької області – 1614,34 т/км<sup>2</sup> – та Київської області – 1575,52 т/км<sup>2</sup>. Ці значення перевищують середнє по Україні у 3,8-4,0 рази. Якщо проаналізувати значення модулю навантаження ТПВ за 2018 р., то лідерами є Донецька (48,36 т/км<sup>2</sup>) та Одеська (45,76 т/км<sup>2</sup>) області, що перевищує середнє значення в 2,5-2,7 рази.

Питома кількість місць захоронення нерівномірно розподілена по регіонах України (коефіцієнт кореляції склав 0,90), що може свідчити про недооблік в окремих регіонах. За показником середньої площі одного полігону ТПВ лідерами є Київська і Львівська області з перевищенням майже у 2 рази середньої величини площі полігону в Україні.

При визначенні часток полігонів, які не відповідають нормам екологічної безпеки або перевантажені, очевидно, має місце недооблік, можливо, пов'язаний з відсутністю чіткого визначення «перевантажений полігон» та «полігон, що не відповідає нормам екологічної безпеки».

Відносна кількість несанкціонованих сміттєзвалищ склала 4,36, тобто їх кількість на 2018 р. перевищує у 4,36 рази загальну кількість звалищ і полігонів в Україні. Найбільше перевищення – майже у 70 разів – спостерігалось у Київській області. Найменше співвідношення між несанкціонованими сміттєзвалищами та «офіційними» склало 0,56 у Чернівецькій області – тобто їх менше, ніж «офіційних», майже у 2 рази. Ще у двох регіонах – Полтавській та Житомирській області кількість несанкціонованих сміттєзвалищ була нижчою за загальну кількість сміттєзвалищ і полігонів (значення показника <1).

В середньому по Україні відносна площа несанкціонованих сміттєзвалищ склала 8,14% від загальної площі «офіційних» місць захоронення. Найбільш «суттєвою» по відношенню до загальної площі місць захоронення є площа несанкціонованих сміттєзвалищ у Київській області (60%), найменше співвідношення між цими категоріями місць захоронення характерне для Вінницької області – 0,52%.

Динаміка зміни кількості і площі розглянута для п'ятирічного періоду 2013-2018 рр. (без урахування даних для АР Крим). За цей період кількість полігонів та сміттєзвалищ в Україні скоротилася на 434 одиниці, причому найбільше у Львівській області – на 651. За період 2013-2018 рр. кількість місць захоронення збільшилася у Волинській (найбільше – 457), Запорізькій, Кіровоградській, Одеській, Полтавській, Рівненській областях. Загальна площа місць захоронення ТПВ за період 2013-2018 рр. скоротилася на 840 га, найбільше у Львівській області – на 505 га. Є регіони, де площа місць захоронення збільшилася – Волинська (найбільше значення - 312 га), Дніпропетровська, Кіровоградська, Одеська, Полтавська, Рівненська, Хмельницька, Чернігівська. За період 2013-2018 рр. не змінилися дані для Черкаської та Миколаївської областей, що свідчить про проблему даних.

*Районування території України за ситуацією із захороненням ТПВ.* Для вирішення завдання районування території України за набором показників, що описують ситуацію із захороненням ТПВ, на основі об'єднання областей у характерні групи, нами використаний метод багатомірного статистичного аналізу – кластерний аналіз. Попередні результати досліджень, присвячених районуванню територій Одеської та Вінницької областей за ситуацією із ТПВ, представлені у роботах [5, 6, 8, 9].

В якості змінних для районування території України з використанням кластерного аналізу з набору індикаторів (табл. 2-4) нами вибрані такі:

- питома захоронення ТПВ, т/люд.;
- модуль навантаження ТПВ, т/км<sup>2</sup>;
- питома захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах, тис. м<sup>3</sup>/га;
- частка площі регіону, зайнята місцями захоронення ТПВ, %;
- питома кількість місць захоронення, од. на 100 тис. населення;
- частка перевантажених полігонів, %;
- динаміка зміни кількості полігонів за 2013-2018 рр.;
- охоплення населення послугами зі збирання ТПВ, %;
- середній тариф на захоронення, грн./м<sup>3</sup>;

Реалізація алгоритму виконана з використанням пакету прикладних програм

Statistica 7.0. Метод кластеризації – k-середніх. При обробці масиву даних була використана заміна відсутніх даних середніми значеннями. Задана кількість кластерів – 4. При такій заданій кількості кластерів спостерігаються найкращі результати

об'єднання у групи зі значущою різницею між отриманими кластерами за показниками, що використані у якості змінних.

Характеристики отриманих кластерів представлені у табл.5.

**Таблиця 5**  
**Результати кластеризації регіонів України за показниками, що описують захоронення ТПВ (2018 р.)**

Характеристика	Кластер			
	1	2	3	4
Склад кластеру	Вінницька Донецька Миколаївська Полтавська Рівненська Чернівецька	Закарпатська Запорізька Івано- Франківська Луганська Сумська Тернопільська Харківська Херсонська Хмельницька Черкаська	Волинська Дніпропетровська Кіровоградська Одеська Чернігівська	Київська Львівська
Середні значення показників				
Питоме захоронення ТПВ, т/люд.	6,2375	4,3072	3,8774	13,9945
Модуль навантаження ТПВ, т/км <sup>2</sup>	538,3403	294,029	181,5158	956,4015
Питоме захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах, тис. М <sup>3</sup> /га	0,869	0,521	0,256	5,262
Частка площі регіону, зайнята місцями захоронення ТПВ, %	0,0223	0,0075	0,0245	0,0083
Питома кількість місць захоронення, од. На 100 тис. Населення	28,8	4,9	38	1,5
Частка перевантажених полігонів, %	1,7	11,1	3,66	43,7
Динаміка зміни кількості полігонів за 2013-2018 рр.	30,33	-65	144,2	-501
Охоплення населення послугами зі збирання ТПВ, %	83,88	76,905	65,2	89,5
Середній тариф на захоронення, грн./м <sup>3</sup>	15,728	33,238	26,53	39,095

Найгірша ситуація із захороненням ТПВ характерна для 4-ї групи – Львівська і Київська області. Тут спостерігаються найвищі значення питомого захоронення ТПВ, в т.ч. і на несанкціонованих звалищах. Значення модулю техногенного навантаження також найвище серед груп. Також для цієї групи характерний найвищий відсоток тери-

торії, зайнятий місцями захоронення ТПВ. Хоча питома кількість місць захоронення є найнижчою серед груп, це свідчить про те, що місця захоронення є доволі крупними об'єктами (необхідно згадати, що для цих областей характерні найбільші значення середньої площі одного полігону). До того ж, в цій групі спостерігається найвищий від-

соток перевантажених полігонів. За рахунок найбільшого серед регіонів України зменшення кількості полігонів у Львівській області за період 2013-2018 рр., група виділяється значною динамікою скорочення кількості місць захоронення. Але необхідно з'ясувати причини такого значного скорочення кількості місць захоронення, які, можливо, пов'язані із обліком. Група також характеризується найбільшим охопленням населення послугами з вивезення ТПВ та тарифом на захоронення.

Розглянемо третю групу областей – Волинська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Одеська і Чернігівська. Ця група характеризується найнижчими значеннями питомого захоронення ТПВ, в т.ч. і на несанкціонованих звалищах, а також модулю навантаження ТПВ. Проте тут найвища питома кількість місць захоронення та динаміка зміни кількості місць захоронення за 2013-2018 рр. Хоча за значенням показника частки регіону, зайнятої місцями захоронення, можна зробити висновок, що ці об'єкти порівняно невеликі за площею (за показником середньої площі одного полігону – на рівні національних значень). Перевантажених полігонів небагато (3,7%). Для групи характерний найнижчий відсоток охоплення населення послугами з вивезення ТПВ.

Найбільша група за кількістю областей – 2, охоплює Закарпатську, Запорізьку,

Івано-Франківську, Луганську, Сумську, Тернопільську, Харківську, Херсонську, Хмельницьку та Черкаську області. Група характеризується порівняно невисокими значеннями питомого захоронення ТПВ а також модулю навантаження ТПВ. Для групи характерна найнижча частка площі, зайнята місцями захоронення, до того ж, питома кількість цих місць є невисокою, а динаміка зміни кількості місць захоронення за період 2013-2018 рр. є від'ємною. Охоплення населення послугами з вивезення ТПВ є середнім по Україні – 77%. Тариф на захоронення доволі високий – 33,24 грн./м<sup>3</sup>.

Перша група, що охоплює Вінницьку, Донецьку, Миколаївську, Полтавську, Рівненську та Чернівецьку області, обіймає другу ступень за такими показниками, як питома кількість місць захоронення ТПВ, в т.ч. і на несанкціонованих звалищах, значення модулю техногенного навантаження, частка площі регіону, зайнята місцями захоронення та питома кількість місць захоронення. Але частка перевантажених полігонів найменша серед розглядуваних груп. Тариф на захоронення також найнижчий. Динаміка зміни кількості місць захоронення за період 2013-2018 рр. позитивна, охоплення населення послугами з вивезення ТПВ вище за середнє по Україні.

Результати районування представлені на карті-схемі (рис. 3).

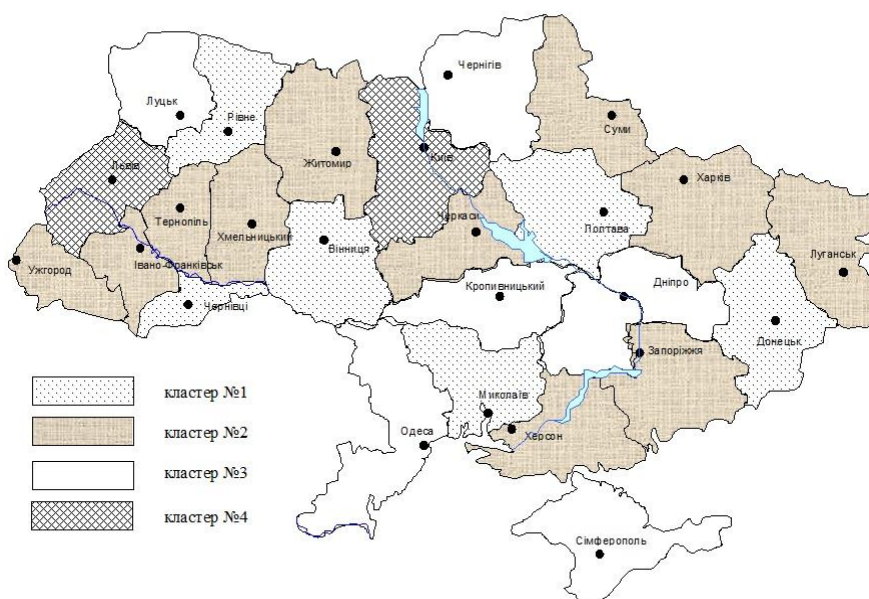


Рис. 3 – Районування території України за ситуацією із захороненням ТПВ (на основі даних за 2018 р.).

## Висновки

На основі первинних даних щодо утворення і захоронення, а також надання послуг із вивезення ТПВ доцільно перейти до похідних показників – індикаторів, які дозволяють зробити міжрегіональні зіставлення та найбільш повно інтерпретувати первинні дані. Нами сформовані блоки показників, що описують утворення та захоронення ТПВ (5 показників), місця захоронення ТПВ (12 показників) та соціально-економічні показники (3 показники). Проаналізувавши отриману базу первинних даних щодо показників утворення і захоронення ТПВ по регіонах України, дійшли висновку про їх значну. Виявили, що є окремі недоліки у первинній інформації, що ускладнює її використання. На основі розрахованих показників-індикаторів виявлені

деякі особливості ситуації із захороненням ТПВ. Можна відмітити, що для переважної більшості показників зберігається така тенденція: найбільші за площею регіони характеризуються найвищими значеннями індикаторів. Для районування території України за ситуацією із захороненням ТПВ використали метод кластерного аналізу. В результаті отримали чотири кластери областей України з узагальненими характеристиками для кожної групи. За результатами кластеризації можна зробити висновок, що найгіршою ситуація є у кластері 4 – Київська та Львівська області. Найкраща ситуація із захороненням ТПВ (за сукупністю показників) характерна для 3 групи (Волинська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Одеська і Чернігівська області).

## Література

1. Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata and Frank Van Woerden What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. WBG, 2018. 295 p.
2. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2018 рік. URL: <http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2018-rik/> (дата звернення 20.11.2019)
3. Приходько В. Ю. Анализ и перспективы проблемы твердых бытовых отходов . *Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды*: материалы IV междунар. научно-практ. конф. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. 2018. С.129-133.
4. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року (схвалено розпорядженням КМУ від 08.11.2017 р. за № 820-р). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80> (дата звернення 27.10.2019 р.).
5. Сафранов Т. А., Приходько В. Ю., Шаніна Т. П. Проблема розміщення відходів на звалищах та полігонах Одеської області. *Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2016. Вип. 14. С. 83-90.
6. Приходько В. Ю. Особливості застосування методу зважених балів для районування території за використанням земель для видалення твердих побутових відходів (на прикладі Одеської області). *Фізична географія та геоморфологія*. 2016. № 3(83). С. 71-76
7. Приходько В. Ю. Комплексные экологические исследования проблемы отходов на региональном уровне. *Географические аспекты устойчивого развития регионов* : материалы II междунар. научно-практ. конф., Гомель, 23-24 марта 2017 г. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. С. 102-106.
8. Приходько В. Ю., Просянюк І. О. Особливості використання земель для захоронення твердих побутових відходів у Вінницькій області. *Вестник Гидрометцентра Чёрного и Азовского морей*. 2017. № 1 (20). С. 154-161.
9. Приходько В. Ю. Характеристика ситуации с твердыми бытовыми отходами на основе эколого-географического анализа. *География в современном мире: вековой прогресс и новые приоритеты* : материалы междунар. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Санкт-Петербург. 2018. С.516-519
10. Приходько В. Ю., Осинівська В. Я. Обґрунтування набору показників для характеристики ситуації з твердими побутовими відходами на регіональному рівні. *Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції*: наук. праці національного наукового круглого столу та II Всеукраїнської науково-практичної конференції (Харків, 26 квітня 2019 р.). С. 64-68.

### References

1. Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata and Frank Van Woerden. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. WBG.
2. The state of municipal solid waste management in Ukraine by 2018. (2019). Retrieved from <http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2018-rik/> (In Ukrainian).
3. Prykhodko, V. Ju. (2018). The analysis and prospects of municipal solid waste problem. *Transboundary cooperation in the field of environmental safety and environmental protection, IVth International scientific and practical conference, Gomel*, 129-133. (In Russian).
4. The national Strategy of waste management in Ukraine by 2030. (2017). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80> (In Ukrainian).
5. Safranov, T. A., Prykhodko, V. Yu., Shanina, T. P. (2016). The waste deployment of the rubbish dumps and polygons in Odessa oblast. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv national university series "Ecology"*, 14, 83-90. (In Ukrainian).
6. Prykhodko, V. Yu. (2016). Features of applying the method of weighted scores for zoning by land use for municipal solid waste removal (on the example of Odessa region). *Physical geography and geomorphology*, 3(83), 71-76. (In Ukrainian).
7. Prykhodko, V. Yu. (2017). The complex environmental researches of waste problem at regional level. *Geographical Aspects of Sustainable Development of Regions, II International Scientific and Practical Conference, Gomel*, 102-106. (In Russian).
8. Prykhodko, V. Yu., Prosyanyuk, I. O. (2017). Special features of land use for municipal solid waste disposal in Vinnytsia oblast. *Bulletin of Hydrometeorological Center of the Black and Azov Seas*, 1(20), 154-161. (In Ukrainian).
9. Prykhodko, V. Yu. (2018). The characteristic of municipal solid waste situation based on environment-geographical analysis. *Geography in the modern world: century-old progress and new priorities, international scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists*, 516-519. (In Ukrainian).
10. Prykhodko, V. Yu., Osinovska V. Ya. (2019). The development a set of indicators for characteristics the situation of municipal solid waste disposal. *Environmental Security: Current Issues and Proposals: national scientific round table and II All-Ukrainian scientific-practical conference*, 64-68. (In Ukrainian).

*Надійшла до редколегії 17.10.2019*

*Прийнята 20.12.2019*

УДК 614.8.084

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-05>

Е. Д. СЛЕПУЖНИКОВ<sup>1</sup>, канд. тех. наук, Р. А. ПЕТУХОВ<sup>1</sup>,  
Р. В. ПОНОМАРЕНКО<sup>1</sup>, канд. тех. наук, с.н.с., Ю. В. БУЦ<sup>2</sup>, канд. геогр. наук, доц.

<sup>1</sup>Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков, Украина  
ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, 61023, Украина,

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, Украина  
площадь Свободы 4, г. Харьков, 61022, Украина,

e-mail: [slepuzhnikov@nuczu.edu.ua](mailto:slepuzhnikov@nuczu.edu.ua)  
[ruslan.petuxov@gmail.com](mailto:ruslan.petuxov@gmail.com)  
[prv@nuczu.edu.ua](mailto:prv@nuczu.edu.ua)  
[butsyura@ukr.net](mailto:butsyura@ukr.net)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5449-3512>  
.....<https://orcid.org/0000-0002-0414-2546>  
<https://orcid.org/0000-0002-6300-3108>  
<https://orcid.org/0000-0003-0450-2617>

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ МЕТОД ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

**Цель.** Разработка метода локализации чрезвычайных ситуаций, связанных с утечкой летучих токсичных жидкостей в почву, путем использования пен с регулируемым временем твердения.

**Методы.** Метод изоляции поверхности пролитой токсичной жидкости воздушно-механической пеной.

**Результаты.** Представлены результаты разработки метода локализации чрезвычайных ситуаций, связанных с утечкой летучих токсичных жидкостей в почву, путем использования пен с регулируемым временем твердения. Новый научный результат заключается в использовании процессов гелеобразования, для получения изолирующего средства с заданным временем твердения. Установлено, что наиболее эффективными средствами, которые уменьшают скорость перехода токсичных жидкостей в газовую фазу, являются такие, которые обеспечивают изоляцию поверхности жидкости. Предложено использовать пены с регулируемым временем твердения. Экспериментально определены времена гелеобразования для двух гелеобразующих систем ( $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ ). На основе полученных данных выбраны концентрации гелеобразователя и катализатора гелеобразования с временем гелеобразования в интервале времени 30-60 с.

**Выводы.** Разработанные системы позволяют достичь длительного процесса изоляции при меньшем удельном расходе компонентов. Использование предложенных компонентов в почвах является экологически безопасным процессом.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** почва, пена быстрого твердения, токсичная жидкость, гелеобразования, абсорбирующее вещество, катализатор, пенообразователь

<sup>1</sup>Slepuzhnikov E. D., <sup>1</sup>Petukhov R. A., <sup>1</sup>Ponomarenko R. V., <sup>2</sup>Buts Y. V.

<sup>1</sup>National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkov, Ukraine

<sup>2</sup>V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkov, Ukraine

## ENVIRONMENTALLY SAFE METHOD OF LOCALIZATION OF SOIL POLLUTION IN EMERGENCY SITUATIONS OF TECHNOGENIC NATURE

**Purpose.** Development a method for the localization of emergencies associated with the leakage of volatile toxic liquids, by using the foams with adjustable curing time.

**Methods.** Surface insulation method of the spilled toxic liquid by using the air-mechanical foam.

**Results.** The results of the development a method for the localization of emergencies associated with the leakage of volatile toxic liquids, by using the foams with adjustable curing time are presented. The new scientific

© Слепужников Е. Д., Петухов Р. А., Пономаренко Р. В., Буц Ю. В., 2019



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

result consists in the use of gelation processes, to obtain an insulating agent with a specified time of curing. It has been established that the most effective means that reduce the rate of transition of toxic liquids to the gas phase are those that ensure the liquid surface isolation. It is proposed to use foam with the time of cure that can be adjusted. Experimentally determined gel times for two gel forming systems ( $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$  and  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ ). On the basis of the data obtained, the concentrations of the gel formulation and the gelation catalyst with the gel time were selected in the interval of 30-60 s.

**Conclusions.** The developed systems allow to achieve a long process of isolation at a lower specific consumption of components. It is shown that the use of the proposed components in the soil is an environmentally safe process.

**KEYWORDS:** soil, hardening foam, toxic liquid, gelation, absorbent, catalyst, foaming agent

<sup>1</sup>Слепужников Є. Д., <sup>1</sup>Петухов Р. А., <sup>1</sup>Пономаренко Р. В., <sup>2</sup>Буц Ю. В.

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

<sup>2</sup>Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

### ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ МЕТОД ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАСЛІДКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

**Мета.** Розробити метод локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з витоком летючих токсичних рідин, шляхом використання піни з регульованим часом тверднення.

**Методи.** Метод ізоляції поверхні пролітої токсичної рідини повітряно-механічною піною.

**Результати.** Представлені результати розробки методів локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з витоком летючих токсичних рідин, шляхом використання піни з часом тверднення, що можливо регулювати. Новий науковий результат полягає у використанні процесів гелеутворення, для отримання ізолюючого засобу з заданим часом твердіння. Встановлено, що найбільш ефективними засобами, які зменшують швидкість переходу токсичних рідин в газову фазу є такі, які забезпечують ізоляцію поверхні рідини. Запропоновано використовувати піни з регульованим часом тверднення. Експериментально визначені часи гелеутворення для двох гелеутворюючих систем ( $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ ). На основі отриманих даних обрані концентрації гелеутворювача та каталізатора гелеутворення з часами гелеутворення в інтервалі часу 30-60 с.

**Висновки.** Розроблені системи дозволяють досягнути тривалого процесу ізоляції при меншій питомій витраті компонентів. Використання запропонованих компонентів у ґрунтах є екологічно безпечним процесом.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ґрунт, піна швидкого тверднення, токсична рідина, гелеутворення, абсорбуюча речовина, каталізатор, піноутворювач

### Введение

Украина является страной с развитой химической промышленностью. Большинство предприятий химической, целлюлозно-бумажной, нефтехимической, оборонной промышленности являются химически опасными объектами (ХОО). Большие объемы опасных химических веществ (ОХВ) находятся на предприятиях черной и цветной металлургии, на объектах пищевой, мясомолочной промышленности, холодильниках продовольственных баз, жилищно-коммунальном хозяйстве. Производство, транспортировка и хранение ОХВ строго регламентировано специальными правилами техники безопасности и контроля. Несмотря на это, при крупных промышленных авариях, катастрофах, пожарах и стихийных бедствиях, могут возникать разрушения производственных зданий, складов, емкостей, технологических линий, трубопроводов и др. В результате значительные количества ОХВ могут попадать в

окружающую среду: на поверхность почвы, в атмосферу и распространяться по территории населенных пунктов, что может быть причиной массовых отравлений работников производств и населения.

Основным поражающим фактором при чрезвычайных ситуациях (ЧС) с попаданием опасных химических веществ в окружающую среду является ингаляционное влияние на людей и животных высоких концентраций паров таких веществ. За небольшим количеством исключений опасные концентрации паров химически опасных веществ могут создавать жидкие вещества. В случае с утечкой ОХВ в жидком агрегатном состоянии первоочередной задачей является предотвращение распространения опасного химического вещества в пространстве, в частности, в почвах. Аварийно-спасательные подразделения Украины и мира неоднократно успешно ликвидировали чрезвычайные ситуа-



ции подобного характера. При этом важной и актуальной проблемой является повышение эффективности локализации ЧС с разливом токсичных жидкостей.

При локализации источника заражения, основной задачей является предотвращение формирования облака зараженного воздуха и недопущения его распространения в атмосфере. Этого можно достичь путем уменьшения скорости его испарения или поглощения паров различными абсорбентами в почве [1]. В большинстве случаев в качестве абсорбентов паров жидкости используют воду. Этот метод реализуется постановкой водяных завес. При отсутствии эффективных абсорбентов можно использовать метод рассеивания парового облака с помощью тепловых потоков или дымососов [2]. В последнем случае общее количество паров токсичной жидкости не уменьшается, а они только разбавляются воздухом.

Уменьшить скорость испарения жидкости можно рядом способов. Можно уменьшить площадь испарения токсичной жидкости путем обвалования пролива, сбора жидкой фазы в приемки-ловушки, засыпки пролива сыпучими сорбентами [3]. Также используются методы покрытия зеркала пролива полимерной пленкой, разведение пролива водой или нейтрализующим раствором, а также введением в жидкую фазу загустителей [4].

Наиболее широкое распространение получил метод изоляции поверхности пролитой токсичной жидкости воздушно-механической пеной. Главными проблемами, с которыми приходится сталкиваться оперативно-спасательными подразделениями при локализации проливов токсичных жидкостей в почву является малое время действия изолирующих средств (пен) и большие расходы абсорбирующих веществ, а также относительно быстрое разрушение пены в результате воздействия на нее различных факторов [5].

Для устранения перечисленных недостатков воздушно-механических пен было предложено использовать гелеобразующие составы (ГОС) [6]. Гелеобразный слой может выполнять не только огнетушащую функцию, но и обеспечивать изоляцию поверхности токсичных жидкостей [7]. Эту способность гелеоподобных слоев было предложено использовать для тушения горючих жидкостей [8]. При этом для обеспечения плавучести слоя геля в жидкостях было предложено использовать легкий негорючий носитель – гранулированное пеностекло.

Предыдущие исследования показали, что бинарный слой пеностекло-гель остается стабильным на поверхности бензина в течение нескольких суток.

Этот способ снижения испарения имеет свои недостатки. Во-первых, для образования бинарного слоя нужно три отдельные системы подачи для гранулированного пеностекла, гелеобразователя и катализатора гелеобразования. Вторым недостатком такой системы является необходимость нанесения сплошного слоя геля на гранулы пеностекла. А сплошной слой образуется при толщине не менее 6 мм, что соответствует удельному расходу компонентов ГОС  $\sim 0,6 \text{ г/см}^2$ . Такой удельный поверхностный расход гораздо больше, чем при использовании воздушно-механических пен.

Еще одним из способов решения проблемы изоляции поверхности жидкости предложен в работе [9]. Эта работа является новейшей разработкой ученых ООО «НПО» и «СОПОТ». Средство представляет собой водонаполненную композицию, на основе которой из жидкого компонента А в результате смешивания с компонентом Б и воздухом образуется гелеобразная вспененная субстанция (твердеющая пена), которая имеет повышенную огнестойкость. Но так как данная разработка ориентирована на пожаротушение, вопрос изоляции от испарения остается открытым. Другим недостатком такого средства изоляции является использование токсичных и агрессивных химических веществ (уксусная и хлороводородная кислоты). Еще одним из предложенных компонентов, который в случае его использования приводит к выделению газообразного аммиака, является аммония хлорид. Во время смешивания компонентов системы по данным авторов образуется композиция, водородный показатель (рН) которой 10,9-11,5. При таких значениях рН растворы солей аммония выделяют токсичный газ – аммиак. Еще одним из недостатков такой разработки является отсутствие оптимизации состава пенообразующей системы.

Анализ литературы позволяет констатировать, что наиболее рационально в качестве изолирующей системы выбрать пены со временем затвердения, которое возможно регулировать. Для этого предлагается совместить процессы гелеобразования (потери текучести) и пенообразование. Предыдущие попытки провести эти процессы одновременно не дали положительных результатов [10]. Все ранее выбранные ГОС теряли текучесть в очень короткое время, а выделение газа в результате

газообразующей реакции разрушало гель. В предыдущих опытах установлено, что в случае если гелеобразование заканчивается после образования пены, жидкая пена постепенно теряет текучесть [11]. Но такой путь требует установки состава ГОС с таким временем гелеобразования, которое обеспечивает проведение процессов смешивания компонентов, вспенивание жидкости и подачу пены до начала потери композицией текучести. За такое время было принято 30 с. Верхней границей времени гелеобразования избрано 1 минуту. За это время пена не успевает существенно разрушиться.

Таким образом, нерешенной частью проблемы является разработка изолирующего средства, который обеспечил бы длительный процесс изоляции поверхности токсичной жидкости.

Для образования твердой пены из жидких компонентов можно использовать два подхода. В первом используют один раствор, который затвердевает со временем. Этот метод можно реализовать с помощью тиксотропных систем [12].

Для этого готовят тиксотропную композицию с добавлением пенообразователя. Переводят ее в текучее состояние путем интенсив-

ного перемешивания и дальше вспенивают. Через некоторое время композиция теряет текучесть и образуется твердая пена. Но такие твердые пены имеют большую плотность, а тиксотропная композиция в текучем состоянии имеет высокую вязкость. Эти два фактора делают такой подход неприемлемым для целей получения изолирующих покрытий [13].

Второй подход заключается в смешивании нескольких веществ с получением самоотвердеющей смеси, которую до достижения стадии затвердевания вспенивают. В литературе известно большое количество исследований получения низко кратных пен быстрого твердения на основе жидкого стекла и цемента [14]. Однако эти системы были предложены для получения пенобетона, газобетона и литейных форм. Но плотность таких систем не обеспечивает им плавучесть в большинстве жидкостей. Поэтому их невозможно использовать для изоляции токсичных жидкостей.

Но последний подход можно реализовать таким образом, чтобы получить твердую пену с низкой плотностью и выбрать выходные растворы с небольшой вязкостью. Практически это было реализовано в работе [9].

## Материалы

По соображениям, что гелеобразование с регулируемым временем потери текучести, обеспечивают кислотные компоненты, были выбраны кислые соли в отличии от системы, предложенной в работе [9]. В качестве одного из катализаторов гелеобразования избрано широко распространенное вещество, которое используется в качестве азотного удобрения – хлорид аммония ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Водный раствор этой соли имеет  $\text{pH} = 4,4-4,7$ , что делает ее мало агрессивной. Другим катализатором гелеобразования избрано также широко распростра-

ненное вещество – сульфат аммония ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ). Это вещество нетоксично и широкодоступно. В качестве гелеобразователя выбрано жидкое стекло, которое представляет собой полисиликат натрия с силикатным модулем 2,5 ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ ). Последнее вещество относится к III классу опасности.

Во всех случаях использованы вещества, приобретенные в торговой сети и соответствующие классификации по чистоте «Чистый», кроме жидкого стекла, которое соответствует классификации «Технический».

## Результаты и обсуждение

В связи с тем, что потеря текучести системой происходит благодаря гелеобразованию, в качестве количественной характеристики времени потери текучести системой примем время гелеобразования. Для определения времени гелеобразования проведем эксперимент по определению времени гелеобразования при смешивании компонентов ГОС. На время гелеобразования влияет температура, которая во всех опытах составляла  $(20 \pm 2) \text{C}^\circ$ .

В предыдущих опытах установлено, что для обеих систем ( $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ ) гелеобразование не происходит при концентрациях катализатора гелеобразования и гелеобразователя менее 5% и 6%, соответственно. В качестве наибольших концентраций катализаторов гелеобразования выбраны концентрации близкие к максимально возможным (насыщенные

растворы). Для гелеобразователя максимальной концентрацией избрана 23% концентрация. Растворы с большей концентрацией имели чрезмерно высокие вязкости.

Исходные растворы катализаторов гелеобразования готовились весовым методом, путем растворения сухих твердых веществ в воде. Кроме того концентрации их контролировались по плотности растворов, которую определяли с помощью ареометра. Растворы жидкого стекла готовились разбавлением водой исходного концентрата с концентрацией 35%. Массовое содержание  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$  ( $\omega_1$ ) в системе после смешивания рассчитывалось по формуле:

$$\omega_1 = \frac{V_1 \cdot \rho_1 \cdot \omega_1^0}{V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2}$$

где  $\omega_1$  – массовое содержание  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$  в концентрате;  
 $V_1, V_2$  – объем концентрата и воды;

$\rho_1, \rho_2$  – плотность концентрата и воды.

Концентрации  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$  также контролировались по плотности растворов. Для определения времени гелеобразования сливались по 5 мл растворов гелеобразователя и катализатора гелеобразования в пластмассовый стаканчик. После этого проводилось перемешивание растворов и визуальное наблюдение за потерей текучести путем наклона стаканчиков. Каждый эксперимент проводился 3 раза, после чего рассчитывались средние значения, приведенные в таблицах 1 и 2.

Для дальнейшего исследования потери текучести твердеющими пенами отобраны системы, для которых время гелеобразования находилось в интервале (30 – 60) с.

Для определения времени потери текучести пенами сливались по 50 мл растворов гелеобразователя и катализатора гелеобразования. В каждый раствор добавлено концент-

Таблица 1

Время гелеобразования (в секундах) в системе  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$

Мас% $\text{NH}_4\text{Cl}$	Мас % $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ .					
	2	3	4	5	6	7
7	-	+	+	+	+	+
6	-	18	15	11	9	+
5	-	48*	40*	32*	29	23
4	-	106	95	89	82	75

+ быстрое образование геля,

- время гелеобразования более 5 минут,

\* - выбраны для дальнейшего исследования системы.

Таблица 2

Время гелеобразования (в секундах) в системе  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$

Мас% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Мас.% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 2,5\text{SiO}_2$ .					
	2	3	4	5	6	7
6	-	-	-	-	-	-
7	-	76	68	61*	52*	45*
8	-	47*	39*	32*	28	+
9	-	32*	25	20	17	+
10	-	25	16	+	+	+
11	-	18	+	+	+	+
12	-	14	+	+	+	+

- время гелеобразования более 10 минут,

\* - выбраны для дальнейшего исследования системы.

рат пенообразователя «Морской» в таком количестве, чтобы его массовое содержание в системе составляло 6%. Сливание происходило в пластиковой емкости объемом 1 л с широкой горловиной. Далее растворы перемешивали

в течение 5 с, после чего вспенивались путем интенсивного встряхивания в течение 10 с. Образованная пена выливалась на ровную пластиковую пластину, которая находилась в горизонтальном положении. После этого про-

водилось визуальное наблюдение за потерей текучести пены путем наклона пластиковой пластины на угол  $\sim 45^\circ$  (Рис.).

В случае потери текучести не наблюдалось деформирования пены. Потеря текучести фиксировалась с момента слива компонентов ГОС. Важной для практики характеристикой твердых пен является время их существования.

Процесс локализации чрезвычайных ситуаций, связанных с разливом токсичных летучих веществ, может составлять часы, а в некоторых случаях и несколько суток. Соответствующие результаты приведены в таблице 3.

Для установления времени существования пен исследовано поведение твердых пен во времени.



Рис. – Фиксация потери текучести пеной

Таблица 3

Время затвердения пен (в секундах) для гелеобразующих систем  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5 \text{SiO}_2$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$

Мас% $\text{NH}_4\text{Cl}$	Мас % $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$				
	3	4	5	6	7
5	50	42	35	30	24
Мас% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$					
	7	80	70	61	52
	8	49	40	34	30

Для этого пены, которые было получено в результате опытов по определению времени потери текучести, оставили на 5 суток в помещении лаборатории. Также дополнительно были проведены опыты с нанесением таких пен толщиной 2, 5 и 10 см на горизонтальные пластиковые поверхности.

Визуальные наблюдения проводились через 2, 4 и 6 часов, и потом через 1, 2, 3, 4 и 5 суток. Установлено, что пены постепенно разрушаются. Скорость разрушения для пен, полученных с помощью различных ГОС, мало отличаются. Первые признаки разрушения пен наблюдаются для пен с толщиной слоя 2 см через 6 часов. Такие слои пены разрушаются на глубину 1 см через 1 сутки. Через 2 суток такой слой пены полностью рассыпается на мелкие частицы, за счет высыхания.

Первые признаки разрушения слоев твердых пен толщиной 5 см наблюдаются че-

рез сутки. Через 2 суток такие слои пены разрушаются на глубину (2-3) см. Через 3 суток наблюдается растрескивание и потеря целостности слоя пены. Через 6 суток наблюдается почти полное рассыпание слоя пены, в нижней части слоя остаются небольшие фрагменты структуры пенного слоя.

Для слоев пены толщиной 10 см через 2 суток наблюдается частичное рассыпание верхнего слоя пены на глубину  $\sim 1$  см. Постепенное высыхание геля из которого сложены стенки пенных ячеек приводит к постепенному разрушению верхнего слоя твердой пены, которое через 6 суток достигает глубины 6-7 см при этом нижний слой пены остается сплошным.

Анализ результатов по установлению времени гелеобразования для ГОС  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5 \text{SiO}_2$  та  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$  и потери текучести пен, полученных с помощью исследуемых ГОС (табл.1, 2 и 3) позволяет сде-

лать вывод, что использование выбранных систем приводит к получению твердых пен с заданным временем затвердения. Это указывает на возможность использования таких пен для целей локализации чрезвычайных ситуаций, связанных с разливом летучих токсичных жидкостей, в качестве изолирующего средства при минимальном воздействии на почвенный покров.

Экспериментально установлено, что время гелеобразования для выбранных систем близко ко времени потери текучести пен. Это указывает на то, что добавление пенообразователя мало влияет на процесс гелеобразования. Зависимость времени гелеобразования от концентраций компонентов ГОС имеет сложный характер. Это подтверждает сложный механизм процесса гелеобразования. Этот процесс состоит из двух основных стадий.

Первая стадия это образование золя кремниевой кислоты. Вторая стадия - соединение мицелл золя к большим агрегатам. На каждую стадию по-разному влияют концентрация компонентов раствора и водородный показатель (рН) раствора. В то же время рН раствора зависит в первую очередь не от концентраций компонентов ГОС, а от соотношения количества

щелочного компонента ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5 \text{SiO}_2$ ) и кислотного компонента ( $\text{NH}_4\text{Cl}$  или  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ). Это приводит к тому, что теоретически сложно выбрать концентрации компонентов ГОС, которые обеспечат нужное время гелеобразования. А это вызывает потребность в экспериментальном подборе этих концентраций.

Тот факт, что время существования твердых пен почти не зависит от состава ГОС можно объяснить тем, что разрушение пен происходит за счет их высыхания. Для исследованных систем твердый каркас геля состоит из одного вещества – кремнегеля, а большую часть дисперсионной среды составляет вода. Наличие в дисперсионной среде других ионов в небольшой концентрации слабо влияет на испарение воды из такой системы.

Исследование времени существования твердых пен указывает на то, что его можно регулировать от нескольких часов до нескольких суток изменяя толщины слоя. Такой временной интервал удовлетворяет требования для экологически безопасного процесса локализации чрезвычайных ситуаций связанных с разливом летучих токсичных жидкостей.

## Выводы

Разработаны гелеобразующие системы с заданным временем потери текучести. Установлено, что наиболее эффективными средствами, которые уменьшают скорость перехода токсичных жидкостей в газовую фазу есть такие, которые обеспечивают изоляцию поверхности жидкости на поверхности почв. С целью изоляции поверхности токсичных жидкостей с почвенного слоя от испарения предложено использовать пены быстрого затвердения. Для обеспечения процесса твердения предложено использовать процесс гелеобразования. На основе исследования процесса образования и затвердения пен подобрано две системы  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5 \text{SiO}_2$  та  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ , которые обеспечивают время твердения пен от 30 с до 60 с. Установлено, что для получения процесса затвердения пены необходимо использовать вещества в определенных массовых процентах. Экспериментально установлено, что время гелеобразования для избранных систем близко ко времени потери текучести пен. Это указывает на то, что

добавление пенообразователя мало влияет на процесс гелеобразования.

Экспериментально исследовано время существования пен быстрого твердения. Исследовано поведение пены быстрого твердения во времени. Определены конкретные временные показатели существования пены для различной толщины слоя. Установлено, что время существования таких пен можно изменять от нескольких часов до нескольких суток изменяя толщины слоя. А значит, установлена зависимость между толщиной слоя пены и временем ее существования. Показано, что быстротвердеющие пены по нескольким характеристикам преобладают над воздушно-механическими пенами, на что указывают данные, полученные в ходе эксперимента. Таким образом, пены с регулируемым временем твердения, по времени потери текучести и времени существования соответствуют требованиям экологически безопасного процесса локализации чрезвычайных ситуаций техногенного характера, связанных с разливом летучих токсичных жидкостей в почву.

### Литература

1. Пожаротушение и аварийно-спасательные работы: справочник. / Под общ. ред. О. А. Назарова, Н. Н. Кулешова. Харьков: АЦЗУ, 2006. 376 с.
2. Грек А. М., Сакун О. В., Григорьев О. М. Аварии на радиационно, химически и биологически опасных объектах: справочник. Харьков: ФВП НТУ «ХПИ», 2012. 172 с.
3. Слепужніков Є.Д., Тарахно О.В., Пономаренко Р.В., Буц Ю.В. Удосконалення контролю відбору проб рідких, газоподібних та сипучих речовин при дослідженні техногенного впливу на довкілля. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2018. № 30. . С. 148–157.
4. Бариев Э. Р. Чрезвычайные ситуации с химически опасными веществами. Минск; ИВЦ Минфина, 2008. 256 с.
5. Zasady organizacji dekontaminacji w warunkach szaczenia srodkami CBRN w przypadku zdarzen masowych podczas Swiatowych Dni Mlodziezy / PSPRP Polska. Warszawa, 2016. 20 s.
6. Киреев А. А. Экспериментальное исследование влияния характеристик гелеобразного слоя на его изолирующие свойства по отношению к парам органических жидкостей. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2017. №26. С.43–48.
7. Абрамов Ю. А., Киреев А. А. Гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные средства повышенной эффективности применительно к пожарам класса А. Харьков: НУГЗУ, 2015. 254 с.
8. Дадашов И. Ф., Киреев А. А. Повышение эффективности тушения горючих жидкостей в резервуарах путем использования гелеобразующих средств. *Proceedings of Azerbaijan statemarine academy*. 2016. №2. С.72–76.
9. Вспененный гель кремнезема, применение вспененного геля кремнезема в качестве огнетушащего средства и золь-гель способ его получения: пат. 2590379 Российская Федерация. №2015110625/05; заявл. 26.03.2015; опубл. 10.07.2016, Бюл. №19.
10. Киреев А. А., Колонов А. Н. Пути повышения эффективности пенного пожаротушения. *Проблеми пожарной безопасности*. 2008. №24. С.50–53.
11. Киреев А. А., Колонов А. Н. Исследование пенообразования в пенообразующих системах. *Проблеми пожарной безопасности*. 2009. №25. С.59–64.
12. Mewis J. Thixotropy. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2009. P. 214–227.
13. Galla S., Stefanicky B., Majlingova A. Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the fire-sorb® gel and water. *Conference Proceedings of 17th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference*. 2017, P. 439–446.
14. Молочкина Д. И. Жидкая самотвердеющая смесь: пат.837551 СССР. №837551; заявл. 12.04.1979; опубл. 15.06.1981, Бюл. №22.

### References

1. Nazarov, O. A., Kuleshov, N. N. (Eds.) (2006). Fire fighting and rescue operations: a guide. Kharkov: ATSZU. (In Russian).
2. Grek, A. M., Sakun, O. V., Grigorov, O. M. (2006). Accidents at radiation, chemically and biologically hazardous objects: a reference book. Kharkov: FVP NTU "KhPI". (In Russian).
3. Slepuzhnikov, E. D., Tarakhno, O. V., Ponomarenko, R. V., Buts, Y. V. (2018). Improving the control of sampling of liquid, gaseous and bulk substances in the study of man-made environmental impact. *Man and the environment. Issues of neoeology*. (30), 148–157. (In Ukrainian).
4. Bariev, E. R. (2008). Emergencies with chemically hazardous substances. Minsk: IVC Minfina. (In Russian).
5. Zasady organizacji dekontaminacji w warunkach szaczenia srodkami CBRN w przypadku zdarzen masowych podczas Swiatowych Dni Mlodziezy (2016). PSPRP Polska. Warszawa. 20.
6. Kireev, A. A. (2017). An experimental study of the influence of the characteristics of a gel-like layer on its insulating properties with respect to vapors of organic liquids. *Problems of suprasubic situations*, (26), 43–48. (In Russian).
7. Abramov, Yu. A., Kireev, A. A. (2015). Gelling extinguishing and fire-retardant means of increased efficiency in relation to class A fires. Kharkov: NUGZU. (In Russian).
8. Dadashov, I. F., Kireev, A. A. (2016). Increasing the efficiency of extinguishing combustible liquids in tanks by using gelling agents. *Proceedings of Azerbaijan statemarine academy*, (2), 72–76. (In Russian).
9. Foamed silica gel, the use of foamed silica gel as a fire extinguishing agent and sol-gel method for its preparation. (2015). US Pat. 2590379 Russian Federation. No. 20151010625/05. (In Russian).
10. Kireev, A. A., Kolenov, A. N. (2008). Ways to increase the efficiency of foam fire fighting. *Fire safety issues*, (24), 50–53. (In Russian).

11. Kireev, A. A., Kolenov, A. N. (2009). The study of foaming in foaming systems. *Fire safety issues*, (25), 59–64. (In Russian).
12. Mewis, J. (2009). Thixotropy. *Advances in Colloid and Interface Science*, V. 147–148, March–June, 214–227.
13. Galla, S., Stefanicky, B., Majlingova A. (2017). Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the firesorb® gel and water, *17th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference*, 439–446.
14. Molochkina, D. I. Liquid self-hardening mixture. Pat.837551 SSSR №837551. (In Russian).

Надійшла до редколегії 03.10.2019

Прийнята 20.12.2019

## БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 574.64:574.2

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-06>

А. Н. КРАЙНЮКОВА<sup>1</sup>, д-р биол. наук, проф.  
А. Н. КРАЙНЮКОВ<sup>2</sup>, д-р геогр. наук, доц., И. А. КРИВИЦКАЯ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИУ «Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем»  
ул. Бакулина, 6, 61166, Харьков, Украина

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,  
площадь Свободы, 6, г. Харьков, 61022

e-mail: [biotest.niepkharkiv@meta.ua](mailto:biotest.niepkharkiv@meta.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1005-8850>  
[alkraynukov@gmail.com](mailto:alkraynukov@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-5264-3118>  
[ivkrivitska@gmail.com](mailto:ivkrivitska@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-4727-794X>

### ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВРЕМЕНИ КОНТАКТА ТОКСИКАНТА С КУЛЬТУРОЙ ВОДОРΟΣЛИ

**Актуальность.** Интенсивность фотосинтеза является самым распространенным тестом на токсичность при использовании водорослей в качестве тест-объектов. Все методы определения фотосинтеза основаны на измерении скорости выделения кислорода или поглощения углекислого газа в среде инкубирования до и после определенной экспозиции культуры водорослей на свету.

**Цель.** Определение пороговых для данного метода концентраций токсичных веществ и изучение зависимости типа доза-величина токсического эффекта.

**Методы.** Биотестирование с помощью микроводорослей.

**Результаты.** Биотестирование токсичности методом оценки фотосинтетической активности водорослей возможно только для сточных вод, обладающих острой токсичностью. Прямая зависимость между величиной токсического эффекта и длительностью контакта водорослей с токсикантами наблюдается примерно в течение часа. Дальнейшее увеличение времени контакта почти не повышает токсический эффект.

**Выводы.** Увеличивая время контакта водорослей с токсикантами, можно в значительной мере повысить чувствительность метода и, возможно, использовать его для оценки слаботоксичных сточных вод. Однако, для окончательных выводов о пределах чувствительности метода, а, следовательно, и области его применения необходимы дополнительные исследования.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** биотестирование, водоросли, чувствительность, токсиканты, токсический эффект

*Krainiukova A. M.*

*Research Institution «Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems»*

*Krainiukov O. M., Kryvytska I. A.*

*V. N. Karazin Kharkiv National University*

### STUDYING THE DEPENDENCE OF THE TOXIC EFFECT ON THE TIME OF THE TOXICANT'S CONTACT WITH THE ALGAE CULTURE

**Relevance.** The intensity of photosynthesis is the most common toxicity test when using algae as test objects. All methods for determining photosynthesis are based on measuring the rate of oxygen evolution or absorption of carbon dioxide in an incubation medium before and after a certain exposure of algae culture to light.

**Purpose.** Determination of threshold concentrations of toxic substances for this method and study of the dependence of the type of dose-value of the toxic effect.

**Methods.** Biotesting with the help of microalgae.

© Крайнюкова А. Н., Крайнюков А. Н., Кривицкая И. А., 2019



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



**Results.** Toxicity bioassay by evaluating the photosynthetic activity of algae is possible only for wastewater with acute toxicity. A direct dependency between the magnitude of the toxic effect and the duration of contact of algae with toxicants is observed for about an hour. A further increase in the contact time almost does not increase the toxic effect.

**Conclusions.** By increasing the contact time of algae with toxicants, it is possible to significantly increase the sensitivity of the method and, possibly, use it to evaluate low-toxic wastewater. However, for the final conclusions about the limits of sensitivity of the method, and, therefore, about the scope of its application, additional studies are needed.

**KEYWORDS:** bioassay, algae, sensitivity, toxicants, toxic effect

*Крайнюкова А. М.*

*Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»*

*Крайнюков О. М., Кривицька І. А.*

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*

## **ВИВЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТОКСИЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЧАСУ КОНТАКТУ ТОКСИКАНТІВ З КУЛЬТУРОЮ ВОДРОСТІ**

**Актуальність.** Інтенсивність фотосинтезу є найпоширенішим тестом на токсичність при використанні водоростей в якості тест-об'єктів. Всі методи визначення фотосинтезу засновані на вимірі швидкості виділення кисню або поглинання вуглекислого газу в середовищі інкубації до і після певної експозиції культури водоростей на світлі.

**Мета.** Визначення порогових для даного методу концентрацій токсичних речовин і вивчення залежності типу доза-величина токсичного ефекту.

**Методи.** Біотестування за допомогою мікроводоростей.

**Результати.** Біотестування токсичності методом оцінки фотосинтетичної активності водоростей можливо тільки для стічних вод, що володіють гострою токсичністю. Пряма залежність між величиною токсичного ефекту і тривалістю контакту водоростей з токсикантами спостерігається приблизно протягом години. Подальше збільшення часу контакту майже не підвищує токсичний ефект.

**Висновки.** Збільшуючи час контакту водоростей з токсикантами, можна значною мірою підвищити чутливість методу і, можливо, використовувати його для оцінки слабботоксичних стічних вод. Однак, для остаточних висновків про межі чутливості методу, а, отже, і про область його застосування необхідні додаткові дослідження.

**Ключові слова:** біотестування, водорості, чутливість, токсиканти, токсичний ефект

## **Введение**

Негативные последствия загрязнения водной среды возникают в результате воздействия различных веществ на биоту, в том числе на фотосинтезирующие организмы, являющиеся основными продуцентами органического вещества в водоемах и участвующие в процессах их самоочищения. Нарушение их жизнедеятельности может изменить функционирование всей экосистемы. Поэтому для мониторинга состояния окружающей среды в условиях антропогенного воздействия актуальна разработка новых и совершенствование уже существующих методов биоиндикации и биотестирования именно с использованием растительных организмов. Качество воды в открытых водоемах определяется по органолептическим, гидрохимическим и биологическим показателям. Разнообразные физико-химические методы позволяют с высокой степенью точности оценивать качественный и количественный гидрохимический

состав воды. Но с помощью этих методов невозможно охарактеризовать реальные последствия загрязнения для гидробионтов. Кроме того, химические соединения, попадая в водную среду, трансформируются под влиянием различных абиотических факторов, в основном физических (осаждение, адсорбция, улетучивание) и химических (диссоциация, гидролиз, комплексообразование, окислительно-восстановительные реакции). Большое значение в трансформации веществ имеет биологический фактор, связанный с жизнедеятельностью гидробионтов, поэтому не всегда можно предугадать, в какой форме вещество воздействует на живые организмы [1].

**Анализ результатов последних исследований.** Для наиболее адекватной оценки токсичности водной среды для гидробионтов применяют метод биотестирования, позволяющий определить с помощью тест-объектов опасность исследуемого фак-

тора для жизнедеятельности биосистем [2,3]. Правильный выбор организмов для целей биотестирования является одной из важнейших прикладных задач водной токсикологии. Биологический объект, выбираемый в качестве тест-организма, должен удовлетворять ряду критериев, в том числе должен быть доступным, экономичным и простым для выполнения процедур биотестирования [4]. Основным требованием к тест-организму являются его чувствительность и представительность.

Одной из главных характеристик методик биотестирования является чувствительность организмов, используемых в качестве тест-объектов, на присутствие в среде их обитания химических веществ токсического действия. Понятие чувствительности организмов имеет два аспекта - качественный и количественный. В качественном отношении чувствительность означает способность функций организма отвечать на воздействие химических веществ. В количественном отношении чаще чувствительность используется для сопоставления реактивности различных организмов, функций и процессов на вредные воздействия. Один организм считается более чувствительным, чем другой, если нарушение его функций происходит раньше, при меньших концентрациях или выраженность таких нарушений проявляется раньше [5,6].

Незаменимыми тест-объектами в любой системе биотестирования являются микроводоросли, которые обладают коротким жизненным циклом и поэтому позволяют за небольшой срок проследить воздействие токсических веществ в ряду поколений и оценить отдаленные последствия интоксикации. Преимуществом микроводорослей при решении проблем контроля качества водной среды является также возможность изучения действия токсикантов как на клеточном, так и на популяционном уровне [7]. Несмотря на то, что методики определения токсичности для микроводорослей стандартизированы, существуют большие межвидовые различия в чувствительности по отношению к одному и тому же веществу [8]. Поэтому для наиболее точного определения опасности загрязнения окружающей среды необходимо проводить оценку токсичности с использованием большого набора тест-организмов.

Микроводоросли давно служат объектами исследования при изучении и моделировании разнообразных процессов, для решения прикладных и фундаментальных задач. Понятие «микроводоросли» включает в себя как одноклеточные формы, так и многоклеточные (например, сине-зеленые нитчатые, или цианобактерии - *Oscillatoria*, *Anabaena*). Изучение одноклеточных водорослей более предпочтительно, поскольку они сочетают в себе свойства отдельных клеток, но реагируют на внешнюю среду как самостоятельный организм [9]. Микроводоросли служат удобным модельным объектом для изучения механизмов дыхания и фотосинтеза, подбора условий для максимальной продуктивности в работе фотосинтетического аппарата, что также играет важную роль в разработке эффективных систем по получению биотоплива [10]. Исследования проводят на альгологически чистых культурах, применение которых, впервые опробованное известным голландским бактериологом Бейеринком, а в настоящее время практикуется повсеместно в лабораториях всего мира. Высокое содержание большого количества различных веществ (аминокислот, макро- и микроэлементов, пигментов, масел и др.) в клетках микроводорослей делает их ценным ресурсом для решения целого ряда медико-биологических, фармацевтических и химических производств. Роль микроводорослей в биотехнологии связана в первую очередь с разработкой процессов направленного биосинтеза, с помощью которых возможно регулирование образования микроводорослями тех или иных веществ. Клетки микроводорослей богаты маслами, что делает их перспективным сырьем для получения биотоплива. Более того, биотопливо, получаемое из водорослей, отличается высокой степенью биodeградации, нетоксично и не содержит серы. В настоящее время ведется большое количество генно-инженерных исследований по изучению возможностей модификации генома микроводорослей с целью эффективного получения биотоплива. Широкое применение микроводорослей в сфере охраны окружающей среды обусловлено возможностью проследить воздействие неблагоприятного фактора на популяцию в целом на протяжении многих поколений и выявить отдаленные последствия [11]. Исследования чувствительности

микроводорослей к 16 различным воздействиям требуют поиска видов-индикаторов загрязнения и видов, способных к быстрому поглощению, инактивации и утилизации загрязняющих веществ в водоемах (биоремедиации). Водоросли, обладающие высо-

кой чувствительностью даже к низким концентрациям тяжелых металлов, как, например, *Chlamydomonas renhardtii*, хорошо подходят на роль биосенсора при загрязнении воды, однако слишком чувствительны для целей биоремедиации.

### Методика исследований

Определение качества воды с помощью микроводорослей в обязательном порядке входит в процедуру биотестирования во всех странах мира. Микроводоросли также являются неотъемлемым звеном при разработке стандартов качества воды. Культуры микроводорослей применяют и для диагностики состояния почв, где с их помощью проводят определение степени плодородия (обеспеченность почвы питательными веществами и микроэлементами) либо токсичность почвы, если имеет место какое-либо загрязнение. Состояние почвы оценивают по реакции водорослей, непосредственно в ней обитающих, на добавление различных удобрений или же с помощью тест-культур водорослей [12]. Обладая сходной с высшими растениями физиологией, водоросли проявляют сходные с ними реакции на изменение условий среды, что особенно ценно для объективной оценки почвы как хозяйственного ресурса. В последнее время, в связи со значительным увеличением электромагнитного фона Земли, микроводоросли все чаще выступают тест-объектами при исследовании влияния электромагнитного излучения на гидробиоты и качество среды их обитания [13]. Восприимчивость организма к различным воздействиям изменяется в процессе его онтогенеза и зависит от стадии развития и физиологического состояния. Есть данные,

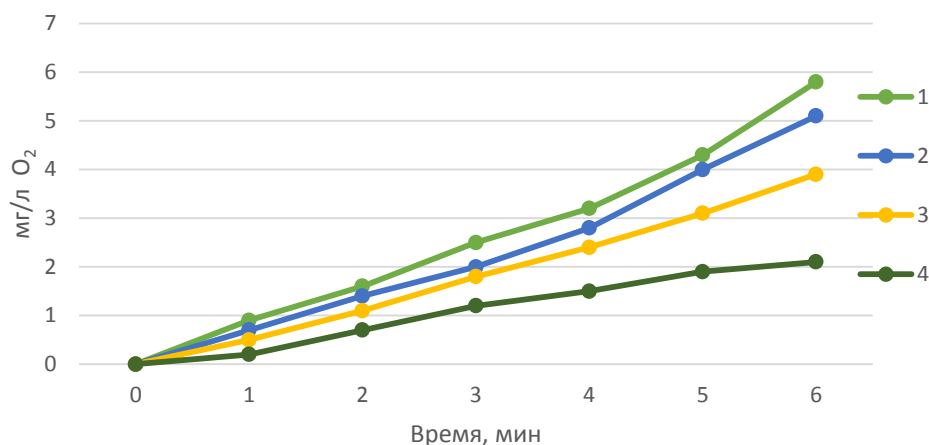
что в экспоненциальной фазе роста культуры водорослей обладает повышенной чувствительностью, тогда как в период стационарной фазы устойчивость культуры значительно повышается [14]. Помимо процессов внутренней регуляции, развитие культуры микроводорослей обусловлено воздействием внешних факторов. Водоросли быстро реагируют на изменение условий выращивания, поэтому для проведения испытаний требуется строгий контроль параметров культивирования. Например, повышение температуры до 25°C усиливает токсическое действие веществ, а при понижении температуры до 12-15°C, наоборот, оно проявляется слабее и с задержкой во времени. Большое значение для результата токсикологического эксперимента имеет исходная плотность клеток. Высокая плотность при продолжительном испытании может повлиять на химические процессы, свойства, токсичность и биодоступность тестируемых веществ, что происходит из-за изменения рН культивируемой среды вследствие выработки водорослями большого количества углекислого газа [15]. Часто этот показатель завышен по сравнению с численностью клеток водорослей в природных местообитаниях, что обусловлено невозможностью измерить результат эксперимента при более низких плотностях.

### Результаты и их обсуждение

При изучении влияния токсикантов на интенсивность фотосинтеза водорослей преследовались две цели: определить пороговые для данного метода концентрации токсичных веществ и изучить зависимость типа доза-величина токсического эффекта. В качестве токсикантов были испытаны: медь в виде  $\text{CuSO}_4$  и гербицид пропанид.

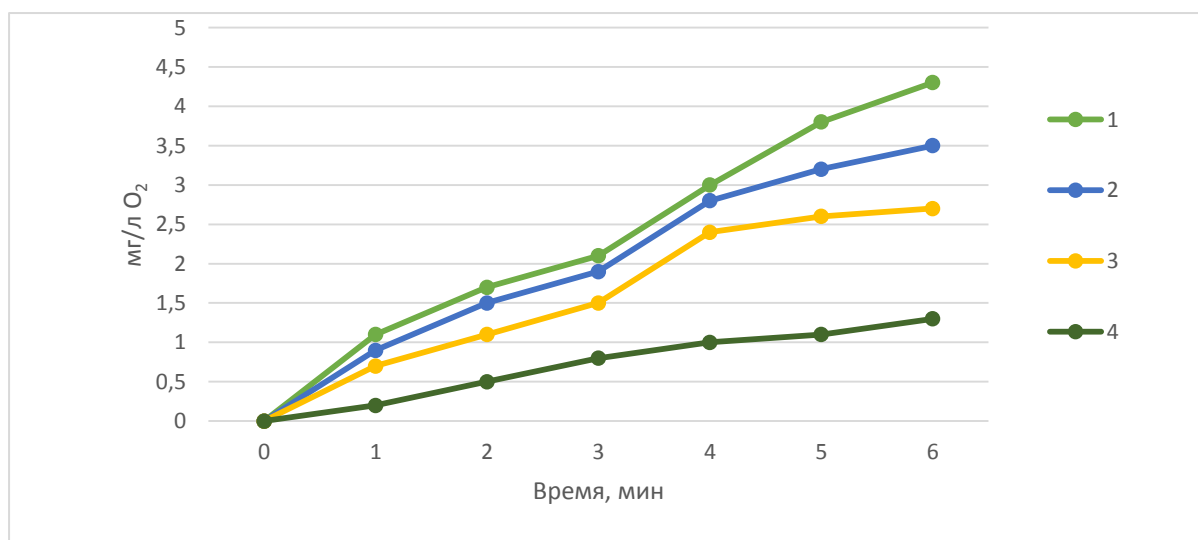
Значение пороговых для данного метода концентраций токсикантов, то есть

минимальных концентраций, вызывающих токсический эффект, будут в значительной мере определять область использования метода для оценки токсического эффекта. Анализ графиков на рис. 1 и 2 показывает, что пороговые концентрации зависят прежде всего от природы токсиканта. Так, пороговая концентрация меди для *Sc. quadricauda* составляет 6 мг/л при времени контакта водорослей с токсикантов,



1 – контроль; 2 – культура + 6 мг/л Cu<sup>+2</sup>; 3 – культура + 12 мг/л Cu<sup>+2</sup>; 4 – культура + 24 мг/л Cu<sup>+2</sup>.  
Время контакта водорослей с токсикантом – 6 мин.

**Рис. 1** – Влияние меди на интенсивность фотосинтеза *Sc. quadricauda*



1 – контроль; 2 – культура + 0,25 мг/л пропанида; 3 – культура + 0,5 мг/л пропанида; 4 – культура + 1 мг/л пропанида. Время контакта водорослей с токсикантом – 6 мин.

**Рис. 2** – Влияние пропанида на интенсивность фотосинтеза *Chl. Vulgaris*

равном 6 минутам (включая время измерения).

Для пропанида пороговая концентрация составляет 0,25 мг в дм<sup>3</sup> в случае использования *Chl. vulgaris* (рис. 2). В то же время, пороговая концентрация пропанида для *Sc. quadricauda* составляет около 0,125 мг/л, то есть в 2 раза ниже, чем для *Chl. vulgaris*. Сточные воды металлургического производства вызывают снижение интенсивности фотосинтеза у *Sc. quadricauda* вплоть до разбавления их в 80 раз.

Таким образом, можно предварительно заключить, что биотестирование токсичности методом оценки фотосинтетической активности водорослей возможно только для сточных вод, обладающих острой токсичностью. Однако, этот вывод справедлив только для используемых нами видов водорослей и использованной методики оценки токсичности. Не исключена возможность, что использование других, более чувствительных тест-объектов, а также других режимов оценки токсичности, позволит суще-

ственно повысить чувствительность метода. Выбор чувствительных тест-объектов не входил в задачу данной работы. Другим способом повышения чувствительности метода является увеличение времени контакта водорослей с токсикантом. Ниже мы приводим результаты экспериментов по изучению зависимости время контакта – токсический эффект.

Для экспресс-оценки токсичности важное значение имеет такая характеристика тестируемой реакции как ее “инерционность”. Под инерционностью тест-реакции в данном случае нужно понимать промежуток времени между началом воздействия токсиканта и появлением изменений в тестируемой реакции. Инерционность той или иной физиологической реакции тест-объекта обуславливается как ее ролью и местом в общей системе физиолого-биохимических процессов, протекающих в организме тест-объекта, так и природой токсиканта. Одна и та же реакция может быть инерционной или не инерционной в зависимости от характера токсического воздействия, поэтому понятие “инерционности” реакции нельзя рассматривать вне связи между химическим составом токсиканта, механизмом его действия и изменением других показателей, характеризующих физиологическое состояние тест-объекта. В литературе имеется мало данных, которые позволяли бы дать сравнительную характеристику инерционности ответных реакций водорослей на токсическое воздействие. При изучении токсического действия ряда

тяжелых металлов на фотосинтез, ионный обмен и азотфиксацию у водоросли *Anabaena spiroides*. По данным, приведенным в этой работе, фотосинтез и азотфиксация являются гораздо более инерционными тест-реакциями, чем ионный обмен.

У инерционных тестовых реакций должна наблюдаться пропорциональная зависимость между временем контакта тест-объекта с токсикантом и величиной токсического эффекта. Так как для экспресс-методов оценки токсичности сточных вод время контакта тестовых организмов со сточными водами желательнее свести к минимуму, то используемая тестовая реакция должна обладать малой инерционностью. В то же время, увеличивая время контакта, можно обнаруживать токсический эффект более низких концентраций токсикантов.

На рис. 3 и 4 представлены графики, характеризующие зависимость фотосинтеза *Sc. quadricauda* и *Chl. vulgaris* от времени контакта этих водорослей с токсикантами. Как видно из этих графиков, с увеличением времени контакта токсический эффект меди в концентрации 3 мг/л начинает сказываться только спустя 20 минут после введения токсиканта в культуру водорослей (рис. 5). С увеличением времени контакта до 1 часа величина токсического эффекта возрастает и через 60 минут фотосинтез водорослей в опыте составляет около 50% от контроля. Отметим, что пороговая концентрация меди для *Sc. quadricauda* при времени контакта, равном 7 минутам, составляет около 6 мг/л (рис. 3).

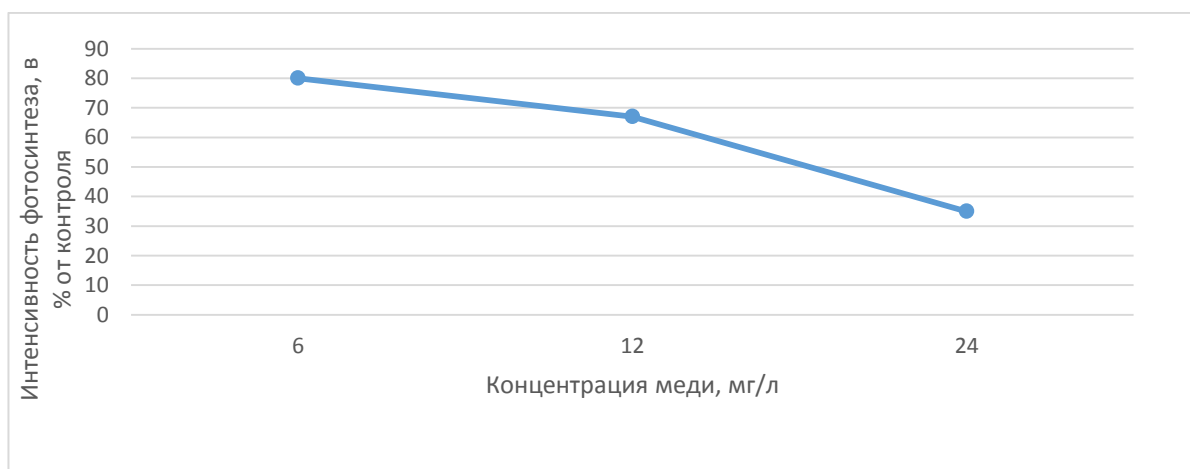
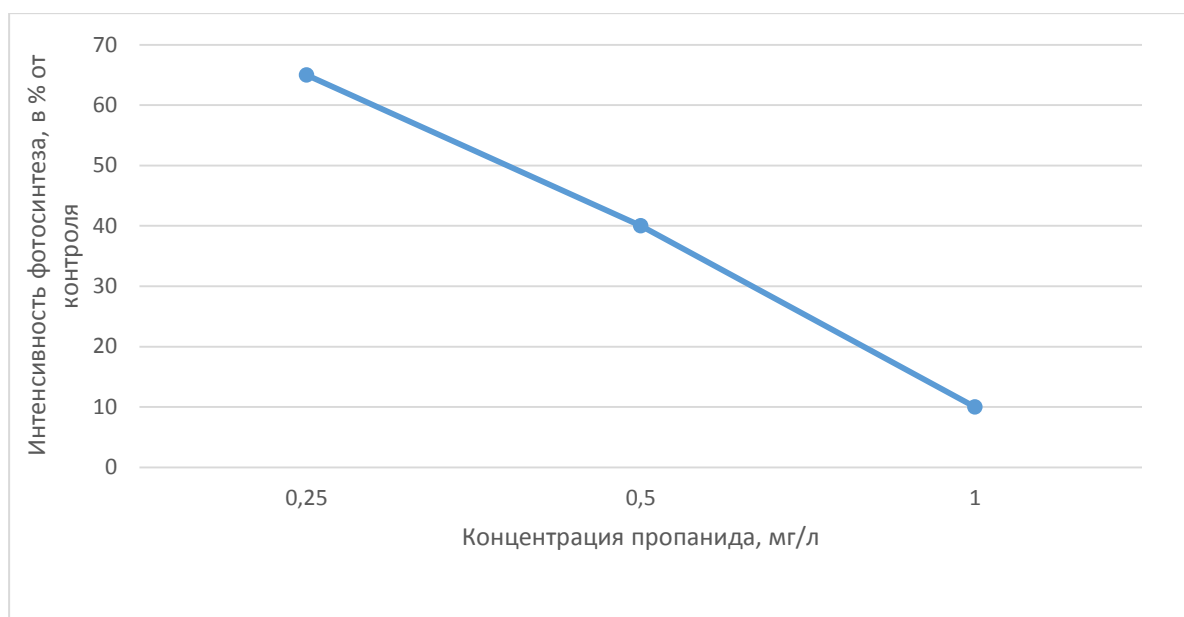
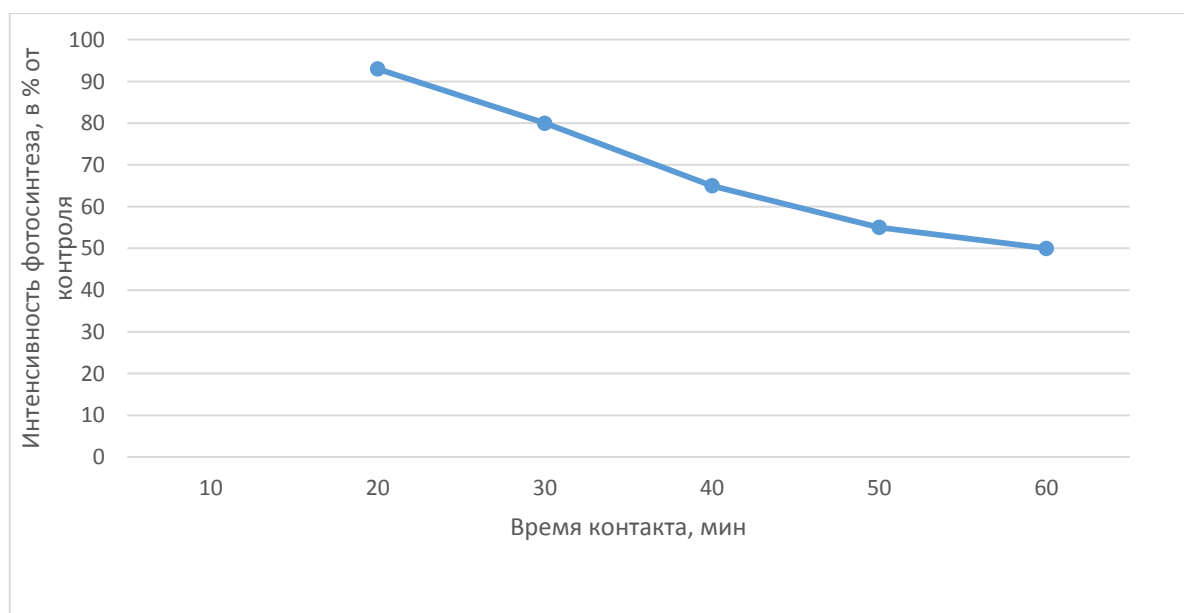


Рис. 3 – Зависимость фотосинтеза *Sc. quadricauda* от концентрации меди (доза-эффект)  
Время контакта водорослей с токсикантом – 7 мин



**Рис. 4** – Зависимость фотосинтеза *Chl. Vulgaris* от концентрации пропанида  
 Время контакта водорослей с токсикантом – 7 мин

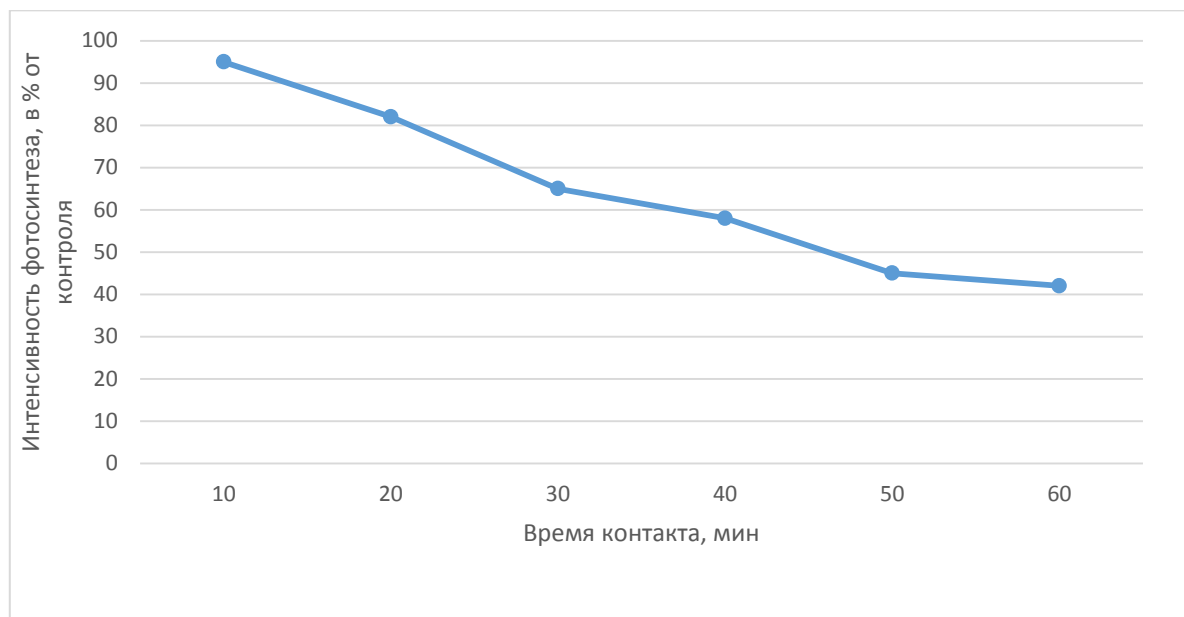


Токсикант – медь в концентрации 3 мг/л.

**Рис. 5** – Зависимость фотосинтеза *Sc. quadricauda* от времени контакта с токсикантом  
 (зависимость время контакта - токсический эффект)

Повышение токсического эффекта с увеличением времени контакта наблюдается и у *Chl. vulgaris* при действии пирамидина в концентрации 2,5 мг/л (рис. 6). Исходя из данных, приведенных на графиках, можно сделать вывод, что прямая зависимость

между величиной токсического эффекта и длительностью контакта водорослей с токсикантами наблюдается примерно в течение часа. Дальнейшее увеличение времени контакта почти не повышает токсический эффект.



Токсикант – пирамин в концентрации 2,5 мг/л.

**Рис. 6** – Зависимость фотосинтеза *Chl. Vulgaris* от времени контакта с токсикантом (зависимость время контакта - токсический эффект)

### Выводы

Интенсивность фотосинтеза является самым распространенным тестом на токсичность при использовании водорослей в качестве тест-объектов. Все методы определения фотосинтеза основаны на измерении скорости выделения кислорода или поглощения углекислого газа в среде инкубирования до и после определенной экспозиции культуры водорослей на свету. Уве-

личивая время контакта водорослей с токсикантами, можно в значительной мере повысить чувствительность метода и, возможно, использовать его для оценки слабotoксичных сточных вод. Однако, для окончательных выводов о пределах чувствительности метода, а, следовательно, и области его применения необходимы дополнительные исследования.

### Литература

1. Филенко О. Ф. Водная токсикология. Черноголовка: ОИХФ АН СССР, 1988. 155.
2. Патин С. А. Эколого-токсикологические аспекты изучения и контроля качества водной среды. *Гидробиол. журн.* 1991. Т. 2. Вып. 6. С. 71-75.
3. Патин С. А. Эколого-токсикологические подходы к оценке воздействия на морскую среду и биоресурсы. *Актуальные проблемы водной токсикологии.*/под ред. Б. А. Флерова. Борок: Рыбинский дом печати, 2004. С. 34-60.
4. Крайнюков А. Н., Крайнюкова А. Н., Чистякова Е. О. Мониторинг возвратных вод химического предприятия и качества воды в контрольных створах водного объекта. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки.* Харків, 2012. Вип. 35. С. 51-60.
5. Крайнюков О. М. Біоекологічні методи дослідження аквальных ландшафтів. *Фізична географія та геоморфологія.* 2013. Вип. 3 (71). С. 158-167.
6. Крайнюков О. М., Кривицька І. А. Встановлення нормативів екологічної безпеки рибогосподарського водокористування на основі ландшафтно-екологічного підходу (на прикладі морфоліну). *Молодий вчений.* 2016. №12. С. 15-18.
7. Nikoogar K., Moradshahi A., Hosseini L. (2005) Physiological responses of *Dunaliella salina* and *Dunaliella tertiolecta* to copper toxicity. *Biomol. Eng.* 22. P. 141–146. <https://doi.org/10.1016/j.bioeng.2005.07.001>

8. Beneche G. Automatisierung der auswertung einer algenheteste hemmung der kreiichenbewegung einer blaualge (*Phorodidium sp.*) durch deigat. Z. *Waasser und Abwasser-Forsch.* 1977, №6. P. 195-197.
9. Raso J., Rachlin I. The effect of cadmium, copper, mercuru, zincum and lead on cell division growth and chlorophyll a content a content of the chlorophyte *Chl. vulgaris*. *Bull. Torreu. Bot. Club.* 1977. №3. P. 226-233.
10. Garcíaríos V, Freilepelegrín Y, Robledo D, Mendoza-cózatl D, Moreno-sánchez R, Gold-bouchot G. (2007) Cell wall composition affects Cd<sup>2+</sup> accumulation and intracellular thiol peptides in marine red algae. *Aquatic Toxicol.* Vol 81. P:65–72. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2006.11.001>
11. Брагинский Л. П. Некоторые итоги исследований по водной токсикологии в Украине. *Актуальные проблемы водной токсикологии.* /под ред. Б. А. Флерова. Борок: Рыбинский дом печати, 2004. С. 11-33.
12. Cullimore, D. R. A qualitative method of assessing the available nitrogen, potassium and phosphorus in the soil. *J. Sci. Food Agric.*, 1996, Vol. 17. P. 321-323. doi:[10.1002/jsfa.2740170709](https://doi.org/10.1002/jsfa.2740170709).
13. Radix P, Leonard M, Papantoniou C et al. Comparison of four chronic toxicity tests using algae, bacteria, and invertebrates assessed with sixteen chemicals. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2000. Vol.47. P.186–194.
14. María Elena Sáenz, Walter Darío Di Marzio and Jose Luis Alberdi, (2012) Assessment of Cyfluthrin commercial formulation on growth, photosynthesis and catalase activity of green algae, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2012., Vol. 104, No1. P. 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.07.001>
15. Heijerick D. G., Bossuyt B. T. A., De Schampelaere K. A. C., Indeherberg M., Mingazzini M. and Janssen C.R., (2005) Effect of Varying Physicochemistry of European Surface Waters on the Copper Toxicity to the Green Alga *Pseudokirchneriella subcapitata*, *Ecotoxicology*. 2005. Vol. 14. No 6. P. 661-670. <https://doi.org/10.1007/s10646-005-0014-8>

## References

1. Filenko, O. F. (1988). Aquatic toxicology. Chernogolovka: Institute of Problems of Chemical Physics, USSR Academy of Sciences, 155. (In Russian).
2. Patin, S. A. (1991). Ecological and toxicological aspects of the study and quality control of the aquatic environment. *Hydrobiological journal*, 2 (6), 71-75. (In Russian).
3. Patin, S. A. (2004). Ecological and toxicological approaches to assessing the impact on the marine environment and biological resources. *Actual problems of aquatic toxicology*, Borok: Rybinsk Printing House, 34-60. (In Russian).
4. Krajnyukov, A. N., Krajnyukova, A. N., Chistyakova, E. O. (2012). Monitoring the return water of a chemical plant and the quality of water in the control sections of a water body. *Problems of environmental protection and ecological safety*, 35, 51-60. (In Russian).
5. Krainiukov, O. M. (2013). Bioecological methods for the study of aquatic landscapes. *Physical Geography and Geomorphology*, 3 (71), 158-167. (In Ukrainian).
6. Krainiukov, O. M., Kryvytska, I. A. (2016). Establishment of ecological safety standards for fishery water management based on landscape ecological approach (on the example of morpholine). *Young scientist*, 12, 15-18. (In Ukrainian).
7. Nikookar, K., Moradshahi, A., Hosseini, L. (2005). Physiological responses of *Dunaliella salina* and *Dunaliella tertiolecta* to copper toxicity. *Biomol. Eng.*, 22, 141-146. <https://doi.org/10.1016/j.bioeng.2005.07.001>
8. Beneche, G. (1977). Automatisierung der auswertung einer algenheteste hemmung der kreiichenbewegung einer blaualge (*Phorodidium sp.*) durch Digit. Z. *Waasser und Abwasser-Forsch.*, (6), 195-197.
9. Raso, J., Rachlin, I. (1977). The effect of cadmium, copper, mercuru, zincum and lead on cell division growth and chlorophyll a content a content of the chlorophyte *Chl. vulgaris*. *Bull. Torreu. Bot. Club.*, (3), 226-233.
10. Garcíaríos, V, Freilepelegrín, Y, Robledo, D, Mendoza-cózatl D, Moreno-sánchez R, Gold-bouchot G. (2007). Cell wall composition affects Cd<sup>2+</sup> accumulation and intracellular thiol peptides in marine red algae. *Aquatic Toxicol*, 81, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2006.11.001>
11. Braginskij, L. P. (2004). Some results of studies on aquatic toxicology in Ukraine. *Actual problems of aquatic toxicology*. Borok, 11-34. (In Russian).
12. Cullimore, D. R. (1966). A qualitative method of assessing the available nitrogen, potassium and phosphorus in the soil. *J. Sci. Food Agric.*, 17, 321-323. Available at: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740170709>
13. Radix, P., Leonard, M., Papantoniou, C. et al (2000). Comparison of four chronic toxicity tests using algae, bacteria, and invertebrates assessed with sixteen chemicals. *Ecotoxicol Environ Saf*, 47, 186–194.
14. María Elena Sáenz, Walter Darío Di Marzio and Jose Luis Alberdi (2012). Assessment of Cyfluthrin commercial formulation on growth, photosynthesis and catalase activity of green algae, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 104 (1), 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.07.001>
15. Heijerick, D. G., Bossuyt, B. T. A., De Schampelaere, K. A. C., Indeherberg, M., Mingazzini, M. and Janssen, C. R. (2005). Effect of Varying Physicochemistry of European Surface Waters on the Copper Toxicity to the Green Alga *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Ecotoxicology*, 14 (6), 661-670. <https://doi.org/10.1007/s10646-005-0014-8>



УДК 574.

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-07>

С. М. СНИГИРЕВ<sup>1</sup>, канд. биол. наук, А. В. ЧЕРНЯВСКИЙ<sup>1</sup>, Е. А. НАУМ<sup>1</sup>,  
А. А. ГАЛКИНА<sup>1</sup>, В. И. МЕДИНЕЦ<sup>1</sup>, канд. физ.-мат. наук, с. н. с., Е. И. ГАЗЕТОВ<sup>1</sup>,  
О. П. КОНАРЕВА<sup>1</sup>, П. М. СНИГИРЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова  
пров. Маяковського 7, м. Одеса, 65082, Україна

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3287-2519>

[chernyavskiy.alexandr@gmail.com](mailto:chernyavskiy.alexandr@gmail.com)

[naum\\_elizaveta@mail.ru](mailto:naum_elizaveta@mail.ru)

[naska.halaim@gmail.com](mailto:naska.halaim@gmail.com)

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

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

[o.konareva@onu.edu.ua](mailto:o.konareva@onu.edu.ua)

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

<https://orcid.org/0000-0002-2840-1418>

<http://orcid.org/0000-0001-7543-7504>

<https://orcid.org/0000-0002-5362-1973>

<https://orcid.org/0000-0001-5109-1975>

## СОСТОЯНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ В 2016-2017 ГГ.

**Цель.** Изучение современного состояния макрозообентоса в прибрежной зоне острова Змеиный в 2016-2017 гг.

**Методы.** Стандартные методы отбора, определения, оценки численности и биомассы макрозообентоса.

**Результаты.** Приведены результаты анализа биоразнообразия, структурных характеристик, таксономического состава макрозообентоса прибрежной зоны острова Змеиный. Исследована сезонная динамика его численности и биомассы. По метрикам макрозообентоса проведена оценка качества морской среды.

**Выводы.** Всего в 2016-2017 гг. в прибрежной зоне острова Змеиный идентифицировано 132 таксона бентосных беспозвоночных 10-ти крупных таксономических групп макрозообентоса. Анализ таксономического состава выявил 1 вид Porifera (0,8%), 7 таксонов Cnidaria (5,3%), 3 таксона Platyhelminthes (2,3%), 1 таксон Nemertea (0,8%), 3 таксона Bryozoa (2,3%), 52 таксона Annelida (39,4%), 25 таксонов Mollusca (18,9%), 35 таксонов Arthropoda (26,5%), 2 таксона Echinodermata (1,4%) и 3 таксона Chordata (2,3%). Из 132 таксонов макрозообентоса 6 - занесены в списки Красной книги Украины, а 8 – в списки Красной книги Черного моря. Численность макрозообентоса изменялась в пределах от  $0,317 \times 10^4$  (27.11.2016) до  $16,943 \times 10^4$  (19.08.2016) экз./м<sup>2</sup> на рыхлом субстрате и в пределах от  $2,683 \times 10^4$  (17.05.2016) до  $30,725 \times 10^4$  (19.08.2016) экз./м<sup>2</sup> на каменистом; биомасса – от 0,017 (17.05.2017) до 34,857 (19.08.2016) кг/м<sup>2</sup> на рыхлом субстрате и от 1,531 (27.11.2016) до 46,147 (19.08.2016) кг/м<sup>2</sup> на каменистом. Максимальное развитие бентоса отмечено в летний период. Качество морской среды по индексам АМВІ и М-АМВІ оценено как хорошее (Good) в 21, удовлетворительное (Moderate) – в 2 случаях из 23. Средние значения индексов АМВІ и М-АМВІ для разных сезонов составили: май 2016 года – 2,56 и 0,59 соответственно; август 2016 года – 1,86 и 0,69 соответственно; ноябрь 2016 года – 1,70 и 0,71 соответственно; июнь 2017 года – 1,87 и 0,75 соответственно.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** макрозообентос, численность, биомасса, качество среды, остров Змеиный

**Snigirov S. M., Chernyavskiy A. V., Naum E. A., Galkina A. A., Medinets V. I., Gazetov Ye. I., Konareva O. P., Snigirov P. M.**

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

**ZMIINYI ISLAND COASTAL ZONE MACROZOOBENTHOS STATE IN 2016-2017**

**Purpose.** To study the state of macrozoobenthos in the Zmiinyi Island coastal zone in 2016-2017.

© Снигирев С. М., Чернявский А. В., Наум Е. А., Галкина А. А., Мединец В.И., Газетов Е. И., Конарева О. П., Снигирев П. М., 2019



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

**Methods.** Standard methods of macrozoobenthos sampling, determination, number and biomass estimation.

**Results.** Results of analysis of biodiversity, structural characteristics and taxonomic composition of macrozoobenthos in the Zmiinyi Island coastal zone have been presented. Seasonal dynamics of its number and biomass has been studied. Assessment of marine environment quality has been performed based on the metrics of macrozoobenthos.

**Conclusions.** Altogether, 132 taxa of benthic invertebrates belonging to 10 biggest taxonomic groups of macrozoobenthos have been identified in the Zmiinyi Island coastal zone in 2016-2017. Analysis of taxonomic composition identified 1 species of Porifera (0.8%), 7 taxa of Cnidaria (5.3%), 3 taxa of Platyhelminthes (2.3%), 1 taxon of Nemertea (0.8%), 3 taxa of Bryzoa (2.3%), 52 taxa of Annelida (39.4%), 25 taxa of Mollusca (18.9%), 35 taxa of Arthropoda (26.5%), 2 taxa of Echinodermata (1.4%) and 3 taxa of Chordata (2.3%). Out of 132 macrozoobenthos taxa 6 are enlisted in the Red Data Book of Ukraine and 8 – in the Black Sea Red Data Book. Macrozoobenthos number varied from  $0.317 \times 10^4$  (27.11.2016) to  $16.943 \times 10^4$  (19.08.2016) ind/m<sup>2</sup> on soft substrate and from  $2.683 \times 10^4$  (17.05.2016) to  $30.725 \times 10^4$  (19.08.2016) ind/m<sup>2</sup> on rocky substrate; biomass varied from 0.017 (17.05.2016) to 34.857 (19.08.2016) kg/m<sup>2</sup> on soft substrate and from 1.531 (27.11.2016) to 46.147 (19.08.2016) kg/m<sup>2</sup> on rocky substrate. Maximal development of benthos was registered in summer period. Quality of marine environment on the AMBI and M-AMBI indices was assessed as Good in 21 cases out of 23 and as Moderate in 2 cases 2 out of 23. Mean values of AMBI and M-AMBI indices for different seasons made respectively: May, 2016 – 2.56 and 0.59; August, 2016 – 1.86 and 0.69; November, 2016 – 1.70 and 0.71; June, 2017 – 1.87 and 0.75.

**KEYWORDS:** macrozoobenthos, number, biomass, quality of environment, Zmiinyi Island

**Снігір'ов С. М., Чернявський О. В., Наум Е. О., Галкіна А. О., Медінець В. І., Газтов Є. І., Конарева О. П., Снігір'ов П. М.**

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

#### **СТАН МАКРОЗООБЕНТОСУ В ПРИБЕРЕЖНІЙ ЗОНІ ОСТРОВА ЗМІЙНИЙ У 2016-2017 РР.**

**Мета.** Вивчення сучасного стану макрозообентосу в прибережній зоні острова Зміїний в 2016-2017 рр.

**Методи.** Стандартні методи відбору, визначення, оцінки чисельності і біомаси макрозообентосу.

**Результати.** Наведено результати аналізу біорізноманіття, структурних характеристик, таксономічного складу макрозообентосу прибережної зони острова Зміїний. Досліджено сезонну динаміку його чисельності і біомаси. За метриками макрозообентосу проведено оцінку якості морського середовища.

**Висновки.** Всього в 2016-2017 рр. в прибережній зоні острова Зміїний було ідентифіковано 132 таксони бентосних безхребетних 10-ти великих таксономічних груп макрозообентосу. Аналіз таксономічного складу виявив 1 вид Porifera (0,8%), 7 таксонів Cnidaria (5,3%), 3 таксони Platyhelminthes (2,3%), 1 таксон Nemertea (0,8%), 3 таксони Bryzoa (2,3%), 52 таксони Annelida (39,4%), 25 таксонів Mollusca (18,9%), 35 таксонів Arthropoda (26,5%), 2 таксони Echinodermata (1,4%) та 3 таксони Chordata (2,3%). Зі 132 таксонів макрозообентосу 6 – занесено до списків Червоної книги України, а 8 – до списків Червоної книги Чорного моря. Чисельність макрозообентосу змінювалась в межах від  $0,317 \times 10^4$  (27.11.2016) до  $16,943 \times 10^4$  (19.08.2016) екз./м<sup>2</sup> на пухкому субстраті та в межах від  $2,683 \times 10^4$  (17.05.2016) до  $30,725 \times 10^4$  (19.08.2016) екз./м<sup>2</sup> на кам'янистому; біомаса – від 0,017 (17.05.2016) до 34,857 (19.08.2016) кг/м<sup>2</sup> на пухкому субстраті і від 1,531 (27.11.2016) до 46,147 (19.08.2016) кг/м<sup>2</sup> на кам'янистому. Максимальний розвиток бентосу відмічено в літній період. Якість морського середовища за індексами AMBI та M-AMBI оцінено як хороша (Good) в 21, задовільна (Moderate) – в 2 випадках з 23. Середні значення індексів AMBI і M-AMBI для різних сезонів становили: травень 2016 року – 2,56 і 0,59 відповідно; серпень 2016 року – 1,86 і 0,69 відповідно; листопад 2016 року – 1,70 і 0,71 відповідно; червень 2017 року – 1,87 і 0,75 відповідно.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** макрозообентос, чисельність, біомаса, якість середовища, острів Зміїний

#### **Введение**

Первые исследования макрозообентоса прибрежных вод острова Змеиный были проведены А.Д. Нордманом в первой половине XIX столетия [2]. В начале XX столетия бентос прибрежных вод острова изучали Г.О. Соляник, А. Borza, R. Calienescu [2].

В 1993-1999 гг. периодические исследования проводили сотрудники ОФ ИнБЮМ [3, 8]. С 2003 г. по настоящее время комплексные исследования макрозообентоса проводятся научной группой Одесского национального университета имени И.И. Мечни-

кова (ОНУ) [4, 11, 16]. Всего в прибрежной зоне острова Змеиный в период с 2003 по 2015 гг. было зарегистрировано 92 таксона бентосных беспозвоночных: 1 – губки (Porifera) (1,1%), 2 – актинии (Actinia) (2,2%), 1 – турбеллярии (Turbellaria) (1,1%), 1 – немертины (Nemertea) (1,1%), 16 – полихеты (Polychaeta) (17,8%), 1 – олигохеты (Oligochaeta) (1,1%), 2 – мшанки (Bryozoa) (2,2%), 40 – ракообразные (Arthropoda) (43,4%), в том числе 1 – усконогие раки (Cirripedia), 14 – десятиногие раки (Decapoda), 2 – анизоподы (Anizopoda), 6 – изоподы (Izopoda), 15 – амфиподы (Amphipoda) и некоторые другие. Моллюски (Mollusca) были представлены 1 видом панцирных (Polyplacophora) (1,1% таксономического состава), 8 – брюхоногих (Gastropoda) (8,9%) и 15 – двустворчатых (Bivalvia) (15,6%). В пробах также найдены 1 вид офиур (Ophiura) (1,1%) и 3 вида асцидий (Ascidiacea) (3,3%).

Было показано [1, 3, 4, 8], что в результате антропогенного эвтрофирования и ряда других факторов макрозообентос северо-западной части Черного моря и, в частности, района о. Змеиный в последние десятилетия претерпел значительные изменения видового состава, численности, биомассы, характера распределения отдельных видов и сообществ. Наиболее значительные изменения были зарегистрированы на рыхлых

субстратах прибрежной зоны острова, а именно на мидийном ракушечнике и песке. С одной стороны, в районе острова достаточно регулярно наблюдалась гибель бентосных организмов в период заморозов, характерных для всей северо-западной части Черного моря. С другой – мидийные биоценозы пострадали от хищного моллюска рапаны (*Rapana venosa*), который в последнее время широко распространился в прибрежной зоне острова: на субстрате мидийный ракушечник (на глубинах 13-23 м) численность и биомасса живых мидий сократилась до 5 особей на 1 м<sup>2</sup> при общей биомассе 30-40 г на 1 м<sup>2</sup>, а на субстратах песке, ракушечнике (глубина 15 м) живых мидий не было обнаружено вообще. По результатам [4, 11, 16] в 2004-2005 гг. суммарная биомасса макрозообентоса прибрежных вод острова Змеиный составляла не менее 8300 т, при этом доля мидий составляла 70-80%. Результаты исследований [16] показали, что площадь дна, на которой наблюдались плотные скопления мидий, уменьшилась с 78 га в 2004-2005 гг. до 19 га в 2010-2014 гг. При этом, суммарная биомасса макрозообентоса сократилась до 3700 т, что условно является следствием негативного влияния хищника рапаны.

Целью настоящих исследований являлось изучение состояния макрозообентоса в прибрежной зоне острова Змеиный.

### Материал и методы исследований

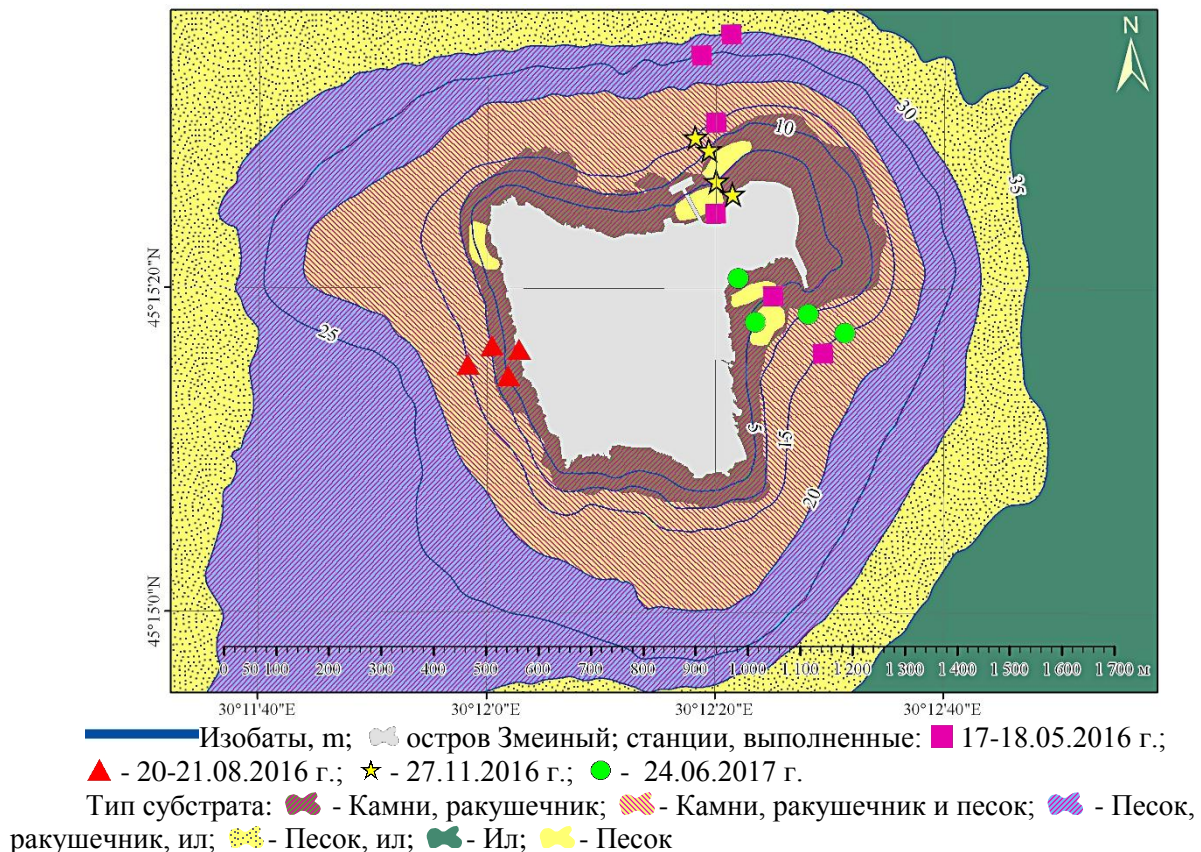
Отбор проб макрозообентоса в прибрежной зоне острова Змеиный проводился в мае, августе и ноябре 2016 года и в июне 2017 года. Всего отобрано 24 пробы макрозообентоса (18 – в 2016 г, и 6 – в 2017 г) на 18 станциях на глубинах от 0,5 до 32,5 м (рис.1).

Отбор пробы макрозообентоса проводили с использованием бентосной рамки, размером 10X10 см (S=0.01 м<sup>2</sup>) и размером сит – 150 мкм с погружением донные осадки до 5 см в трех повторностях [5, 7, 17, 18]. Пробу донных осадков с макрозообентосом фиксировали раствором 4% формалина [5, 7, 17, 18] и далее в полиэтиленовом пакете транспортировали в лабораторию.

Численность рапанов и крупных подвижных ракообразных на площади равной

1 м<sup>2</sup> на разных участках дна подсчитывали визуально [17, 18]. Также визуально оценивалась структура и состояние донного субстрата.

Одновременно с отбором проводом проводились измерения in-situ электропроводности (E, мкСм/см), температуры (T, °C), водородного показателя (pH, ед. pH), содержания растворенного в воде кислорода (O<sub>2</sub> %, мг/дм<sup>3</sup>) по стандартным методам наблюдений, отбора и обработки образцов, которые подробно описаны в монографии [4]. Определение местоположения станций отбора проб макрозообентоса проводилось с использованием портативного прибора спутниковой навигации «Magellan Explorist 300».



**Рис. 1** – Расположение станций отбора проб макрозообентоса в прибрежной зоне острова Змеиный в 2016-2017 гг.

Первым этапом обработки проб макрозообентоса в лабораторных условиях была их промывка с использованием бентосных сит с ячейей 10, 4, 2, 1 и 0,5 мм, в результате чего проба была разбита на подпробы с разными размерами бентосных организмов. Далее отдельно анализировались крупные и мелкие формы донных организмов соответственно: визуально в чашках Петри и в пластиковых поддонах – крупные организмы, а с использованием бинокля МБС-10 и «Pgiog» и камеры Богорова – мелкие организмы [5, 7, 17, 18].

Видовой состав определялся в соответствии [6, 14, 19].

Для оценки видового разнообразия использовался показатель (индекс) Шеннона (H), а для оценки доминантности групп макрозообентоса – такие характеристики как-то: – встречаемость (O), численность (N), биомасса (B).

Качество морской среды оценивалось по показателям состояния и функциональности бентосного сообщества (обилие видов, биоразнообразие – индекс Шеннона, AMBI и M-AMBI) по шкалам, рекомендованным в работах [13, 14, 17].

### Результаты исследования и их обсуждение

Всего в период исследований 2016–2017 гг. в прибрежной зоне острова Змеиный было идентифицировано 132 таксона макрозообентоса (табл. 1): май 2016 г – 65 таксонов макрозообентоса, август 2016 г – 72 таксона, ноябрь 2016 г – 64 таксона, июнь 2017 г – 67 таксонов.

Анализ таксономического состава выявил 1 таксон губок Porifera (0,8%), 7 – кни-

дарий Cnidaria (5,3%), 3 – плоских червей Platyhelminthes (2,3%), 1 – немуртин Nemertea (0,8%), 3 – мшанок Bryzoa (2,3%), 52 – кольчатых червей Annelida (39,4%), 25 – моллюсков Mollusca (18,9%), 35 – членистоногих Arthropoda (26,5%), 2 – офиур Echinodermata (1,4%) и 3 по асцидий Chordata (2,3%).

Следует отметить, что по результатам единичных съемок, количество зарегистри-

Таблиця 1

Встречаемость видов макрозообентоса в прибрежной зоне острова Змеиный в 2016-2017 гг.

№№	Таксон	Тип	Период отбора проб			
			Май 2016	Август 2016	Ноябрь 2016	Июнь 2017
1.	Porifera gen. sp.	Porifera	+	+	+	+
2.	<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)	Cnidaria	+	+	+	+
3.	<i>Aglaophenia pluma</i> (Linnaeus, 1758)	Cnidaria	-	-	-	+
4.	<i>Diadumene lineata</i> (Verrill, 1869)	Cnidaria	-	+	+	-
5.	<i>Gonothyraea loveni</i> (Allman, 1859)	Cnidaria	-	-	+	-
6.	<i>Hydrodendron gracilis</i> (Fraser, 1914)	Cnidaria	-	+	+	+
7.	<i>Obelia longissima</i> (Pallas, 1766)	Cnidaria	+	+	+	-
8.	<i>Sagartia elegans</i> (Dalyell, 1848)	Cnidaria	-	+	+	-
9.	Platyhelminthes gen. sp.	Platyhelminthes	-	+	-	+
10.	Polycladida gen. sp.	Platyhelminthes	-	+	+	+
11.	Tricladida gen. sp.	Platyhelminthes	+	+	-	-
12.	Nemertea gen. sp.	Nemertea	+	+	+	+
13.	Bryozoa gen. sp.	Bryozoa	+	-	-	-
14.	<i>Conopeum seurati</i> (Canu, 1928)	Bryozoa	-	+	+	-
15.	<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll, 1803)	Bryozoa	-	+	+	+
16.	<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	Annelida	-	+	+	+
17.	<i>Aonides paucibranchiata</i> Southern, 1914	Annelida	+	-	-	-
18.	<i>Aricidea (Aricidea) pseudoarticulata</i> Hobson, 1972	Annelida	-	+	-	-
19.	<i>Aricidea (Strelzovia) claudiae</i> Laubier, 1967	Annelida	-	-	+	+
20.	<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	Annelida	-	+	+	+
21.	Capitellidae gen. sp.	Annelida	-	-	-	+
22.	<i>Eulalia viridis</i> (Linnaeus, 1767)	Annelida	-	+	+	+
23.	<i>Eumida sanguinea</i> (Ørsted, 1843)	Annelida	-	+	-	+
24.	<i>Exogone naidina</i> Ørsted, 1845	Annelida	-	-	+	-
25.	<i>Fabricia stellaris</i> (Müller, 1774)	Annelida	-	-	-	+
26.	<i>Genetyllis tuberculata</i> (Bobretzky, 1868)	Annelida	-	-	-	+
27.	<i>Glycera alba</i> (O. F. Müller, 1776)	Annelida	+	-	+	+
28.	<i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767)	Annelida	+	+	-	-
29.	<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	Annelida	+	-	+	+
30.	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	Annelida	-	-	+	-
31.	<i>Janua heterostropha</i> (Montagu, 1803)	Annelida	-	+	-	+
32.	<i>Lagis neapolitana</i> (Claparède, 1869)	Annelida	+	-	-	-
33.	<i>Lindrilus flavocapitatus</i> (Uljanin, 1877)	Annelida	+	+	+	+
34.	<i>Malacoceros fuliginosus</i> (Claparède, 1870)	Annelida	+	-	-	-
35.	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	Annelida	+	-	-	-
36.	<i>Micronephthys stammeri</i> (Augener, 1932)	Annelida	+	-	-	-
37.	<i>Microspio mecznikowianus</i> (Claparède, 1869)	Annelida	+	-	-	+
38.	<i>Mysta picta</i> (Quatrefages, 1865)	Annelida	+	-	-	-
39.	<i>Neanthes fucata</i> (Savigny, 1822)	Annelida	-	-	+	-
40.	<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	Annelida	+	-	-	-
41.	Nereidae gen. sp.	Annelida	-	+	+	+
42.	<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	Annelida	-	+	+	-
43.	Oligochaeta gen. sp.	Annelida	+	+	-	-
44.	<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	Annelida	+	+	+	+
45.	<i>Pholoe inornata</i> (Johnston, 1839)	Annelida	+	-	+	+
46.	<i>Phyllodoce (Anaitides) maculata</i> (Linnaeus, 1767)	Annelida	+	-	+	-
47.	Phyllodocidae gen. sp.	Annelida	+	-	+	+
48.	<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1834)	Annelida	+	-	+	+

№№	Таксон	Тип	Период отбора проб			
			Май 2016	Август 2016	Ноябрь 2016	Июнь 2017
49.	<i>Polychaeta</i> gen. sp.	Annelida	-	-	+	+
50.	<i>Polydora ciliata</i> (Johnston, 1838)	Annelida	+	+	+	+
51.	<i>Prionospio cirrifera</i> (Wirén, 1883)	Annelida	+	+	+	+
52.	<i>Pterocirrus macroceros</i> (Grube, 1860)	Annelida	-	-	-	+
53.	<i>Pygospio elegans</i> (Claparede, 1863)	Annelida	+	-	-	-
54.	<i>Salvatoria limbata</i> (Claparède, 1868)	Annelida	-	+	+	-
55.	<i>Sphaerosyllis bulbosa</i> (Southern, 1914)	Annelida	+	+	+	+
56.	<i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776)	Annelida	-	+	+	+
57.	Spionidae gen. sp.	Annelida	-	+	+	+
58.	<i>Spirobranchus triqueter</i> (Linnaeus, 1758)	Annelida	+	-	-	-
59.	Syllidae gen. sp.	Annelida	-	-	-	+
60.	<i>Syllis gracilis</i> Grube, 1840	Annelida	-	-	-	+
61.	<i>Syllis hyalina</i> Grube, 1863	Annelida	+	+	-	-
62.	<i>Syllis prolifera</i> Krohn, 1852	Annelida	-	-	-	+
63.	Syllis gen. sp.	Annelida	-	+	+	-
64.	<i>Syllis variegata</i> Grube, 1860	Annelida	-	-	+	+
65.	<i>Terebellides stroemii</i> Sars, 1835	Annelida	+	-	-	-
66.	<i>Vermiliopsis infundibulum</i> (Philippi, 1844)	Annelida	-	+	-	-
67.	<i>Xenosyllides violacea</i> Perejaslavzeva in Jakubova, 1930	Annelida	-	-	-	+
68.	<i>Abra segmentum</i> (Récluz, 1843)	Mollusca	+	-	-	-
69.	<i>Anadara kagoshimensis</i> (Tokunaga, 1906)	Mollusca	+	+	+	-
70.	<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	Mollusca	-	-	-	+
71.	<i>Brachystomia eulimoides</i> (Hanley, 1844)	Mollusca	-	+	+	-
72.	<i>Calyptrea chinensis</i> (Linnaeus, 1758)	Mollusca	+	-	-	-
73.	Cardiidae gen. sp.	Mollusca	+	-	-	-
74.	<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	Mollusca	-	+	-	-
75.	<i>Flexopecten glaber ponticus</i> (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889)	Mollusca	-	+	-	-
76.	<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)	Mollusca	-	+	+	-
77.	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	Mollusca	+	-	-	-
78.	<i>Lentidium mediterraneum</i> (O. G. Costa, 1830)	Mollusca	-	+	-	-
79.	<i>Lepidochitona cinerea</i> (Linnaeus, 1767)	Mollusca	+	+	+	+
80.	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	Mollusca	+	+	+	-
81.	<i>Mya arenaria</i> (Linnaeus, 1758)	Mollusca	-	-	-	+
82.	<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	Mollusca	+	+	+	+
83.	<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Lamarck, 1819)	Mollusca	+	+	+	+
84.	<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	Mollusca	-	+	-	-
85.	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	Mollusca	+	-	-	-
86.	<i>Pusillina lineolata</i> (Michaud, 1830)	Mollusca	+	-	-	-
87.	<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846)	Mollusca	-	+	+	+
88.	Retusidae gen. sp.	Mollusca	+	-	-	-
89.	<i>Setia valvatooides</i> (Milaschewitsch, 1909)	Mollusca	-	+	-	-
90.	<i>Tergipes tergipes</i> (Forsskål in Niebuhr, 1775)	Mollusca	-	-	+	-
91.	<i>Tritia pellucida</i> (Risso, 1826)	Mollusca	-	-	-	+
92.	<i>Tritia reticulata</i> (Linnaeus, 1758)	Mollusca	-	-	+	-
93.	<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)	Arthropoda	+	-	-	-
94.	<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	Arthropoda	+	+	+	+
95.	Amphipoda gen. sp.	Arthropoda	-	+	-	-
96.	<i>Ampithoe ramondi</i> (Audouin, 1826)	Arthropoda	-	+	+	+
97.	<i>Apsudopsis ostroumovi</i> Bacescu & Carausu, 1947	Arthropoda	+	-	-	-
98.	<i>Athanas nitescens</i> (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814])	Arthropoda	+	+	+	+

№№	Таксон	Тип	Период отбора проб			
			Май 2016	Август 2016	Ноябрь 2016	Июнь 2017
99.	<i>Caprella acanthifera</i> (Leach, 1814)	Arthropoda	+	+	+	+
100.	Chironomidae gen. sp.	Arthropoda	-	-	-	+
101.	<i>Clibanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)	Arthropoda	-	+	-	-
102.	<i>Crassikorophium bonellii</i> (H. Milne Edwards, 1830)	Arthropoda	+	+	-	+
103.	<i>Cymadusa crassicornis</i> (Costa, 1853)	Arthropoda	-	+	-	-
104.	<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	Arthropoda	-	-	-	+
105.	<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	Arthropoda	-	+	+	-
106.	<i>Dynamene bidentata</i> (Adams, 1800)	Arthropoda	+	+	+	+
107.	<i>Echinogammarus olivii</i> (H. Milne Edwards, 1830)	Arthropoda	+	+	+	+
108.	<i>Erichthonius difformis</i> (H. Milne Edwards, 1830)	Arthropoda	-	+	-	+
109.	<i>Gammarus insensibilis</i> Stock, 1966	Arthropoda	-	+	-	-
110.	<i>Halocladius vitripennis</i> (Meigen, 1818)	Arthropoda	+	-	-	-
111.	<i>Hyale perieri</i> (Lucas, 1849)	Arthropoda	+	+	+	+
112.	<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	Arthropoda	-	-	-	+
113.	<i>Iphinoe tenella</i> Sars, 1878	Arthropoda	+	-	-	-
114.	<i>Jaera (Jaera) nordmanni</i> (Rathke, 1837)	Arthropoda	+	+	+	+
115.	<i>Jassa ocia</i> (Bate, 1862)	Arthropoda	+	+	+	+
116.	<i>Liocarcinus holsatus</i> (Fabricius, 1798)	Arthropoda	+	-	-	+
117.	<i>Liocarcinus navigator</i> (Herbst, 1794)	Arthropoda	-	-	-	+
118.	<i>Melita palmata</i> (Montagu, 1804)	Arthropoda	+	+	+	+
119.	<i>Microdeutopus anomalus</i> (Rathke, 1843)	Arthropoda	+	-	-	-
120.	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> (Costa, 1853)	Arthropoda	-	+	+	+
121.	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)	Arthropoda	-	+	+	+
122.	<i>Pisidia longimana</i> (Risso, 1816)	Arthropoda	-	+	+	+
123.	<i>Rhithropanopeus harrisi</i> (Gould, 1841)	Arthropoda	+	-	-	-
124.	<i>Sphaeroma serratum</i> (Fabricius, 1787)	Arthropoda	+	+	-	-
125.	<i>Stenothoe monoculoides</i> (Montagu, 1815)	Arthropoda	+	+	+	+
126.	<i>Tanais dulongii</i> (Audouin, 1826)	Arthropoda	-	+	+	-
127.	<i>Xantho poressa</i> (Olivier, 1792)	Arthropoda	+	+	+	+
128.	<i>Amphiura stepanovi</i> Chernyavskii, 1861	Echinodermata	+	-	-	-
129.	Holoturia gen. sp.	Echinodermata	-	+	-	-
130.	Ascidia gen. sp.	Chordata	-	+	-	-
131.	<i>Ascidiella aspersa</i> (Muller, 1776)	Chordata	+	-	-	-
132.	<i>Branchiostoma lanceolatum</i> (Pallas, 1774)	Chordata	-	+	-	-
	<b>Всего таксонов:</b>	<b>132</b>	<b>65</b>	<b>72</b>	<b>64</b>	<b>67</b>
	<b>Число новых таксонов, которые регистрировались в каждой последующей съемке, по сравнению с предыдущими</b>			<b>42</b>	<b>9</b>	<b>16</b>

рованных таксонов макрозообентоса изменялось от 64 до 72, что составляло от 48 до 55% от общего количества таксонов, которые были обнаружены в пробах в период описываемого эксперимента. При этом пробы каждой очередной съемки содержали новые виды макрозообентоса, которые отсутствовали в предыдущих, что было нами зафиксировано в исследованиях, которые мы провели в Одесском заливе в 2016-2017 гг. [9] и подтверждает универсальность сделанного там вывода о том, что для полной объективной оценки характеристик биоразнообразия макрозо-

обентоса ежеквартальные наблюдения необходимо проводить не менее двух лет [9].

Учитывая, что в соответствии с литературными данными [4, 11] в прибрежной зоне острова Змеиный в период с 2003 по 2015 гг. всего было зарегистрировано только 92 таксона макрозообентоса, можно сделать вывод о том, что с увеличением количества обрабатываемых проб постоянно уточняется и пополняется видовой список, в первую очередь за счет редких немногочисленных видов, а также видов, определение

видовой принадлежности которых сопряжено с определенными трудностями.

Распределение таксонов макрозообентоса по типам донных субстратов неравномерно – на рыхлых субстратах в период исследований регистрировалось 115 таксонов макрозообентоса, что составляло 87,1 % от общего числа обнаруженных таксонов, а на каменистых субстратах – 78 таксонов (59,0 %).

В 2016-2017 гг. в прибрежной зоне острова Змеиный регулярно регистрировались 4 вида вселенцев: голландский краб *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841), двустворчатые моллюски анадара *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) и мия *Mua*

*arenaria* (Linnaeus, 1758), а также брюхоногий моллюск рапана *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846).

Из 132 таксонов бентосных организмов, обнаруженных нами в 2016-2017 гг., 6 – занесены в списки Красной книги Украины [10], 8 – в списки Красной книги Черного моря [12] (табл. 2).

«Краснокнижные» виды крабов довольно часто попадают в жаберные сети во время лова рыбы. Согласно результатам наших исследований (табл.3), наибольшее количество особей крабов в сетях отмечено в декабре.

Таблица 2

Охраняемые виды макрозообентоса прибрежной зоны острова Змеиный

№	Таксон	Охранный статус
1	<i>Ostrea edulis</i> Linnaeus, 1758 <sup>(**)</sup>	ККУ, ККЧМ
2	<i>Carcinus mediterraneus</i> Czerniavsky, 1884 <sup>(*)</sup> (Травяной краб)	ККУ, ККЧМ
3	<i>Diogenes pugilator</i> Roux, 1828 (Рак отшельник или диоген)	ККЧМ
4	<i>Eriphia verrucosa</i> Forskal, 1775 (Каменный краб)	ККУ, ККЧМ
5	<i>Macropipus arcuatus</i> (Leach, 1814) <sup>(*)</sup> (Краб плавунец)	ККЧМ
6	<i>Pachygrapsus marmoratus</i> (Fabricius, 1793) <sup>(*)</sup> (Мраморный краб)	ККУ, ККЧМ
7	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1758) (Волосатый краб)	ККУ, ККЧМ
9	<i>Xanto poressa</i> (Olivi, 1792) (Ксанто) <sup>(*)</sup>	ККУ, ККЧМ

Примечание: ККУ – Красная книга Украины [10], ККЧМ – Красная книга Черного моря [12];  
<sup>(\*)</sup> – вид отмечен визуально, <sup>(\*\*)</sup> – визуально отмечены створки раковины особи

Таблица 3

Средняя численность крабов в прибрежной зоне острова Змеиный в 2016 – 2017 гг.

Вид	Средняя численность, экз./1 сеть длиной 75 м/1 сутки									Численность экз./м <sup>2</sup> (по данным визуальных наблюдений) V, VIII, XI
	Год, месяц									
	2016									
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>X. poressa</i>	12	11	23	2	2	5	12	9	23	7-23 (D=3-12 m)
<i>M. arcuatus</i>	1	2	1	4	4	2	8	15	29	5-12 (D=10-15 m)
<i>E. verrucosa</i>	1	1	2	2	3	2	2	1	2	2-3 (D=3-12 m)
<i>C. aestuarii</i>	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1-2 (D=10-15 m)
<i>P. hirtellus</i>	0	1	0	1	2	2	3	1	0	3-5 (D=3-10 m)
<i>P. marmoratus</i>	2	1	7	4	3	6	9	1	1	2-57 (D=0 - 0,5 m)
Всего	16	17	33	13	15	17	17	28	54	
	2017									
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	VI, VIII
<i>X. poressa</i>	-	8	17	4	8	9	10	6	11	5-15 (D=3-12 m)
<i>M. arcuatus</i>	-	2	0	5	0	0	4	13	8	5-10 (D=10-15 m)
<i>E. verrucosa</i>	-	0	5	3	3	0	2	2	0	до 5 (D=3-12 m)
<i>C. aestuarii</i>	-	1	1	0	1	0	3	1	0	1-2 (D=10-15 m)
<i>P. hirtellus</i>	-	0	0	0	2	3	3	0	0	5-10 (D=3-10 m)
<i>P. marmoratus</i>	-	0	7	5	3	2	8	1	0	до 50 (D=0 - 0,5 m)
Всего	-	11	30	17	17	14	30	23	19	

Примечание: D – глубина проведения визуальных наблюдений.



Травяной краб *Carcinus aestuarii* Nordo 1847 и каменный краб *Eriphia verrucosa* Forskall, 1755 в прибрежной зоне острова Змеиный относительно немногочисленны, попадают в сети в теплое время года; волосатый краб *Pilumnus hirtellus* (Linnaeus, 1761) является обычным видом; мраморный краб *Pachygrapsus marmoratus* Fabricius, 1787, краб-водолюб *Xantho poressa* (Olivier, 1792), краб-плавунец *Macropipus arcuatus* Leach, 1814 являются массовыми. Краб-водолюб наиболее часто отмечен в сетях в июле и декабре, плавунец – в декабре, мраморный краб – в июле и октябре.

Анализ временных распределений количества идентифицированных таксонов макрозообентоса и индекса биоразнообразия Шеннона (H) на двух типах донных субстратов – рыхлом (ил, песок, ракушка) и каменистом (камни, скалы) показал, что количественные показатели макрозообентоса в прибрежных водах у острова Змеиный имеют четко выраженный сезонный ход (табл. 4).

Количество таксонов макрозообентоса в пробах на рыхлых грунтах на разных глубинах изменялось следующим образом:

- в мае 2016 г от 15 (на глубине 12 м) до 32 (глубина 32,5 м), значение H макрозообентоса в этот период изменялось в пределах от 1,7 до 2,2, при среднем значении  $1,9 \pm 0,2$ ;

- в августе 2016 г от 27 до 46 (глубина 10-15 м), H 1,2-1,7, при среднем значении  $1,4 \pm 0,1$ ;

- в ноябре 2016 г от 18 до 20 (глубина 10-15 м), H 2,2- 2,5, при среднем значении  $2,3 \pm 0,3$ ;

- в июне 2017 г от 19 (глубина 5 м) до 33 (глубина 10 м), H 2,0- 2,9, при среднем значении  $2,6 \pm 0,1$ .

На каменистом субстрате отмечена схожая динамика сезонных колебаний количества таксонов макрозообентоса и его биоразнообразия:

- в мае 2016 г от 14 до 16 (глубина от уреза воды до 5 м), значение H макрозообентоса в этот период изменялось в пределах от 1,4 до 1,8, при среднем значении  $1,6 \pm 0,1$ ;

- в августе 2016 г составляло 36 таксонов, H – 1,4-1,7, при среднем значении  $1,5 \pm 0,1$ ;

- в ноябре 2016 г от 19 до 39 (глубина до 5 м), H – 1,1-2,3, при среднем значении  $1,8 \pm 0,2$ ;

- в июне 2017 г от 26 до 34 (глубина до 10 м), H – 1,7-2,3, при среднем значении  $2,0 \pm 0,3$ .

Анализ представленных данных показал, что практически на всех субстратах повышение температуры воды вызывало повышение количества видов макрозообентоса, так как, по нашим данным, в пробах увеличивалось количество теплолюбивых видов. Напротив, понижение температуры воды вызывало уменьшение числа видов макрозообентоса в пробах, так как, по нашему мнению, происходило перемещение глубины, больше чем глубина отбора бентосной рамкой (5-10 см).

В период исследований общая численность макрозообентоса в прибрежной зоне острова Змеиный изменялась:

- в мае 2016 г от  $0,717 \times 10^4$  до  $2,047 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> при среднем значении  $1,555 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> и в пределах от 0,017 до 0,422 кг/м<sup>2</sup>, при среднем значении 0,137 кг/м<sup>2</sup> соответственно;

- в августе 2016 г от  $2,353 \times 10^4$  до  $16,943 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> при среднем значении  $6,610 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> и в пределах от 0,061 до 34,857 кг/м<sup>2</sup>, при среднем значении 9,066 кг/м<sup>2</sup> соответственно;

- в ноябре 2016 г от  $0,317 \times 10^4$  до  $0,603 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> при среднем значении  $0,460 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> и в пределах от 0,020 до 0,094 кг/м<sup>2</sup>, при среднем значении 0,057 кг/м<sup>2</sup> соответственно;

- в июне 2017 г от  $0,408 \times 10^4$  до  $0,740 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> при среднем значении  $0,626 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> и в пределах от 0,043 до 9,001 кг/м<sup>2</sup>, при среднем значении 5,125 кг/м<sup>2</sup> соответственно.

На каменистом субстрате отмечена схожая динамика сезонных колебаний количественных показателей макрозообентоса:

- в мае 2016 г от  $2,683 \times 10^4$  до  $3,610 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> при среднем значении  $3,147 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> и в пределах от 7,249 до 13,171 кг/м<sup>2</sup>, при среднем значении 10,210 кг/м<sup>2</sup> соответственно;

- в августе 2016 г от  $27,855 \times 10^4$  до  $30,725 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> при среднем значении  $29,290 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> и в пределах от 28,529 до 46,147 кг/м<sup>2</sup>, при среднем значении 37,338 кг/м<sup>2</sup> соответственно;

- в ноябре 2016 г от  $4,593 \times 10^4$  до  $10,100 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> при среднем значении

Таблица 4

Количественные характеристики макрозообентоса и физико-химические показатели морской среды в прибрежной зоне острова Змеиный в 2016-2017 гг.

Дата	Код пробы	Глубина, м	Тип субстрата	T, °C	S, ‰	H	Кол-во таксонов	Сум.числ., 10 <sup>4</sup> экз/м <sup>2</sup>	Сум.биом., кг/м <sup>2</sup>
<b>Рыхлый субстрат</b>									
16.05.16	16Z-1-7-ZB-1	32,5	Песок, ракушечник, ил	6,9	18,030	2,2	32	1,793	0,147
16.05.16	16Z-1-7-ZB-2	32,5	Песок, ракушечник, ил	6,9	18,030	2,0	21	1,640	0,067
17.05.16	16Z-3-4-ZB-3	12,0	Песок, ракушечник	11,5	16,730	1,7	15	2,047	0,422
19.05.16	16Z-1-4-ZB-6	12,0	Песок, ракушечник	11,5	16,730	1,7	18	1,577	0,017
19.05.16	16Z-1-6-ZB-7	25,0	Песок, ракушечник, ил	6,9	18,030	2,0	25	0,717	0,033
20.08.16	16Z-5-3-ZB-10	10,0	Песок, ракушечник	25,3	15,500	1,7	46	16,943	34,857
19.08.16	16Z-5-4-ZB-9	15,0	Песок, ракушечник	24,1	17,000	1,2	33	3,800	1,128
19.08.16	16Z-5-3-ZB-8	10,0	Песок, ракушечник	24,8	16,100	1,4	27	2,353	0,061
27.11.16	16Z-1-4-ZB-13	15,0	Песок, ракушечник	10,8	18,000	2,2	18	0,603	0,020
27.11.16	16Z-1-3-ZB-17	10,0	Песок, ракушечник	10,8	18,000	2,5	20	0,317	0,094
24.06.17	17Z-3-4-ZB-1	15,0	Песок, ракушечник	13,3	17,030	2,9	29	0,740	9,001
24.06.17	17Z-3-3-ZB-2	10,0	Песок, ракушечник	22,5	15,590	2,7	33	0,408	6,329
24.06.17	17Z-3-2-ZB-4	5,0	Песок, ракушечник	23,6	14,500	2,0	19	0,730	0,043
<b>Каменистый субстрат</b>									
17.05.16	16Z-3-2-ZB-4	6,0	Валуны, камни	16,4	14,500	1,4	14	2,683	13,171
18.05.16	16Z-1-2-ZB-5	0,5	Валуны, камни	16,3	14,070	1,8	16	3,610	7,249
20.08.16	16Z-5-2-ZB-11	5,0	Валуны, камни	25,5	15,300	1,4	36	30,725	46,147
20.08.16	16Z-5-1-ZB-12	0,5	Валуны, камни	26,0	15,200	1,7	36	27,855	28,529
27.11.16	16Z-1-3-ZB-14	10,0	Валуны, камни	10,8	18,000	2,1	39	4,780	15,089
27.11.16	16Z-1-2-ZB-15	5,0	Валуны, камни	10,1	18,000	2,3	35	4,593	11,549
27.11.16	16Z-1-1-ZB-16	0,5	Валуны, камни	10,1	18,000	1,1	19	10,100	6,925
24.06.17	17Z-3-3-ZB-3	10,0	Валуны, камни	22,5	15,600	1,7	34	5,747	17,751
24.06.17	17Z-3-2-ZB-5	5,0	Валуны, камни	23,6	14,500	2,3	32	2,697	29,848
24.06.17	17Z-3-1-ZB-6	1,0	Валуны, камни	24,2	14,440	2,0	26	4,570	1,531

$6,491 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> и в пределах от 6,925 до 15,089 кг/м<sup>2</sup>, при среднем значении 11,188 кг/м<sup>2</sup> соответственно;

- в июне 2017 г от  $2,697 \times 10^4$  до  $5,747 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> при среднем значении  $4,338 \times 10^4$  экз./м<sup>2</sup> и в пределах от 1,531 до 29,848 кг/м<sup>2</sup>, при среднем значении 16,377 кг/м<sup>2</sup> соответственно.

По результатам обработки проб, на прибрежных станциях наиболее высокие значения численности и биомассы макрозообентоса на рыхлых субстратах были отмечены на глубине около 10 м., а на каменистом субстрате на глубинах от 0,5 до 5,0 м, в первую очередь, за счет моллюсков (численность), моллюсков и десятиногих ракообразных (биомасса).

В период исследований в прибрежной зоне острова Змеиный были идентифицированы представители 10 крупных таксономических групп макрозообентоса: Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nemertea, Bryozoa, Annelida, Mollusca, Arthropoda, Echinodermata, Chordata (табл. 1).

Наибольший вклад в общую численность и биомассу макрозообентоса как на рыхлых грунтах, так и на каменистом субстрате в прибрежной зоне острова Змеиный вносили представители двух таксономических групп Mollusca и Arthropoda (рис. 2-5).

Средние значения численности и биомассы Mollusca за весь период исследований 2016-2017 гг. в прибрежной зоне острова изменялись в пределах от 83,3 до 36577,8 экз./м<sup>2</sup> и от 24,81 до 11221,96 мг/м<sup>2</sup> на рыхлых грунтах, и в пределах от 15133 до 77400 экз./м<sup>2</sup> и от 10092,66 до 36898,66 мг/м<sup>2</sup> на каменистом субстрате соответственно. Максимальные значения численности и биомассы Mollusca (рис. 3-5) были зарегистрированы летом 2016 года на каменистых грунтах. Численность Arthropoda на каменистом субстрате достигала величин 209750 экз./м<sup>2</sup>, а на рыхлых грунтах – не превышала 33889 экз./м<sup>2</sup>. Пределы изменения биомассы членистоногих составляли: на каменистом субстрате от 83,78 до 593,72 мг/м<sup>2</sup>, а на рыхлых субстратах от 15,26 до 777,53 мг/м<sup>2</sup>. Пик развития Arthropoda отмечен в летне-осенний период (рис. 2-5). Средние значения численности и биомассы Porifera за весь период исследований 2016-2017 гг. на станциях мониторинга вокруг острова составляли 33,3 экз./м<sup>2</sup> и 0,05 мг/м<sup>2</sup> на рыхлых грун-

тах и 583,3 экз./м<sup>2</sup> и 51,0 мг/м<sup>2</sup> на каменистом субстрате соответственно. Наибольшие количественные показатели этой группы макрозообентоса были отмечены в летний период 2016 года. Вклад Cnidaria в сообщество макрозообентоса в 2016-2017 гг. был более существенен на каменистом субстрате – от 575,0 до 12677,8 экз./м<sup>2</sup> и от 1,10 до 19,94 мг/м<sup>2</sup> соответственно. На рыхлом субстрате численность и биомасса этой группы организмов не превышала 683,3 экз./м<sup>2</sup> и 0,65 мг/м<sup>2</sup> соответственно. Вклад Platyhelminthes существенен по численности – 66,7-300 экз./м<sup>2</sup> на рыхлых грунтах и до 950 экз./м<sup>2</sup> на каменистом субстрате, но не значителен по биомассе – 0,08-3,71 мг/м<sup>2</sup> на рыхлом субстрате и 0,17-1,40 мг/м<sup>2</sup> на каменистом. Вклад других групп не значителен.

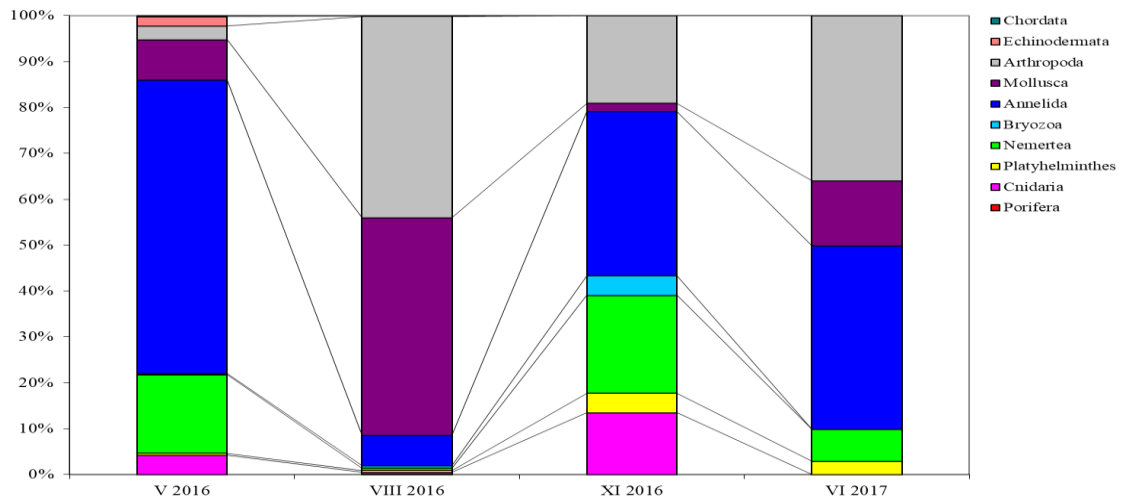
Результаты проведенной нами оценки доминантности по трем основным характеристикам (встречаемости, численности и биомассе) основных групп макрозообентоса (табл. 5) показал, что по общему коэффициенту доминантности в порядке его снижения, основные группы макрозообентоса располагались в следующем порядке: Mollusca>Arthropoda>Annelida>Bryozoa>Platyhelminthes>Porifera>Nemertea>Cnidaria>Echinodermata.

Существенных изменений общего коэффициента доминирования отдельных групп макрозообентоса по сезонам не выявлено. Представители Echinodermata и Chordata были отмечены только весной и летом 2016 года.

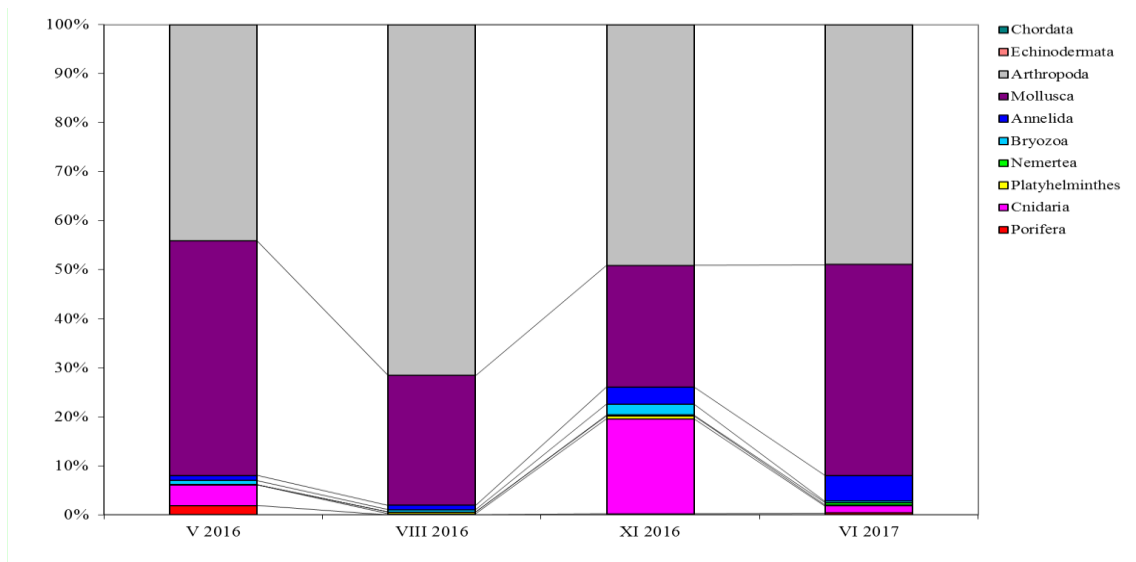
Результаты оценки современного качества морской среды по индексам АМВІ и М-АМВІ прибрежной зоны острова Змеиный по метрикам макрозообентоса (табл. 6 и рис. 6), показали, что оценка «хорошее» (Good) была зарегистрирована в 21, а «удовлетворительное» (Moderate) – в 2 случаях из 23.

В среднем для разных сезонов года значения индексов АМВІ и М-АМВІ составили: в мае 2016 года –  $2,56 \pm 1,08$  и  $0,59 \pm 0,05$  соответственно; в августе 2016 года –  $1,86 \pm 0,17$  и  $0,69 \pm 0,07$  соответственно; в ноябре 2016 года –  $1,70 \pm 0,57$  и  $0,71 \pm 0,12$  соответственно; в июне 2017 года –  $1,87 \pm 0,71$  и  $0,75 \pm 0,10$  соответственно.

В целом по критериям MSFD качество среды по состоянию макрозообентоса оценено как хорошее в 21 случае из 23. В 2 случаях в мае 2016 года качество оценено как



**Рис. 2** – Относительный вклад отдельных групп в общую численность макрозообентоса в 2016-2017 гг. в прибрежной зоне острова Змеиный в пробах, отобранных на рыхлых донных субстратах (ил, песок, ракуша)



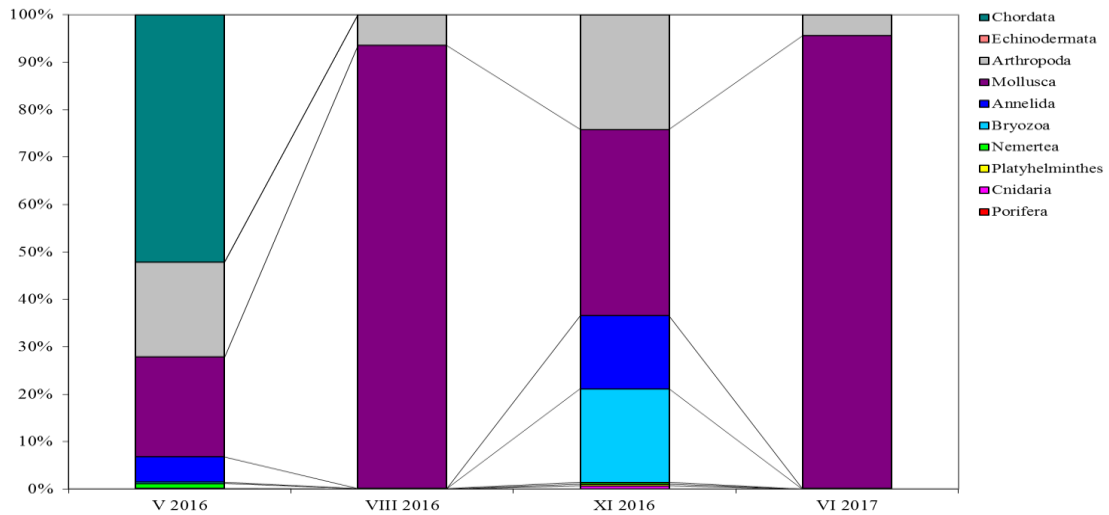
**Рис. 3** – Относительный вклад отдельных групп в общую численность макрозообентоса в 2016-2017 гг. в прибрежной зоне острова Змеиный в пробах, отобранных на каменистых донных субстратах (камни, валуны, скалы)

плохое. Именно в этот период прибрежные воды у острова испытывали наибольшее влияние стока реки Дунай, что, вероятно, могло негативно отразиться на состоянии бентосных сообществ этого региона. Зависимости показателя качества среды от глубины отбора пробы и от типа донного субстрата не выявлено.

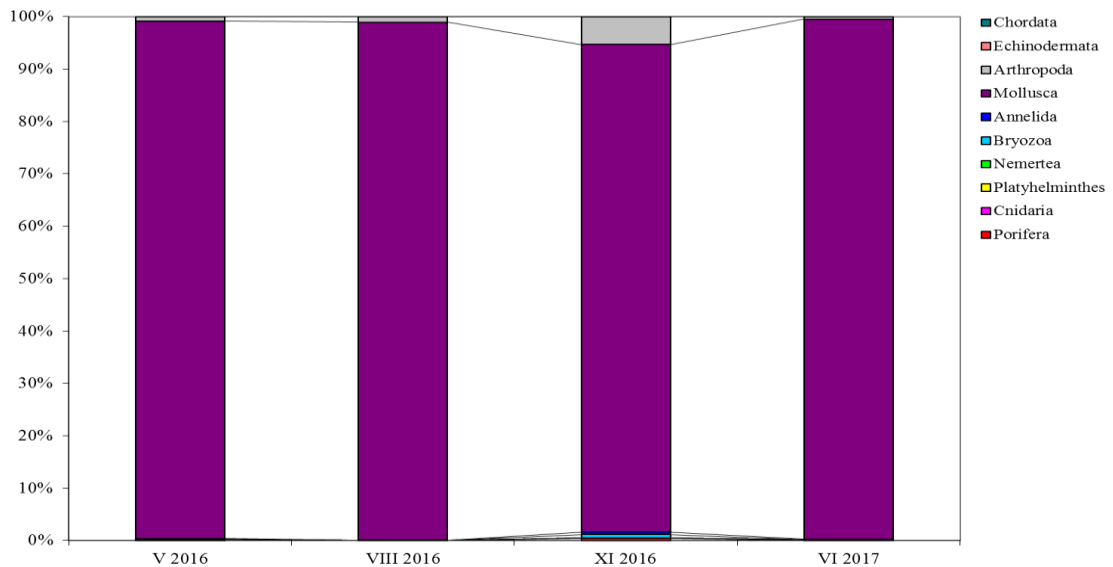
Характеристики макрозообентоса прибрежной зоны острова Змеиный имеют определенные черты сходства с бентосным сообществом Одесского залива [9]. Основу таксономического состава бентоса сравниваемых районов составляют представители крупных групп Mollusca, Arthropoda и

Annelida. Таксономический состав и количественные показатели макрозообентоса как в прибрежной зоне у острова Змеиный, так и в Одесском заливе имеют четко прослеживающийся сезонный ход с максимальным развитием бентоса в летний период.

В целом по критериям MSFD качество среды по состоянию макрозообентоса оценено как хорошее (GES) как в прибрежных водах у острова (в 91,3% случаев), так и в Одесском заливе (в 80,7% случаев). Зависимости показателя качества среды от глубины отбора пробы, а также от типа субстрата в этих районах не выявлено [9].



**Рис. 4** – Относительный вклад отдельных групп в общую биомассу макрозообентоса в 2016-2017 гг. в прибрежной зоне острова Змеиный в пробах, отобранных на рыхлых донных субстратах (ил, песок, ракуша)



**Рис. 5** – Относительный вклад отдельных групп в общую биомассу макрозообентоса в 2016-2017 гг. в прибрежной зоне острова Змеиный в пробах, отобранных на каменистых донных субстратах (камни, валуны, скалы)

### Выводы

Всего в период исследований 2016 - 2017 гг. в прибрежной зоне острова Змеиный было идентифицировано 132 таксона бентосных беспозвоночных 10 крупных таксономических групп макрозообентоса: Porifera (0,8% таксономического состава), Cnidaria (5,3%), Platyhelminthes (2,3%), Nemertea (0,8%), Bryozoa (2,3%), Annelida (39,4%), Mollusca (18,9%), Arthropoda (26,5%), Echinodermata (1,4%), Chordata

(2,3%). Из 132 таксонов бентосных организмов 6 – занесены в списки Красной книги Украины, 8 – в списки Красной книги Черного моря.

Анализ полученных результатов показал, что таксономический состав и количественные показатели макрозообентоса в прибрежной зоне острова Змеиный имеют четко прослеживающийся сезонный ход с максимальным развитием бентоса в летний

Таблица 5

Доминантность 10 групп макрозообентоса прибрежной зоны острова Змеиный в 2016-2017 гг.

Период исследований	Таксономическая группа																													
	Porifera			Cnidaria			Platyhelminthes			Nemertea			Bryozoa			Annelida			Mollusca			Arthropoda			Echinodermata			Chordata		
	O	N	B	O	N	B	O	N	B	O	N	B	O	N	B	O	N	B	O	N	B	O	N	B	O	N	B	O	N	B
весна 2016	7	5	4	7	6	7	8	3	1	6	7	3	8	2	5	10	8	6	10	10	10	10	9	8	5	4	2	4	2	9
лето 2016	9	3	3	7	6	8	7	7	5	6	5	4	8	5	7	10	8	6	10	9	10	10	10	9	5	4	1	4	3	2
осень 2016	7	3	7	7	8	4	8	5	5	8	4	3	6	6	8	9	7	6	10	9	10	10	10	9	-	-	-	-	-	-
лето 2017	8	4	5	7	7	8	8	5	4	7	6	3	6	3	7	9	8	6	10	9	10	10	10	9	-	-	-	-	-	-
Общий коэф. доминантности	5,42			6,83			5,50			5,17			5,92			7,75			9,75			9,50			1,75			2,00		

Примечание: О – встречаемость, N – численность, B – биомасса макрозообентоса

Таблиця 6

## Оценка качества морских вод по мультиметрическим индексам макрозообентоса прибрежной зоны острова Змеиный в 2016-2017 гг.

Дата	Код станции	Глубина, м	R	H	AMBI	M-AMBI	Качество среды	MSFD статус
16.05.16	16Z-1-7-ZB-1	32,5	32	2,2	3,5	0,66	Good	<b>GES</b>
16.05.16	16Z-1-7-ZB-2	32,5	21	2,0	4,0	0,52	Moderate	<b>Non - GES</b>
17.05.16	16Z-3-4-ZB-3	12,0	15	1,7	1,3	0,60	Good	<b>GES</b>
17.05.16	16Z-3-2-ZB-4	6,0	14	1,4	1,8	0,54	Moderate	<b>Non - GES</b>
18.05.16	16Z-1-2-ZB-5	0,5	16	1,8	1,6	0,64	Good	<b>GES</b>
19.05.16	16Z-1-4-ZB-6	12,0	18	1,7	2,2	0,56	Good	<b>GES</b>
19.05.16	16Z-1-6-ZB-7	25,0	25	2,0	3,5	0,58	Good	<b>GES</b>
19.08.16	16Z-5-3-ZB-8	10,0	27	1,4	2,0	0,79	Good	<b>GES</b>
19.08.16	16Z-5-4-ZB-9	15,0	33	1,2	1,9	0,63	Good	<b>GES</b>
20.08.16	16Z-5-3-ZB-10	10,0	46	1,7	1,8	0,63	Good	<b>GES</b>
20.08.16	16Z-5-2-ZB-11	5,0	36	1,4	2,0	0,69	Good	<b>GES</b>
20.08.16	16Z-5-1-ZB-12	0,5	36	1,7	1,6	0,73	Good	<b>GES</b>
27.11.16	16Z-1-4-ZB-13	15,0	18	2,2	2,6	0,60	Good	<b>GES</b>
27.11.16	16Z-1-3-ZB-14	10,0	39	2,1	1,7	0,83	Good	<b>GES</b>
27.11.16	16Z-1-2-ZB-15	5,0	35	2,3	1,6	0,82	Good	<b>GES</b>
27.11.16	16Z-1-1-ZB-16	0,5	19	1,1	1,0	0,59	Good	<b>GES</b>
27.11.16	16Z-1-3-ZB-17	10,0	20	2,5	1,6	0,73	Good	<b>GES</b>
24.06.17	17Z-3-4-ZB-1	15,0	29	2,9	2,1	0,82	Good	<b>GES</b>
24.06.17	17Z-3-3-ZB-2	10,0	33	2,7	1,9	0,84	Good	<b>GES</b>
24.06.17	17Z-3-2-ZB-4	5,0	19	2,0	1,4	0,76	Good	<b>GES</b>
24.06.17	17Z-3-3-ZB-3	10,0	34	1,7	3,0	0,57	Good	<b>GES</b>
24.06.17	17Z-3-2-ZB-5	5,0	32	2,3	1,9	0,78	Good	<b>GES</b>
24.06.17	17Z-3-1-ZB-6	1,0	26	2,0	0,9	0,75	Good	<b>GES</b>

Примечание: R – обилие вида; H – индекс биоразнообразия по Шеннону; AMBI и M-AMBI значения индексов AMBI и M-AMBI; Good – «хорошее», Moderate – «удовлетворительное» качество среды, GES (Good Environmental Status) – хороший природный статус

период. По результатам единичных съемок выявлено, что количество зарегистрированных таксонов на съемках менялось в пределах от 64 до 72, что составляло от 48 до 55% от общего количества таксонов, которые были обнаружены во всех пробах в период с июня 2016 г. до июня 2017 г. В мае 2016 года в пробах было отмечено 65 таксонов макрозообентоса, в августе – 72 таксона, в ноябре – 64 таксона, в июне 2017 года – 67 таксонов.

Был подтвержден зафиксированный нами в Одесском заливе в 2016-2017 гг. факт появления в каждой очередной съемке новых видов макрозообентоса, которые отсутствовали в предыдущих, что позволяет нам утверждать, что в разных районах для

полной объективной оценки характеристик биоразнообразия макрозообентоса ежеквартальные наблюдения необходимо проводить не менее двух лет.

На рыхлом субстрате отмечено 115 таксонов макрозообентоса (87,1 % обнаруженных у острова таксонов). Макрозообентос каменистого субстрата менее разнообразен – 78 таксонов (59,0 %). Число таксонов макрозообентоса в пробах на рыхлых грунтах на разных глубинах изменялось от 15 до 46; значение H макрозообентоса изменялось от 1,2 до 2,9. На каменистом субстрате отмечена схожая динамика сезонных колебаний количества таксонов макрозообентоса (от 14 до 39) и его биоразнообразия (H изменялся от 1,1 до 2,3).

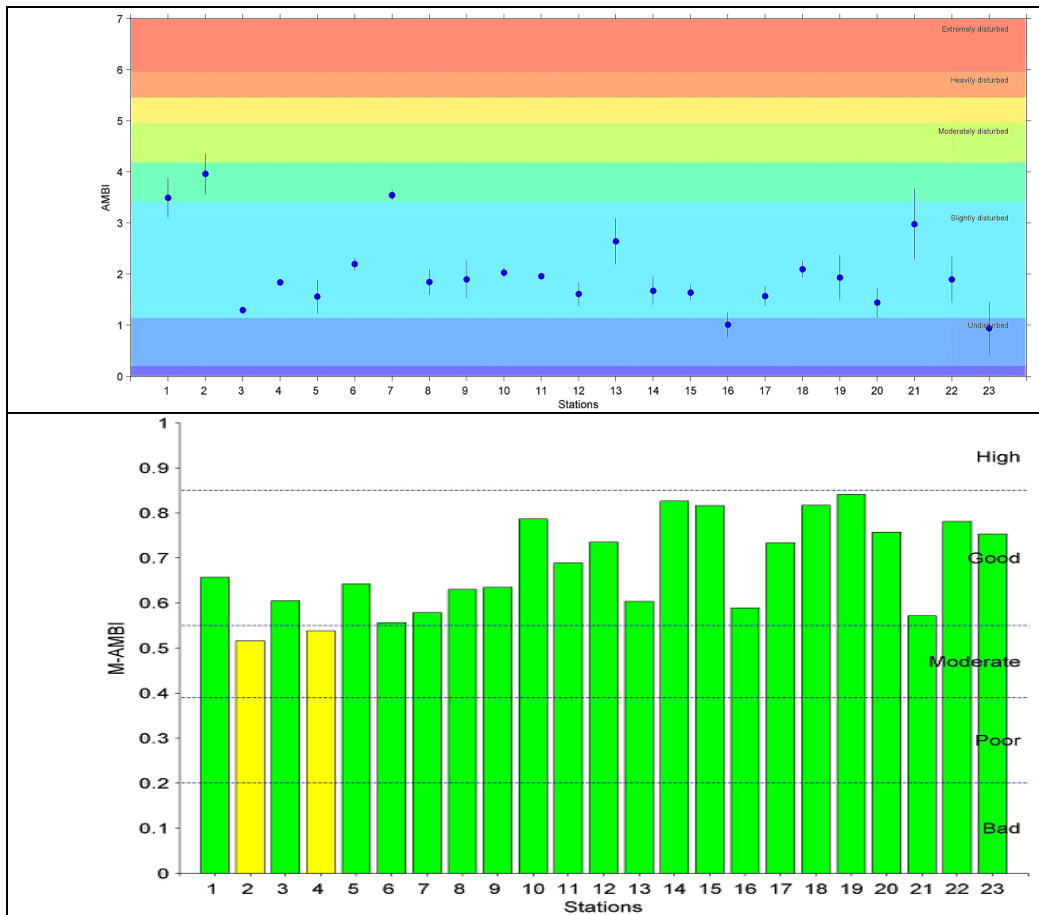


Рис. 6 – Экологический статус (ES) донных сообществ прибрежной зоны острова Змеиный, оцененный по индексам AMBI и M-AMBI

Количественные характеристики макрозообентоса в прибрежной зоне острова Змеиный изменялись в широких пределах: численность – от  $0,317 \times 10^4$  (27.11.2016) до  $16,943 \times 10^4$  (19.08.2016) экз./м<sup>2</sup> (рыхлые субстраты) и от  $2,683 \times 10^4$  (17.05.2016) до  $30,725 \times 10^4$  (19.08.2016) экз./м<sup>2</sup> (каменистые субстраты; биомасса – от 0,017 (17.05.2017) до 34,857 (19.08.2016) кг/м<sup>2</sup> (рыхлые субстраты) и от 1,531 (27.11.2016) до 46,147 (19.08.2016) кг/м<sup>2</sup> (каменистые субстраты).

Величины индексов AMBI и M-AMBI в 23 пробах макрозообентоса, которые характеризуют качество морской среды как «хорошее» были зафиксированы в 21 пробе и как «удовлетворительное» в 2 пробах. Средние значения индексов AMBI и M-AMBI в разные сезоны года составляли: в мае 2016 года –  $2,56 \pm 1,08$  и  $0,59 \pm 0,05$  соответственно; в августе 2016 года –  $1,86 \pm 0,17$  и  $0,69 \pm 0,07$  соответственно; в ноябре 2016 года –  $1,70 \pm 0,57$  и  $0,71 \pm 0,12$  соответственно; в июне 2017 года –  $1,87 \pm 0,71$  и  $0,75 \pm 0,10$  соответственно. В 91% проб по обилию видов; индекс Шеннону; AMBI и M-AMBI

качество морской среды соответствует оценке «хорошее» (GES). Лишь в 9% проб (май 2016 г.) наблюдалось «плохое» (Non – GES) состояние макрозообентоса.

Характеристики макрозообентоса прибрежной зоны острова Змеиный имеют определенные черты сходства с бентосным сообществом Одесского залива. Таксономический состав и количественные показатели макрозообентоса в прибрежной зоне у острова Змеиный, также как и в Одесском заливе [9], имеют четко прослеживающийся сезонный ход с максимальным развитием бентоса в летний период.

Авторы благодарят Министерство образования и науки Украины и международный (EU-UNDP) проект EMBLAS – II (Улучшение мониторинга природной среды Черного моря) за финансовую поддержку в получении экспериментальных данных, что позволило нам в рамках научного проекта «Провести морские экосистемные исследования и разработать научную основу для внедрения директивы ЕС по морской стратегии», выполнить настоящее исследование.



## Литература

1. Бушуев С. Г., Куракин А. П., Чичкин В. Н. Оценка запасов промысловых беспозвоночных (мидия, рапана) в прибрежной зоне о. Змеиный. *Екологічні проблеми Чорного моря: матеріали VI-го Симпозіуму*, (11 – 12 лист. 2004 р.), Одеса: ОЦНТЕІ, 2004. С. 80-84.
2. Виноградов К. А. Очерки по истории отечественных гидробиологических исследований на Черном море. / Отв. ред. Я. В. Ролл. АН УССР. Ин-т гидробиологии. Одес. биол. ст. Киев: Изд-во АН УССР, 1958. 152 с.
3. Зайцев Ю. П., Александров Б. Г., Миничева Г. Г. и др. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. Киев: Наукова думка, 2006. 701 с.
4. Медінець В. І., Чічкин В. М., Снігірев С. М. Макрозообентос. *Острів Зміїний. Екосистема прибережних вод*: монографія / за ред. В. І. Медінця. Одесса: «Астропринт», 2008. С. 144-158
5. Методические указания №36 / Под. Ред. Л. П. Жданова. Л.: Гидрометеиздат, 1971. С. 66.
6. Определитель фауны Черного и Азовского морей / Под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского. Киев: Наук. Думка, 1968. Т.1, 1969. Т.2, 1972. Т.3.
7. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. А. В. Цыбань. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 190 с.
8. Синегуб И. А. Макрозообентос прибрежных вод острова Змеиный (Черное море). *Екологіческая безопасність прибережної і шельфової зон і комплексне використання ресурсів шельфа*. НАН України, МГІ, ОФ ІнБЮМ. Севастополь, 2001. С. 301-315.
9. Снігірев С. М., Чернявський А. В., Наум Е. А., Галкіна А. А., Медінець В. І., Газетов Е. І., Конарева О. П., Снігірев П. М. Состояние макрозообентоса в прибрежных водах Одесского залива в 2016-2017 гг. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. Вип. 31. С. 40-56.
10. Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І. А. Акімова. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.
11. Чичкин В. Н., Куракин А. П. Митилиды о. Змеиный. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: Біологія. Спец. Вип. «Гідроекологія»*. 2005. Вип. 4 (27). С. 264-266.
12. Black Sea Red Data Book / Ed. by H. J. Dumont. New York: United Nations Office for Project Services, 1999. 413 p.
13. Borja, A., 2006. The new European Marine Strategy Directive: Difficulties, opportunities, and challenges. *Marine Pollution Bulletin*, 52: 239-242.
14. Borja, Á., I. Galparsoro, X. Irigoien, A. Iriondo, I. Menchaca, I. Muxika, M. Pascual, I. Quincoces, M. Revilla, J. Germán Rodríguez, M. Santurtún, O. Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, I. Zorita, Implementation of the European Marine Strategy Framework Directive: A methodological approach for the assessment of environmental status, from the Basque Country (Bay of Biscay). *Marine Pollution Bulletin*, 2011. 62: 889-904.
15. Poppe G. T. and Goto Y. (1991) European seashells. Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda. Volume 1. Wiesbaden: Hemmen, 352 pp.
16. Snigirov S. , Medinets V. , Chichkin V. , Sylantsev S. Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiinyi Island, Black Sea. *Aquatic Invasions*. 2013. Vol. 8, No 3, P. 289-297.
17. Todorova V., Prodanov, B., Dimitrov L., Kotsev I. (2013) Initial Assessment of the marine environmental status according to art. 8 of the Regulation for marine environmental protection. URL:[https://www.academia.edu/10234304/INITIAL\\_ASSESSMENT\\_OF\\_THE\\_TECHNOGENIC\\_PRESSURE\\_IN\\_THE\\_MEDIOLITTORAL\\_ZONE\\_OF\\_THE\\_BULGARIAN\\_BLACK\\_SEA\\_COAST](https://www.academia.edu/10234304/INITIAL_ASSESSMENT_OF_THE_TECHNOGENIC_PRESSURE_IN_THE_MEDIOLITTORAL_ZONE_OF_THE_BULGARIAN_BLACK_SEA_COAST)
18. Todorova V. and Konsulova T., Manual for quantitative sampling and sample treatment of marine-soft bottom macrozoobenthos. 2005. 38 p.
19. World Register of Marine Species (WoRMS). URL: <http://www.marinespecies.org/>

## References

1. Bushuev, S. G., Kurakin, A. G., Chichkin, V. N. (2004). Assessment of stock of commercial invertebrates (rapa vhelk, mussels) in the Zmiinyi Island coastal zone. *Ecological Problems of the Black Sea: 6<sup>th</sup> Symposium, 11 – 12 October, 2004*. Odessa: OTsNTEI. 80-84. (In Russian).
2. Vinogradov, K. A. (1958). Sketch-book on the history of hydrobiological studies of the Black Sea. Kiev: Publisher of the Academy of Sciences of the YkrSSR. (In Russian).
3. Zaitsev, Yu. P., Aleksandrov, B. G., Minicheva, G. G. et al. (2006) North-Western Black Sea: hydrology and ecology. Kiev: Naukova Dumka. 701. (In Russian).
4. Medinets, V. I., Chichkin, V. M., Snigirev, S. M. (2008). Zmiinyi Island: Ecosystem of coastal waters : Monograph. Odessa, Astroprynt. (In Ukrainian).

5. Zhdanov, L. P. (Ed.). Methodological guidelines No.36. (1971). Leningrd : Gidrometeoizdat. (In Russian).
6. Mordukhay-Boltovsky F. D. (Ed.). (1972). Identification guide of the Azov and Black Seas fauna. Kiev. Naukova Dumkaa, 1-3. (In Russian).
7. Tsyban A. V. (Ed.). (1980). Manual on methods of biological analysis of sea water and sediments. Leningrad: Gidrometeoizdat. (In Russian).
8. Sinegub, I. A. (2001). Macrozoobenthos of the Zmiinyi Island (Black Sea) coastal waters. In : *Environmental safety of the coastal and shelf zones and integrated management of shelf resources* (pp. 301-315). NASU, MHI, OB IBSS. Sevastopol. (In Russian).
9. Snigirev, S. M., Chernyavskiy, A. V., Naum, E. A., Galkina, A. A., Medinets, V. I., Gazyetov, Ye. I., Konareva, O. P., Snigirev, P. M. (2019). State of macrozoobenthos in Odessa Bay coastal waters in 2016-2017. *Man and environment. Issues of neoecology*, (31), 40-56. (In Russian).
10. Akimov, I. A. (Ed.). (2009). Red Data Book of Ukraine. Fauna. Kyiv: Globalkonsalting. (In Ukrainian).
11. Chichkin, V. N., Kurakin, A. P. (2005). Mussels of the Zmiinyi Island. *Proceedings of Ternopol National Pedagogical University. Series: Biology. Special edition "Hydroecology"*, 4 (27), 264-266. (In Russian).
12. Dumont, H. J. (Ed.). (1999). Black Sea Red Data Book. New York: United Nations Office for Project Services.
13. Borja, A., (2006). The new European Marine Strategy Directive: Difficulties, opportunities, and challenges. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 239-242.
14. Borja, Á., Galparsoro, I., Irigoien, X., Iriondo, A., Menchaca, I., Muxika, I., Pascual, M., Quincoces, I., Revilla, M., Germán Rodríguez, J., Santurtún, M., Solaun, O., Uriarte, A., Valencia, V., Zorita, I. (2011). Implementation of the European Marine Strategy Framework Directive: A methodological approach for the assessment of environmental status, from the Basque Country (Bay of Biscay). *Marine Pollution Bulletin*, 62, 889-904.
15. Poppe, G.T. and Goto, Y. (1991). European seashells. Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda. 1. Wiesbaden: Hemmen.
16. Snigirov, S., Medinets, V., Chichkin, V., Sylantyev, S. (2013). Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiinyi Island, Black Sea. *Aquatic Invasions*, 8 (3), 289-297.
17. Todorova, V., Prodanov, B., Dimitrov, L., Kotsev, I. (2013) Initial Assessment of the marine environmental status according to art. 8 of the Regulation for marine environmental protection. Retrieved from [https://www.academia.edu/10234304/INITIAL\\_ASSESSMENT\\_OF\\_THE\\_TECHNOGENIC\\_PRESSURE\\_IN\\_THE\\_MEDIOLITTORAL\\_ZONE\\_OF\\_THE\\_BULGARIAN\\_BLACK\\_SEA\\_COAST](https://www.academia.edu/10234304/INITIAL_ASSESSMENT_OF_THE_TECHNOGENIC_PRESSURE_IN_THE_MEDIOLITTORAL_ZONE_OF_THE_BULGARIAN_BLACK_SEA_COAST)
18. Todorova, V. and Konsulova, T. (2005). Manual for quantitative sampling and sample treatment of marine-soft bottom macrozobenthos.
19. World Register of Marine Species (WoRMS). (2019). Retrieved from <http://www.marinespecies.org/>

Надійшла до редколегії 11.10.2019

Прийнята 20.12.2019

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**), переклад англійською мовою. 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. 21**

**Збірник наукових праць**

Українською, російською та англійською мовами

Макетування та комп'ютерне верстання  
Баскакова Л. В.

Підписано до друку 27.12.2019 Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub> . Папір офсетний.  
Друк ризографічний

Ум. друк. арк. 10,7. Обл.-вид. арк. 12,5  
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