

УДК 504.4.054

Olena Mitryasova¹, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Ecology Department
ORCID ID: 0000-0002-9107-4448 *e-mail*: eco-terra@ukr.net

Volodymyr Pohrebennyk², Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Ecological Safety and Nature Protection Activity
ORCID ID: 0000-0002-1491-2356

Alla Shybanova², PhD, assistant professor of the Department of Ecological Safety and Nature Protection Activity
ORCID ID: 0000-0003-0364-7056 *e-mail*: ashybanova16@gmail.com

Elvira Dzhumelia², assistant of the Department of Software
ORCID ID: 0000-0003-3146-8725 *e-mail*: elviradzhumelia@gmail.com

¹ Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

² Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL STATUS OF THE WATER OBJECT BY HYDROCHEMICAL INDICATORS

***Abstract.** The problem of surface water is one of the key challenges of humanity. In accordance with the goals of research and analysis of the environmental status of water bodies are of great practical importance, as their condition further affects the quality of drinking water. The purpose of the work is to assess the environmental status of the water body. The originality of the obtained results is a comprehensive assessment based on the analysis of time monitoring data on the ecological status of water of the water body, taking into account the weighting factors of pollution indices. The study of the ecological state was carried out taking into account the integrated hydrochemical indicators. Microsoft Excel software was used to conduct the study. Google Maps was used to find places on maps and build the maps you needed to work. Microsoft Excel was used to perform calculations and build graphics. The ecological status of a water body is determined on the basis of pollution index calculations. The method of assessing the ecological status of surface waters by relevant categories has been improved through the use of weights. The assessment method is universal and can be used to study the ecological status of any water body. However, the selection of hydrochemical indicators took into account only the content of major pollutants, namely chlorides, sulfates, phosphates, suspended solids, petroleum products, compounds of copper and zinc violated. The obtained research results can be used in the development of water management plans and measures to improve their condition.*

***Key words:** assessment of water quality; the environmental index; the index of pollution components in the salt composition; the tropho-saprobiological index, the index of specific indices of toxic and radiation action*

© О.П. Мітрянcова, **В.Д. Погребенник**, А.М. Шибанова, Е.А. Джумеля, 2022

О.П. Мітрясова¹, **В.Д. Погребенник²**, А.М. Шибанова², Е.А. Джумеля²

¹ Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

² НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНОГО ОБ'ЄКТА ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

***Анотація.** Дослідження та аналіз екологічного стану водних ресурсів має важливе практичне значення, оскільки їх стан у подальшому відбивається на якості питної води. Мета роботи полягає в оцінюванні екологічного стану водного об'єкта. Оригінальність отриманих результатів полягає в комплексному оцінюванні на основі аналізу часових моніторингових даних екологічного стану вод водного об'єкта з урахуванням вагових коефіцієнтів індексів забруднення. Дослідження екологічного стану проведено з урахуванням інтегральних гідрохімічних показників. Для проведення аналізу використовували програмне забезпечення Microsoft Excel. Google Maps застосовували для пошуку місцевостей на картах та побудови потрібних для роботи карт. Microsoft Excel використовувався для виконання розрахунків та побудови графічних зображень. Визначено екологічний стан водного об'єкта на основі розрахунків індексів забруднення. Удосконалено методику оцінювання екологічного стану поверхневих вод за відповідними категоріями за допомогою використання вагових коефіцієнтів. Методика оцінювання є універсальною і може бути використана під час вивчення екологічного стану будь-якого водного об'єкта. Проте, при відборі гідрохімічних показників було враховано вміст тільки основних забруднювачів, а саме хлоридів, сульфатів, фосфатів, зважених речовин, нафтопродуктів, сполук Купруму та Цинку. Показано, що вода у водному об'єкті є непридатною для господарсько-питного водопостачання та екологічний стан лиману значно порушено. Отримані результати досліджень можна використовувати під час розробки планів управління водними ресурсами та заходів щодо покращення їх стану.*

***Ключові слова:** оцінювання якості води; екологічний індекс; індекс забруднення компонентами сольового складу; трофо-сапробіологічний індекс; індекс специфічних показників токсичної та радіаційної дії*

DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.18-30>

Вступ

Проблема стану поверхневих вод є одним з ключових викликів людства. Відповідно до цілей сталого розвитку, для України, де понад 70% всього водокористування припадає саме на поверхневі води, моніторинг є не тільки основою попередження екологічних криз, але й однією з умов сталого використання водних ресурсів та якості довкілля загалом. Дослідження та аналіз екологічного стану водних об'єктів, зокрема річок, має важливе практичне значення, оскільки їх стан у подальшому відбивається на якості питної води [1–4].

Найбільше навантаження на водні екосистеми з боку людини здійснюється при водокористуванні. До основних проблем щодо раціонального використання та охорони водних ресурсів України належать: забруднення водних об'єктів шкідливими викидами та недостатньо очищеними промисловими і господарсько-побутовими стічними водами; інтенсивне старіння основних фондів водозабезпечуючого та водоохоронного

призначення, низька продуктивність очисних споруд; недостатня самовідновлювана та самоочисна здатності водних систем; незбалансована система господарювання, що характеризується високими обсягами залучення водних ресурсів у виробничу сферу та високою водомісткістю продукції [5–8].

Екологічний стан поверхневих вод залежить від політики водокористування, тому оборотне та повторно-послідовне використання води відбивається на актуальному статусі водного об'єкта. Оборотне та повторно-послідовне використання води – це обсяг економії забору свіжої води за рахунок застосування системи зворотного і повторного водопостачання, включаючи використання стічних та колекторно-дренажних вод. За останні роки обсяги оборотного та повторно-послідовного використання води зменшилися, що подано на діаграмі (рис. 1).

Проте, залишається актуальним питання щодо оцінювання якості поверхневих вод. Найперспективнішим методом ідентифікації зон підвищеної екологічної небезпеки є оцінювання екологічного стану. Це дозволяє визначити допустимий антропогенний тиск з метою збереження сталого існування певної водної екосистеми.

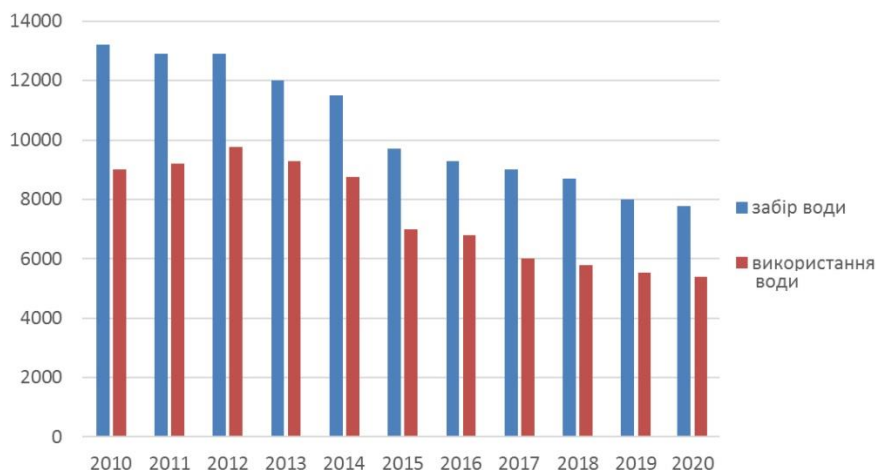


Рис. 1. Динаміка обсягів забору води з природних водних об'єктів і використання свіжої води в Україні, млн куб. м

Оцінювання екологічного стану якості поверхневих вод є основою для встановлення екологічних нормативів для окремих водних об'єктів та їх частин, груп водних об'єктів та басейнів річок. Це також є підґрунтям для окреслення перспектив екологічного менеджменту водних ресурсів.

Питанням комплексного оцінювання якості поверхневих водних ресурсів присвячено праці багатьох дослідників [9–13] та ін.

Мета роботи полягає в оцінюванні екологічного стану водного об'єкта.

Об'єктом дослідження є поверхневі води Бузького лиману у межах міста Миколаєва (точка спостережень – Миколаївська ТЕЦ). Цю точку спостереження було обрано не випадково. Так, саме в цьому районі спостерігається найбільша кількість перевищень граничнодопустимих концентрацій основних забруднювачів.

Предметом дослідження є гідрохімічні характеристики Бузького лиману.

Оригінальність отриманих результатів полягає в комплексному оцінюванні, на основі аналізу часових моніторингових даних, екологічного стану вод водного об'єкта з урахуванням вагових коефіцієнтів індексів забруднення. Дослідження екологічного стану проведено з урахуванням інтегральних гідрохімічних показників. Отримані результати досліджень можна використовувати під час розробки планів управління водними ресурсами та заходів щодо покращення їх стану.

Методи дослідження. Під час дослідження використано такі методи: порівняння та аналогій; аналізу; спостереження; синтезу; узагальнення. Для проведення дослідження використовувалися такі програми для розрахунків: Google Maps, програмне забезпечення Microsoft Excel. Google Maps застосовувались для пошуку місцевостей на картах та побудови потрібних для роботи карт. Microsoft Excel використовується для виконання розрахунків та побудови графічних зображень.

Визначення екологічного стану проводилось за допомогою використання формул екологічних індексів (1), трофо-сапробіологічного індексу (2) та індексу екологічної якості (*EQI*) (3).

$$I_E = \frac{(I_C + I_{TC} + I_T)}{3}, \quad (1)$$

де I_C – індекс забруднення компонентів сольового складу;

I_{TC} – трофо-сапробіологічний індекс;

I_T – індекс специфічних показників токсичної та радіаційної дії.

$$I_{TC} = \frac{(I_{KP} + I_{OP} + I_{ЗП} + I_{БР})}{4}, \quad (2)$$

де I_{KP} – індекс показників кисневого режиму;

I_{OP} – індекс показників вмісту органічних речовин;

$I_{ЗП}$ – індекс загальних показників (рН, завислі речовини та ін.);

$I_{БР}$ – індекс показників вмісту сполук біогенних елементів [6].

$$EQI = \sum_{i=1}^N \frac{P_e}{P_i}, \quad (3)$$

де P_i – значення показника в i -му створі;

P_e – значення показника в еталонному створі;

N – загальна чисельність показників.

Градації індексу *EQI* відповідно до класів якості вод наведено у керівному документі ЄС «Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance document № 10» [14] (табл. 1).

Таблиця 1 – Індекс екологічної якості вод

Клас якості вод	1	2	3	4	5
	Відмінна (high)	Добра (good)	Посередня (moderate)	Низька (poor)	Погана (bad)
Значення <i>EQI</i>	> 0,83	0,82–0,62	0,61–0,41	0,40–0,20	< 0,20

Для приведення індексу екологічної оцінки якості вод (I_E) до діапазону від 1 до 0, який прийнято для EQI , можна використати формулу (4):

$$I_{Eпр} = 1 - \frac{I_E}{7}. \quad (4)$$

Результати дослідження

Моніторингові дослідження по Бузькому лиману проводяться Регіональним офісом водних ресурсів у Миколаївській області [15] в точці моніторингу (Миколаївська ТЕЦ, рис. 2) щоквартально за гідрохімічними та радіологічними показниками [16; 17]. У період з 2004 по 2020 рік було відібрано 60 проб за кожним досліджуваним гідрохімічним параметром.

Оцінювання екологічного стану здійснювалося на основі «Методики екологічної оцінки стану поверхневих вод за відповідними категоріями» [9] за допомогою відповідних індексів (формули 1, 2, 3, 4).



Рис. 2. Точка моніторингових спостережень для оцінювання екологічного стану поверхневих вод Бузького лиману в межах м. Миколаєва: 1 – місто Миколаїв, 2 – річка Південний Буг, 3 – річка Інгул, 4 – Бузький лиман (Варварівський міст), 5 – Бузький лиман, 6 – точка відбору проб (Миколаївська ТЕЦ)

Дослідження екологічного стану поверхневих водних ресурсів за гідрохімічними показниками передбачає аналіз компонентів сольового складу (хлориди, сульфати) (рис. 3). Трофо-сапробіологічний (еколого-санітарний) індекс розраховується на основі абсолютних значень компонентів (зважені речовини, рН, фосфати, розчинений кисень, БСК₅) (рис. 4). Для визначення індексу специфічних показників токсичної дії використовувались абсолютні значення компонентів, таких як Купрум, Цинк та нафтопродукти (рис. 5).

За вмістом компонентів сольового складу вода у лимані знаходиться в поганому стані. За рівнем сульфатів переважаючим класом якості води є III, а категорія якості – 5, тобто вода є помірно забрудненою. За рівнем хлоридів переважаючим класом є IV, а категорія якості – 6, тобто вода є брудною і непридатною для використання її як питної води.

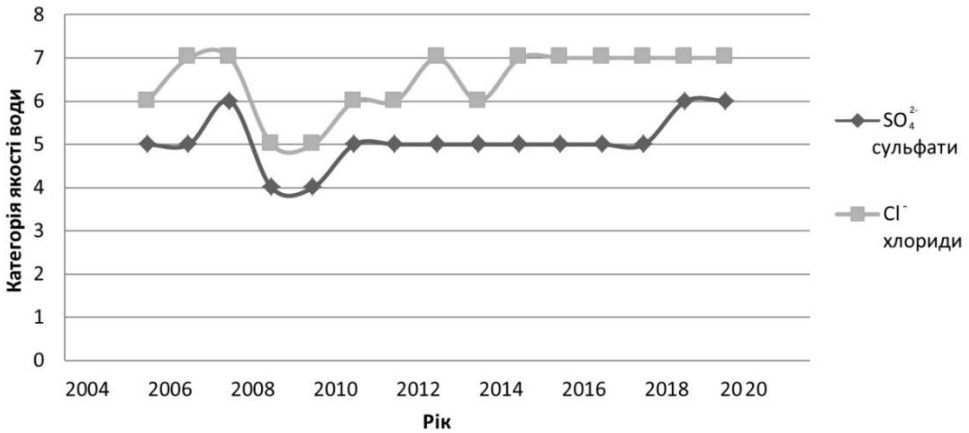


Рис. 3. Категорії якості води за забрудненням компонентами сольового складу

На рис. 4 графічно показано категорії якості води Бузького лиману за трофо-сапробіологічними показниками, а саме: рН, завислі речовини, фосфати, розчинений кисень, БСК₅. Отримані дані свідчать про те, що переважаючим класом якості води є III з категоріями якості 4 та 5, тобто вода у лимані є слабко та помірно забрудненою. Окремо можна виділити категорію якості води за вмістом фосфатів. Визначено, що, загалом, клас якості води – IV, а категорія якості – 6, тобто вода є брудною.

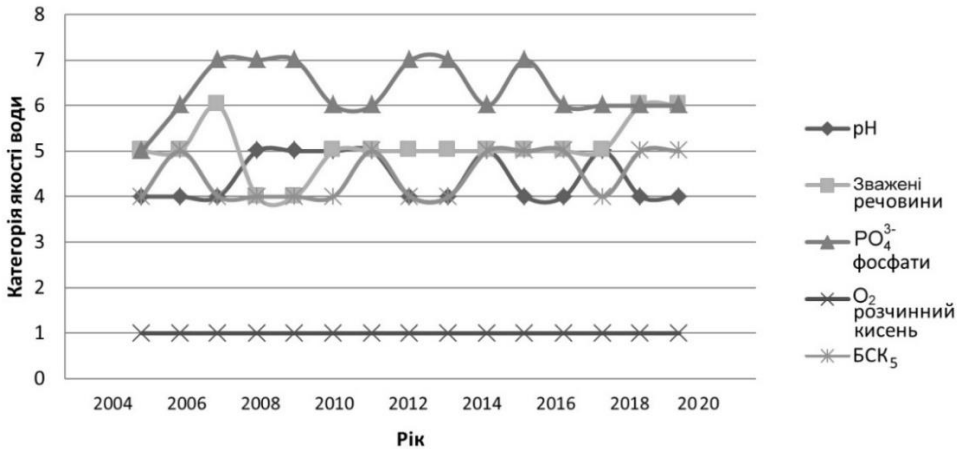


Рис. 4. Категорії якості за трофо-сапробіологічними показниками

На рис. 5 подано категорії якості води за специфічними показниками токсичної та радіаційної дії. Визначивши класифікацію за вмістом Купруму та Цинку, можна зробити висновок, що вода в Бузькому лимані є слабко забрудненою важкими металами (клас якості – III, категорія якості – 4). Щодо вмісту нафтопродуктів, то вода є досить чистою (клас якості – II, категорія якості – 3).

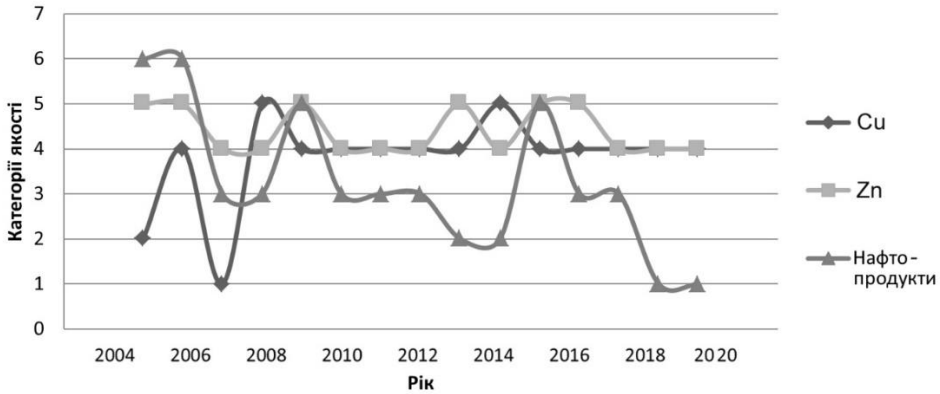


Рис. 5. Категорії якості за специфічними показниками токсичної та радіаційної дії

Екологічний індекс якості вод (I_E) визначався як середньоарифметичне індексів забруднення компонентів сольового складу (I_C), трофо-сапробіологічних (I_{TC}) і специфічних показників токсичної та радіаційної дії (I_T) (див. (1)). Отримані результати подано в табличній формі (табл. 2) та у вигляді графічної залежності (рис. 6).

Аналізуючи отримані результати (рис. 6) за сольовим критерієм, Бузький лиман відноситься до IV класу якості, тобто вода є брудною.

За хімічним трофо-сапробіологічним критерієм отримано середнє значення якості води – III, вода є слабо забрудненою.

За критерієм токсичної та радіаційної дії стан Бузького лиману оцінюється як «задовільний», вода є слабо забрудненою.

Таблиця 2 – Екологічні індекси якості води

Рік	I_C	I_{TC}	I_T	I_E
2006	5,5	3,750	4,33	4,52
2007	6,0	4,125	5,00	5,04
2008	6,5	4,125	2,66	4,42
2009	4,5	4,000	4,00	4,16
2010	4,5	4,000	4,66	4,38
2011	5,5	4,000	3,66	4,38
2012	5,5	4,250	3,66	4,47
2013	6,0	4,250	3,66	4,63
2014	5,5	4,125	3,66	4,42
2015	6,0	4,400	3,66	4,68
2016	6,0	4,500	4,66	5,05
2017	6,0	4,250	4,00	4,75
2018	6,0	4,125	3,66	4,59
2019	6,5	4,250	3,00	4,58
2020	6,5	4,125	3,00	4,54

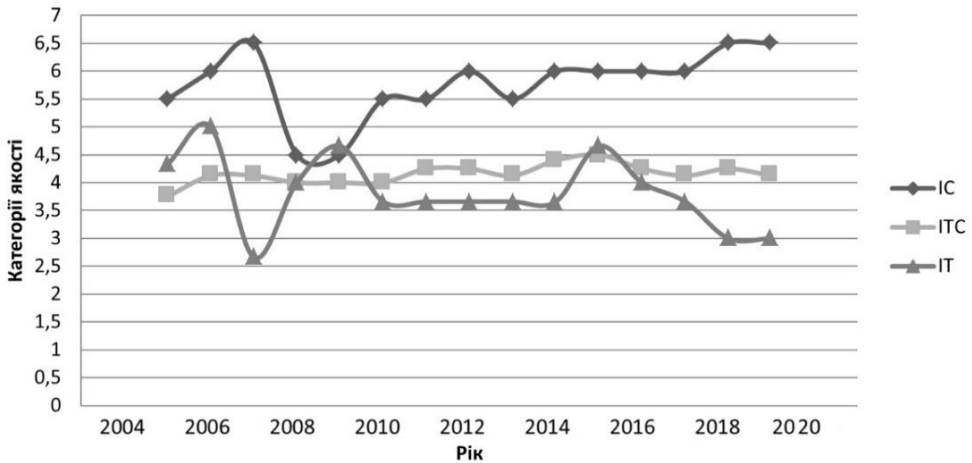


Рис. 6. Екологічні індекси якості води в Бузькому лимані:
 Іс – індекс забруднення компонентами сольового складу,
 Ітс – трофо-сапробіологічний (еколого-санітарний) індекс,
 Іт – індекс специфічних показників токсичної та радіаційної дії

Отже, найбільшими забруднювачами водної екосистеми у даній точці моніторингу є такі компоненти: сухий залишок, хлориди, підвищена жорсткість води, що супроводжується зниженням прозорості води, а також погіршенням кисневого режиму. Забруднення води і зниження її якості головним чином відбувається за рахунок речовин антропогенного походження. Забруднюючі речовини потрапляють у водний об’єкт зі стічними водами, а також за рахунок забруднених поверхневих стоків.

Для переведення індексу якості вод (I_E) до діапазону від 1 до 0, який прийнято для EQI (табл. 1), використано формулу (4). Індекс екологічної якості наведено у табл. 3.

Таблиця 3 – Індекс екологічної якості вод в діапазоні від 1 до 0 (EQI)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
I_E	4.52	5.04	4.42	4.16	4.38	4.38	4.47	4.63	4.42	4.68	5.05	4.75	4.59	4.58	4.54
EQI	0.35	0.28	0.38	0.4	0.37	0.37	0.36	0.34	0.37	0.33	0.28	0.32	0.34	0.35	0.35

Отримані результати оцінювання екологічного стану поверхневих вод також подано у вигляді індексу екологічної якості (EQI) згідно з Водною Рамковою Директивою ЄС 2000/60/ЄС [14]. За цим документом клас якості поверхневих вод Бузького лиману в межах міста Миколаєва є «низьким».

У результаті оцінювання екологічного стану вод Бузького лиману встановлено, що якість води загалом є «задовільною», але досить часто визначається її погіршення. Спостерігається тенденція до більшого регресу.

Екологічний стан вод лиману найбільше погіршується за рахунок речовин, що входять до хімічного трофо-сапробіологічного критерію забруднення, а саме: рН, зважених речовин, фосфатів, БСК₅, жорсткості загальної; а також до критерію сольового складу: сульфатів та хлоридів. Забруднення вод компонентами токсичної та радіаційної дії (Купрумом та Цинком) в середньому помірне.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що вода в Бузькому лимані упродовж досліджуваного періоду є помірно забрудненою (рис. 7).

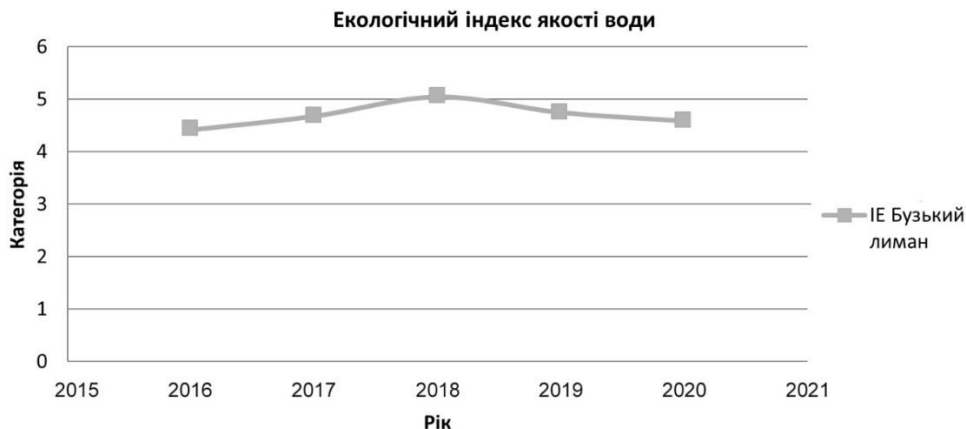


Рис. 7. Екологічний індекс якості вод

Під час визначення екологічного стану водного об'єкта було удосконалено методику оцінювання якості поверхневих вод за відповідними показниками, а саме за гідрохімічними. Суть вдосконалення полягає у врахуванні джерел надходження елементів до поверхневих вод і використанні відповідних вагових коефіцієнтів. Так, наприклад, елементи, які мають природне походження, мають менший коефіцієнт, ніж ті, що мають антропогенну природу. Сума вагових коефіцієнтів дорівнює 1:

$$w_3 = w_1 + w_2 + w_3 = 1 . \quad (5)$$

За «Методикою оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [9] формула екологічного індексу якості вод, що враховує середнє арифметичне трьох індексів (індекс компонентів сольового складу, трофо-сапробіологічний індекс та індекс специфічних показників токсичної та радіаційної дії) набуває вигляду (1).

При використанні запропонованих коефіцієнтів формула екологічного індексу якості вод набуває вигляду:

$$I_E = (0,1 * I_C) + (0,3 * I_{TC}) + (0,6 * I_T) . \quad (6)$$

Вибір такої варіації розподілу коефіцієнтів пояснюється так:

- показники, що входять до індексу компонентів сольового складу, мають природне походження, тому мають найменший коефіцієнт – 0,1;

- показники, що входять до трофо-сапробіологічного індексу, можуть мати як природне, так і антропогенне походження, тому для них коефіцієнт становитиме – 0,3;
- показники, що входять до індексу специфічних показників токсичної та радіаційної дії, мають переважно антропогенне походження, тому мають найбільший коефіцієнт – 0,6.

Отже, удосконалена методика, що враховує коефіцієнти походження елементів, є коректнішою та краще відбиває актуальний екологічний стан водного об'єкта.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведено оцінювання екологічного стану вод Бузького лиману; для цього використовувались показники, що перевищують норми ГДК.

Встановлено, що якість води, загалом, є «задовільною». Проте, досить часто спостерігається її погіршення і тенденція до більшого регресу екологічного стану водного об'єкта. Екологічний стан вод лиману найбільше погіршується за рахунок речовин, що входять до хімічного трофо-сапробіологічного критерію забруднення, а саме: рН, зважених речовин, фосфатів, БСК₅, жорсткості загальної; а також до критерію сольового складу: сульфатів та хлоридів. Забруднення вод компонентами токсичної та радіаційної дії (Купрумом та Цинком) загалом помірні.

На основі проведеного дослідження можна зробити висновок, що вода у Бузькому лимані є непридатною для господарсько-питного водопостачання, а екологічний стан лиману порушено.

Для більш точного результату визначення екологічного індексу за гідрохімічними показниками запропоновано використовувати відповідні вагові коефіцієнти залежно від джерел надходження компонентів, замість використання середньоарифметичного значення індексів. У подальшому перспективним є детальне дослідження джерел надходження забруднювачів у поверхневі води, удосконалення методики оцінювання екологічного стану за відповідними категоріями з урахуванням вагових коефіцієнтів, визначення заходів для поліпшення екологічного стану водних об'єктів. Отримані результати досліджень можна використовувати під час розробки планів управління водними ресурсами та заходів щодо покращення їх стану.

Подяка. Щиро дякуємо за співпрацю колегам Чорноморського національного університету імені Петра Могили і Національного університету «Львівська політехніка» у рамках виконання науково-дослідницького проекту. Висловлюємо також вдячність колегам з Регіонального офісу водних ресурсів у Миколаївській області за можливість провести експериментальні визначення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Chugai, A.; Safranov, T. (2020). Assessment of Technogenic Loading on the Surface Water Bodies of the Separate Regions of the North-Western Black Sea. *Journal of Ecological Engineering*, 21 (5), 197–201.
2. Bezsonov, Ye., Mitryasova, O., Smyrnov, V., Smyrnova, S. (2017). Influence of the South-Ukraine electric power producing complex on the ecological condition of the Southern Bug River. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4/10 (88), 20–28.

3. Varady R.G., Albrecht, T.R., Staddon, C., Gerlak, A.K., Zuniga-Teran, A.A. (2021). The Water Security Discourse and Its Main Actors. *Handbook of Water Resources Management: Discourses, Concepts and Examples*, 215–252.
4. Bakker, K. (2018). The business of water. In: Conca K, Weinthal E (eds). *The Oxford handbook of water politics and policy*. Oxford University Press, New York, 407–429.
5. Mitryasova, O., Pohrebennyk, V. (2020). Hydrochemical Indicators of Water System Analysis as Factors of the Environmental Quality State. *Sustainable Production: Novel Trends in Energy, Environment and Material Systems. Studies in Systems, Decision and Control In: Królczyk G., Wzorek M., Król A., Kochan O., Su J., Kacprzyk J. (eds), Vol. 198*. Springer, Cham., 91–104.
6. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу (2009). За ред. В.К. Хільчевського, Київ : Ніка-центр, 184.
7. Клименко В. Г. (2010). Гідрологія України: Навчальний посібник для студентів-географів, Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 124.
8. Lykhovyd, P.V., Kozlenko, Ye.V. (2018). Assessment and forecast of water quality in the River Ingulets irrigation system. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 350–355.
9. Васенко, О.Г., Верниченко-Цветков, Д.Ю., Коваленко М.С. та ін. (2008). Екологічна оцінка стану поверхневих вод України з урахуванням регіональних гідрохімічних особливостей. Київ : УкрНДІЕП, 36–53.
10. Гриценко, А.В., Васенко, О.Г., Верніченко Г.А. та ін. (2012). Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Харків : УкрНДІЕП, 37.
11. Рибалова О.В. (2011). Комплексний підхід до визначення екологічного стану басейнів малих річок / О.В. Рибалова, Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки, 36. наук. пр. УкрНДІЕП, XXXIII, Харків, 88–97.
12. Mitryasova, O., Pohrebennyk, V., Kardasz, P. (2018). Hydrochemical Aspects of Surface Water Quality Assessment. 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2018, Albena, Bulgaria. 30 June – 9 July 2018, 5.2. (18), 513–520.
13. Методи екологічної оцінки стану водних об'єктів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://h.ua/atr.php?id=5722>.
14. European Communities WFD CIS Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) / Guidance document № 10 River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems. – Luxembourg, 2003, 87.
15. Південно-Бузьке басейнове управління водних ресурсів [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.vodhoz.com.ua>
16. Звітні дані по стану р. Південний Буг та Бузького лиману за 2002-2020 рр., (2020). Південно-Бузьке басейнове управління водних ресурсів в Миколаївській області, Миколаїв, 2020.
17. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2020 році. Південно-Бузьке басейнове управління водних ресурсів в Миколаївській області, Миколаїв, 2020, 206.

Стаття надійшла до редакції 05.11.2021 і прийнята до друку після рецензування 23.02.2022

REFERENCES

1. Chugai, A., & Safranov, T. (2020). Assessment of Technogenic Loading on the Surface Water Bodies of the Separate Regions of the North-Western Black Sea. *Journal of Ecological Engineering*, 21(5), 197–201.
2. Bezsonov, Ye., Mitryasova, O., Smyrnov, V., & Smyrnova, S. (2017). Influence of the South-Ukraine electric power producing complex on the ecological condition of the Southern Bug River. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4/10(88), 20–28.

3. Varady, R.G., Albrecht, T.R., Staddon, C., Gerlak, A.K., & Zuniga-Teran, A.A. (2021). The Water Security Discourse and Its Main Actors. *Handbook of Water Resources Management: Discourses, Concepts and Examples*, 215–252.
4. Bakker, K. (2018). The business of water. In: Conca K., Weinthal E. (eds). *The Oxford handbook of water politics and policy*. Oxford University Press, New York, 407–429.
5. Mitryasova, O., & Pohrebennyk, V. (2020). Hydrochemical Indicators of Water System Analysis as Factors of the Environmental Quality State. *Sustainable Production: Novel Trends in Energy, Environment and Material Systems. Studies in Systems, Decision and Control* In: Królczyk G., Wzorek M., Król A., Kochan O., Su J., Kacprzyk J. (eds), Vol. 198. Springer, Cham., 91–104.
6. Khilchevskiy, V.K. (Ed.). (2009). Water resources and river water quality of the Southern Bug basin. Kyiv: Nika Center [In Ukrainian].
7. Klymenko, V.H. (2010). Hydrology of Ukraine: Textbook for students. Kharkiv: KhNU named after V.N. Karazina [In Ukrainian].
8. Lykhovyd, P.V., & Kozlenko, Ye.V. (2018). Assessment and forecast of water quality in the River Ingulets irrigation system. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 350–355.
9. Vasenko, O.H., Vernychenko-Tsvetkov, D.Yu., Kovalenko M.S. et al. (2008). Ecological assessment of the state of surface waters of Ukraine taking into account regional hydrochemical features. Kyiv: UkrNDIEP [In Ukrainian].
10. Hrytsenko, A.V., Vasenko, O.H., Vernichenko H.A. et al. (2012). Methods of ecological assessment of surface water quality by relevant categories. Kharkiv: UkrNDIEP [In Ukrainian].
11. Rybalova, O.V. (2011). Complex approach to determining the ecological status of small river basins. *Problems of environmental protection and man-made safety*, XXXIII, 88–97 [In Ukrainian].
12. Mitryasova, O., Pohrebennyk, V., & Kardasz, P. (2018). Hydrochemical Aspects of Surface Water Quality Assessment. In *18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2018*, Albena, Bulgaria. 30 June – 9 July 2018, 5.2. (18), 513–520.
13. Methods of ecological assessment of water bodies. Retrieved from <http://h.ua/atr.php?id=5722>.
14. European Communities WFD CIS Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). (2003). Guidance document № 10 River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems. Luxembourg.
15. South Bug Basin Water Resources Management. Retrieved from <http://www.vodhoz.com.ua>
16. Reporting data on the state of the Southern Bug and the Bug estuary for 2002-2020. (2020). South Bug basin management of water resources in the Mykolayiv area. Mykolayiv.
17. Regional report on the state of the environment in the Mykolayiv area in 2020. (2020). The South-Bug basin management of water resources in the Mykolayiv area. Mykolayiv.

The article was received 05.11.2021 and was accepted after revision 23.02.2022

Мітрясова Олена Петрівна

доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили

Адреса робоча: 54003, Україна, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10

ORCID ID: 0000-0002-9107-4448 *e-mail*: eco-terra@ukr.net;

Погребенник Володимир Дмитрович

доктор технічних наук, професор, професор кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності НУ «Львівська політехніка»

Адреса робоча: 79013, Україна, м. Львів, вул. С. Бандери, 12

ORCID ID: 0000-0002-1491-2356

Шибанова Алла Миколаївна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності НУ «Львівська політехніка»

Адреса робоча: 79013, Україна, м. Львів, вул. С. Бандери, 12

ORCID ID: 0000-0003-0364-7056 **e-mail:** ashybanova16@gmail.com

Джумеля Ельвіра Анатоліївна

доктор філософії, асистент кафедри програмного забезпечення НУ «Львівська політехніка»

Адреса робоча: 79013, Україна, м. Львів, вул. С. Бандери, 12

ORCID ID: 0000-0003-3146-8725 **e-mail:** elviradzhumelia@gmail.com