

УДК 502.504.622.628.3

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.6-63.15>

ІНТЕГРАЛЬНІ КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ОКИСЛЮВАЛЬНОЇ САПРОБНОСТІ ЗООБЕНТОСУ РІЧКИ ВОРСКЛА

Степова О. В., Тягній Л. М.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

пр. Віталія Грицаєнка, 24. 36011, м. Полтава

nning.stepovaov@nupp.edu.ua, tjagnij94@gmail.com

Постановка проблеми. Останнім часом відбувається погіршення стану водних об'єктів в Україні під впливом антропогенних факторів. В листопаді 2022 році Україна отримала статус афілійованого члена CEN-CENELEC, що діє з 1 січня 2023 року. Цей статус надається всім національним організаціям стандартизації України та визначено офіційно кандидатом або потенційним кандидатом на членство в ЄС з європейськими стандартами (EN ISO), тому потребує в зміні всіх розбіжностей між національними стандартами та стандартами ЄС [1–4].

Актуальність дослідження. Розроблення нових методів моніторингу поверхневих вод водних об'єктів з використанням біоти, дозволить запровадити у період правового режимного воєнного стану прийняті 643 європейські й міжнародні стандарти (EN ISO) у сфері захисту довкілля в Україні, що підтримуються Програмою підтримки ОБСЄ. За допомогою моніторингових новітніх методів з біоіндикації за показниками окислювальної сапробності зообентосу дає можливість здійснювати дослідження відповідно до вимог цих стандартів [1–4].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Після прийняття Європейським Союзом Рамкової водної директиви (WFD) у 2000 р. у країнах ЄС розпочалась покрокова розробка та впровадження її положень. Це, відповідно, відобразилось в розробці методів з біоіндикації водних об'єктів як однієї з основ моніторингу поверхневих вод [1–4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До складу Директиви 2000/60/ЄС [1] входять розроблені та впроваджені стандарти, норми: EN ISO 5667-3:2024 Якість води. Відбір проб. Частина 3. Зберігання та обробка проб; EN ISO 10870:2012 Якість води. Рекомендації щодо вибору методів та пристроїв для відбору проб бентосних макробезхребетних у прісних водах. ISO 10870:2012; EN 16150:2012 Якість води. Керівництво щодо пропорційного відбору зразків бентосних макробезхребетних із багатьох місць існування з річок, які проходять через прохідну воду [2–4].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Згідно європейських та міжнародних стандартів обов'язково повинні бути моніторингові дослідження на природних популяціях біоти взятих з водойми, для аналізу та попередження негативного впливу небезпечних речовин на процеси самоочищення в річках [2–6].

Новизна. Перше використано в дослідженнях як тест-індикатор коловертки відібрані в поверхневих водах річки Ворскли, які беруть участь в самоочищенні водних об'єктів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Основним завданням дослідження є визначення індикаторних видів зообентосу в річці Ворскла в межах міста Полтави, щоб охарактеризувати стан водойми по інтегральним показникам. Одним з найбільш розвинених біологічних методів оцінки якості води є метод Pantle-Buck [12–15]. *Ключові слова:* коловертки, *Rotaria rotatoria*, *Eucyclops serrulatus*, *Alona quadrangularis*.

Integral quantitative indicators of oxidative saprobity of zoobenthos of the Vorskla River. Stepova O., Tiahnii L.

Problem statement. Recently, the state of water bodies in Ukraine has been deteriorating under the influence of anthropogenic factors. In November 2022, Ukraine received the status of an affiliated member of CEN-CENELEC, effective from January 1, 2023. This status is granted to all national standardization organizations of Ukraine and is officially designated as a candidate or potential candidate for membership in the EU with European standards (EN ISO), therefore it requires changing all discrepancies between national standards and EU standards [1–4].

Relevance of the study. The development of new methods for monitoring surface waters of water bodies using biota will allow the introduction of 643 European and international standards (EN ISO) adopted in the field of environmental protection in Ukraine during the period of legal regime martial law, which are supported by the OSCE Support Program. Using the latest monitoring methods for bioindication by indicators of oxidative saprobity of zoobenthos, it is possible to conduct research in accordance with the requirements of these standards [1–4].

The connection of the author's work with important scientific and practical tasks. After the adoption of the Water Framework Directive (WFD) by the European Union in 2000, the step-by-step development and implementation of its provisions began in the EU countries. This, accordingly, was reflected in the development of methods for bioindication of water bodies as one of the foundations of surface water monitoring [1–4].

Analysis of recent research and publications. Directive 2000/60/EC [1] includes the developed and implemented standards, norms: EN ISO 5667-3:2024 Water quality. Sampling. Part 3. Storage and processing of samples; EN ISO 10870:2012 Water quality. Recommendations for the selection of methods and devices for sampling benthic macroinvertebrates in freshwaters. ISO 10870:2012; EN 16150:2012 Water quality. Guidance on the proportional sampling of benthic macroinvertebrates from multiple habitats in rivers passing through watercourses [2–4].

Highlighting previously unresolved parts of the general problem, to which the specified article is devoted. According to European and international standards, monitoring studies on natural populations of biota taken from a reservoir must be carried out to analyze and prevent the negative impact of hazardous substances on the self-purification processes in rivers [2–6].

Novelty. The first was used in studies as a test indicator rotifers selected in the surface waters of the Vorskla River, which participate in the self-purification of water bodies.

Methodological or general scientific significance. The main objective of the study is to determine the indicator species of zoobenthos in the Vorskla River within the city of Poltava in order to characterize the state of the reservoir by integral indicators. One of the most developed biological methods for assessing water quality is the Pantle-Buck method [12–15]. *Key words:* rotifers, *Rotaria rotatoria*, *Eucyclops serrulatus*, *Alona quadrangularis*.

Викладення основного матеріалу. Перед початком моніторингового дослідження зроблений гідробіологічний аналіз ріки Ворскли, який складається зі дослідження зообентосу водойми. Відбір проб проводили в липні 2023 року, в самому кінці вегетаційного періоду, на ділянках в верхівці, середній та прибережній частині ріки з глибини до 0,5 метра. Всього було відібрано та проаналізовано 4 проби зообентосу: перша проба з верхньої ділянки, друга з середньої а дві інші – в прибережній частині річки (рис. 1) [9–12].

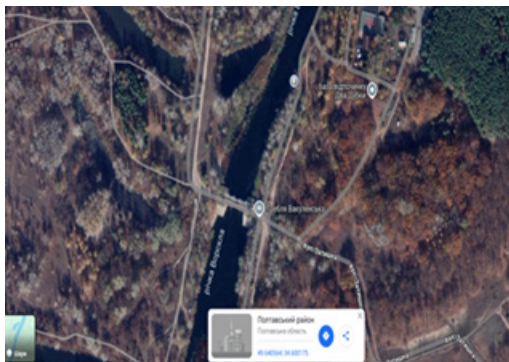


Рис. 1. Ділянка відбору проб зообентосу в річці Ворскла в 2023 році

Серед найпростіших вибрано коловертки в якості «тест-об'єкта» в дослідженнях, як тест-індикатор, що приймають участь в самоочищенні водойми.

Коловертки, первиннопорожнинні водні безхребетні. В даний час коловертки (рис. 2, рис. 3) виділені у самостійний тип *Rotatoria* (або під тип *Gnathifera*), зазвичай одиночні організми [17–20].

Першим видом коловертки визначено *Rotaria rotatoria* рис. 2.

Коловертка *Rotaria rotatoria*, здатна відчувати фізично-хімічні зміни в товщі води, тому її використовують лабораторіях для екотоксикологічних досліджень. Розміри коловертки коливаються від



Рис. 2. Коловертка *Rotaria rotatoria*

великого до малого (230–1090 μm), тіло вузьке з довгою ніжною, яке розходить в сторони, колір від білувато до жовто-коричневого кольору, шия коротка, широка. Тіло іноді вкрито складками, іноді зернистістю. Цей вид поширено в водоймах з великою кількістю рослинності, атрофованому детриті, мулі, в очисних спорудах стічних вод, а – мезосапробних зонах [12, 17–20].

Другий вид коловертки знайдено *Rotaria neptunia* рис. 3.

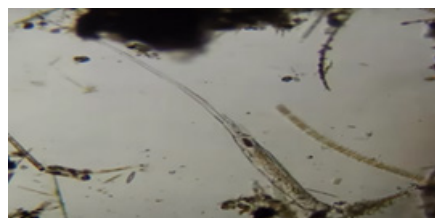


Рис. 3. Коловертка *Rotaria neptunia*

Вид *R. neptunia* масово розповсюджений в детриті взятого при відборі проб, має найдовшу ногу з усіх бделоїдів, яка може втягуватися. Ця висувна нога дозволяє жити у відносно товстих шарах мулу порівняно з іншими бделоїдними коловертками, які мають коротшу ногу, частково втягнута стопа (сягає до мастакса) зі шпорами та пальцями. Голова кругла має трохальні вії, дорсальні антени, мастакс і просвіт шлунка стисненого зразка. Покриви спини мають смуги та мають пори з виступами [12, 17–20].

Третій вид знайдено *Eucyclops serrulatus* в детриті взятому в пробі рис. 4.

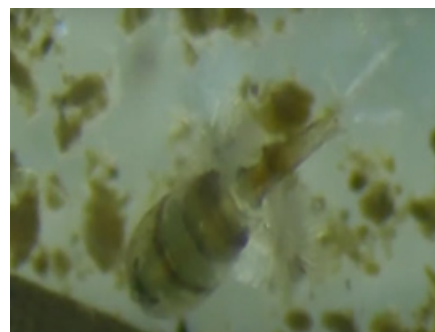
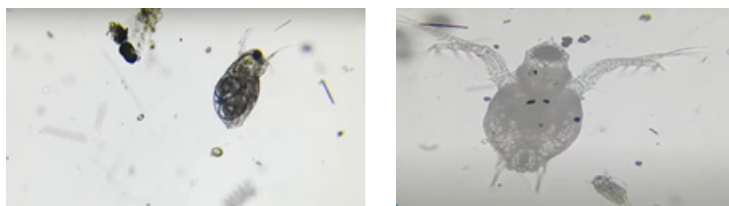


Рис. 4. Коловертка *Eucyclops serrulatus*

Зустрічається в різних водоймах України, в самців внутрішні фуркальні краї паралельних антен без шипів, гладкі та коротші чим в самок, розмір тіла від 0,65 до 0,92 мм. Самка має туловище овальної

Рис. 5. Коловертка *Alona quadrangularis*

форми, разом з токальним сегментом на середині, розмір від 0,8 до 1,34 мм. За кольором коливається від солом'яно-жовтого, іноді коричневого та рожевого (червонуватого). По двом бокам туловища розташовані овальні мішки з яйцями [12, 17–20].

Четвертий вид *Alona quadrangularis* рис. 5.

Цей вид існує в проточних та стоячих водах річок, озер і інших водойм в Україні. Жовтувато-коричнева чи червона раковина, зі слабкою ретикуляцією у вигляді породільних полос. Брюшина покрита щетинками, овальної форми. Голова нижче тіла та відділена від туловища. Рострум направлено до низу. Нижні антени коротше вищих, та трьома щетинками на верху, п'ять на низу. Самці відрізняються більш тупим рострумом, на постабдомі зуби відсутні, перша нога має крючок, відкриваються сім'япроводи на початку коготків. Самка довжиною – від 0,6 до 0,9 мм, а самці 0,58–0,6 мм [12, 17–20].

Далі розраховано співвідношення роду (видів) індикаторів до шести відомих ступенів сапробності s та відносної частоти їх розповсюдження h за формулою:

$$S = \frac{\sum(s \cdot h)}{\sum h}, \quad (1)$$

де: h – знаходиться по 6-ступінчастій шкалі та визначає відносну кількість виду (табл. 1).

Індекс сапробності річки Ворскла відноситься до олігосапробної зони дорівнює 0,50–1,50 (чиста вода), β – мезосапробний 1,51–2,50 (вода помірного забруднення), α – мезосапробна 2,51–3,50 (брудна вода). Зроблено характеристику рівня сапробності річки Ворскла в табл. 2.

Таблиця 1

6-ступінчаста шкала частоти відносної кількості виду

Частота розповсюдження роду (виду)	Кількість одного виду залежно, від відсотків загального виду	h
Дуже рідко	<1	1
Рідко	2–10	2
Досить часто	10–40	3
Часто	40–60	5
Дуже часто	60–80	7
Максимально	80–100	9

Головний висновок. Визначено загальну кількість виду гідробіонтів з індикаторним значенням в досліджуваному об'єкті в м. Полтава, що становить – 4, які належать до 3 класів: *Branchiopoda*, *Gastropoda*, *Rotifera*, а саме сапробність річки Ворскла показано в табл. 2.

Згідно розрахунку за формулою 1. відсоток видів гідробіонтів високий, які належать до β -мезосапробних організмів.

Біотестування, як інтегральний метод оцінки токсичності водного середовища, є необхідним доповненням до хімічного аналізу. Методи з використанням зообентосу включено в стандарти з контролю якості вод різного призначення.

Токсикант – фактор, який працює на ентропію, фактор руйнування живого. В екологічній системі наростає протидія, що прагне усунути ентропійний фактор, і це створює її особливу властивість – буфер-

Таблиця 2

Характеристика рівня сапробності річки Ворскла

Таксан	Індекс сапробності	Умовні значення сапробності (s)	Частота відносності виду (h)	Умовне значення сапробності (s) і частота виникнення особин (h)
<i>Rotaria rotatoria</i>	α	1.8	2	3.6
<i>Rotaria neptunia</i>	β	2.5	3	7.5
<i>Eucyclops serrulatus</i>	β	2	3	6
<i>Alona quadrangularis</i>	0– β	1.5	2	3
Метод Pantle-Buck модифіковано Sladeczek $S = \frac{\sum(sh)}{\sum h} \quad (1)$			Сума частот $h = 10$	Сума множення умовного значення сапробності і частоти ($s \cdot h$) = 20.1

ність. Екосистема поглинає та переробляє токсикант в певних межах. Лише коли цей потенціал опору вичерпаний, починається власне токсична дія.

Рекомендується впровадити правила безпеки якості води за даним вимогами до режимних спостережень за забрудненням поверхневих вод та мережі державної служби спостережень, що передбача-

тиме оцінку токсикологічного стану водних об'єктів з впровадженням методів із біотестування.

Перспективи використання результатів дослідження. Матеріали наших досліджень можуть використовуватись Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, а також іншими контролюючими, науковими установами в Україні.

Література

1. Водна Рамкова Директива 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 8 с.
2. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Розробник : Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України. м. Київ, 2014. 30 с.
3. EN ISO 5667-3:2024 Якість води. Відбирання проб. Частина 3. Зберігання та оброблення проб води. м. Женева, 2024. 14 с.
4. EN ISO 10870:2012 Якість води. Рекомендації щодо вибору методів та пристроїв для відбору проб донних макробезхребетних у прісних водах. 2012. 26 с.
5. КНД 211.1.4.046-95. Біотестування та визначення рівнів гострої летальної токсичності зворотних вод, які відводяться у водні об'єкти. Мінекобезпека України. м. Київ, 1995. № 47, 15 с.
6. КНД 211.1.4.056-97. Методика визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. м. Київ, 1997. № 68.
7. Дідух Я. П. Основи біоіндикації: монографія. Київ : Наукова думка, 2012. 344 с.
8. Дудник С. В., Євтушенко М. Ю. Водна токсикологія. Основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування: монографія. К : Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. 297 с. ISBN 978-966-306-176-3
9. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. К : Ніка-Центр, 2001. 264 с.
10. Еколого-токсикологічна оцінка якості компонентів довкілля : практикум / О. М. Крайнюков, І. А. Кривицька. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 56 с.
11. Крайнюков О. М. Алгоритми і способи визначення рівнів гострої летальної та хронічної токсичності води. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2016. № 1–2 (25). С. 14–19.
12. Степова О. В., Тягній Л. М. Комплексна оцінка біоекологічної системи річки Ворскла на основі діагностики біоіндикаторів. 76 наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. (Полтава, 14 травня–23 травня 2024 р.). Полтава, 2024. Т. 1. С. 332–333.
13. Sladeczek V. The future of the saprobity system. *Hydrobiologia*. 1965. V. 25. № 3–4.
14. Sladeczek V. Water quality system. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 1966. V.16, № 2. P. 809–816.
15. Sladeczek V. System of water quality from biological point of view. *Ergebnisse der Limnologie, Arch. Hydrobiol.* 1973. V. 76. P. 218.
16. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol., Beiheft., Ergebnisse der Limnol.* 1973. V. 7. P. 1–218.
17. Biomarkers : biochemical, physiological, and histological markers of anthropogenic stress. *SETAC special publication series / eds. : R. J. Huggett, R. A. Kimerle., P. M. Mehrle., H. L. Bergman. Boca Raton; Ann Arbor. London. 1992. P. 347.*
18. Hakkari, L. Zooplankton species as indicators of environment. *Aqua Fennica*. Helsinki, 1972. P. 46–54.
19. Versteeg, D. J. R. L. Graney, J. P. Giesy. Field utilization of clinical measures for the assessment of xenobiotic stress in aquatic organisms. *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment, ASTM STP 971 / eds. W. J. Adams, G. A. Chapman, W. J. Landis. Philadelphia : American Society for Testing Materials, 1988. P. 289–306.*

Дата першого надходження рукопису до видання: 04.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 15.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025