

ГІДРОЕКОЛОГІЯ

УДК 574.5

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.11>

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД МЕТОДОМ ФІТОІНДИКАЦІЇ В МЕЖАХ УРБАНІЗОВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ МІСТА ХЕРСОН

Ляньберг О.В. – к.с.-г.н., доцент,

Відокремлений структурний підрозділ

«Херсонський гідрометеорологічний фаховий коледж

Одеського державного екологічного університету», lyanzberg@ukr.net

Євтушенко О.Т. – к.с.-г.н.

Херсонський державний аграрно-економічний університет,

semen_olga@ukr.net

У статті відображено пошук нових можливостей оцінки екологічного стану водних екосистем за окремими чутливими видами, а також угрупованнями вищих водних рослин через вивчення їх видового складу та трансформації під впливом антропогенного забруднення. Достовірна наукова інформація про стан водних об'єктів необхідна для охорони й відновлення водних екосистем і прийняття адекватних управлінських рішень. Тому спостереження і виявлення змін, що відбуваються в цьому районі в якісній і кількісній розмаїтості, у співвідношенні екологічних груп гідробіонтів є актуальними, мають великий науковий і практичний інтерес.

При написанні роботи були використані теоретичні, польові та лабораторні методи досліджень з використанням гідроекологічних, геоботанічних та математичних аналізів даних. Спеціальні дослідження були проведені на поймових вододіамах пониззя Дніпра в межах міста Херсон, зокрема у Стеблійському лимані та на річці Кошова.

В ході проведеного аналізу було визначено систематичний склад, спектр еколого-біологічних груп, спектр стратегій рослин та географічну структуру флори Стеблійського лиману та річки Кошова. У процесі досліджень ідентифіковано 50 види вищих водних та прибережно-водних рослин, що належать до 40 родів та 24 родин. Це 1 вид хвощів та 49 вид покритонасінних рослин; з них 22 однодольних (45,1 %) та 27 дводольних (54,9 %).

На основі вивчення видової різноманітності ценозів вищої водної рослинності, чисельності чутливих до забруднення води видів, які визначено аналізом індикаторності, рівня сприятливості умов водного об'єкта або його ділянки для розвитку рослинності, запропоновано кількісний показник – індекс фітоіндикації екологічного стану водних екосистем за вищою водною рослинністю. Зростання значення індексу вказує на зниження якості води та погіршення стану водного середовища.

За результатами проведених досліджень було встановлено, що в контрольованих умовах р. Кошова якість води описується градацією від 3 до 4 класу, а якість Стеблівського лиману перебувала у межах 3 класу. На цих же водоймах встановлено також два класи якості (3-4) за індексом фітоіндикації.

Ключові слова: водні екосистеми, забруднення води, біоіндикація, макрофіти, індекс фітоіндикації.

Постановка проблеми. В останні десятиліття антропогенне навантаження на водні екосистеми сильно збільшилося в зв'язку з такими факторами, як інтенсифікація господарської діяльності на водозборах зі зростаючим споживанням водних ресурсів, скиданням у них стічних вод, зміною гідрологічного режиму, і, як наслідок, зміною гідрофізичних характеристик водних мас, що свідчить про значні, а частіше корінні перетворення гідрохімічного і гідробіологічного режимів водойм. Внаслідок чого на великих площах відбувається деградація біологічних комплексів. При цьому види, що проявили позитивну реакцію витісняють інші, що характеризуються підвищеною чутливістю до змін природного середовища. Щоб деградація природних водойм не стала неминучою, необхідно в першу чергу проводити постійне спостереження за екологічним станом навколишнього природного середовища. Достовірна наукова інформація про стан водних об'єктів необхідна для охорони й відновлення водних екосистем і прийняття адекватних управлінських рішень. Тому спостереження і виявлення змін, що відбуваються в цьому районі в якісній і кількісній розмаїтості, у співвідношенні екологічних груп гідробіонтів є актуальними, мають великий науковий і практичний інтерес.

Водна рослинність – потужний автотрофний блок водних екосистем, що чутливо реагує на зміну стану середовища існування і, зокрема, на антропогенне забруднення води. Без всебічного вивчення флористичних ознак угруповань макрофітів неможлива розробка нових науково обґрунтованих методик оцінки екологічного стану поверхневих вод, заходів з організації моніторингу та управління станом водних екосистем.

Враховуючи зазначене, перспективним практичним напрямом в моніторингових дослідженнях можуть стати спостереження за розвитком та трансформацією угруповань вищих водних рослин як консервативного показника стану поверхневих вод.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біологічні методи оцінки якості води, які використовують біологічні особливості видів та показники структури угруповань біоти водойми, почали широко залучати до практики оцінки стану водойм лише у другій половині ХХ ст. Проте сьогодні вони набули широкого поширення та стрімко розвиваються. Біологічна оцінка якості води природних водойм проводиться за допомогою різних методів, серед яких головними є біоіндикація та біомоніторинг [1–3].

Біоіндикація – метод оцінки якості води та екологічного стану водойми за складом видів-індикаторів або структурними показниками угруповань. Іншими словами, біоіндикація – це спосіб оцінки антропогенного навантаження за реакцією на нього живих організмів та їхніх угруповань. Даний підхід базується на постулаті, що всі живі та неживі компоненти екосистеми тісно взаємопов'язані між собою, а, отже, екологічний стан водойми, забруднення та погіршення якості води в ній позначається на організмах, які тут мешкають: види-індикатори з'являються або зникають, змінюється їхнє видове багатство (кількість видів), чисельність, рясність, продукційні показники. Метод можна використовувати для оцінки якості води у водоймах, що мають розвинену власну біоту. І якщо біотестування дозволяє вивчити наслідки впливу забруднення на рівні організму, тканини, клітини, то біоіндикація дозволяє оцінити результат дії забруднення на видовому, популяційному рівні, а також на рівні угруповань та екосистем. Біотестування дозволяє судити про стан води, що аналізується, біоіндикація – про стан екосистеми водойми [4–6].

Біологічні методи оцінки якості води шляхом аналізу якісних і кількісних змін, у біотичній підсистемі передбачають визначення ступеня антропогенного впливу на водну екосистему. М.О. Клименко та інші зазначили, що методи біоіндикації стану водного середовища мають низку переваг перед хімічними і фізико-хімічними методами [7].

Постановка завдання. Ключова мета проведених досліджень – пошук нових можливостей оцінки екологічного стану водних екосистем за окремими чутливими видами, а також угрупованнями вищих водних рослин через вивчення їх видового складу та трансформації під впливом антропогенного навантаження в межах урбанізованих територій.

Матеріали і методи дослідження. Спеціальні дослідження були проведені на поймових водоймах пониззя Дніпра в межах міста Херсон, зокрема у Стеблівському лимані та на річці Кошова в умовах антропогенних навантажень на їх екосистеми. Методики досліджень, що були використані для досягнення поставленої мети, включали в себе проведення польових, лабораторних, теоретичних та аналітичних досліджень.

Стеблівський лиман – озеро на острові Карантинному в дельті Дніпра. Лиман протоками з'єднаний з р. Кошова (права притока Дніпра) та рукавом Вільховий Дніпро, а також з озерами Лопухи та Мідне. Стеблівський лиман складається з 2-х водойм (Перше Погоріле та Друге Погоріле). Загальна довжина 4 км, площа близько 4 км²).

Річка Кошова починається відразу ж біля Херсона, в районі річкового вокзалу. Місце відгалуження р. Кошової від Дніпра прийнято вважати вершиною дніпрової дельти. В районі селища Дніпровське річка розділяється на два рукави та утворює острів Рожок, близько кілометра завдов-

жки. Загальна протяжність річки – 15 км. На екологічний стан Кошової безпосередньо впливають розміщені на її берегах підприємства промисловості й транспорту.

Вищу водну рослинність Стеблівського лиману та річки Кошова вивчали з використанням загальноприйнятих методик [8], у період її вегетації протягом 2018-2020 рр. Фітоценотичні описи вищої водної рослинності виконували на пробних ділянках розміром 10 м² (3,3 × 3,3 м). Фрагменти угруповань меншого розміру описували в існуючих межах. В описах фіксували флористичний склад (обсяг виду прийнято за монотипним стандартом), проективне вкриття (відношення площі горизонтальних проекцій рослин на поверхню ґрунту до загальної площі ділянки) та рясність видів за шкалою Браун-Бланке. Пробні майданчики для описів закладали, переважно, в сприятливих для розвитку вищих рослин непроточних або слабопроточних місцях з незначною глибиною (до 1,5 м).

Для оцінки екологічного стану поверхневих вод використовували кількісний показник – індекс фітоіндикації екологічного стану водного середовища за вищими водними рослинами (I_f). Величина індексу фітоіндикації залежить від видової різноманітності ценозів, наявності чутливих видів, прозорості води, а ефективність фітоіндикації або межі застосування залежать від вибраних для характеристики ділянок. Зростання значення індексу вказує на погіршення стану поверхневих вод. Для можливості порівняння видового складу введений коефіцієнт сприятливості для розвитку ВВР ($K_{сп}$), і, залежно від чутливості виду до забруднень, коефіцієнт значущості індикатора (Z_i).

Індекс фітоіндикації може бути розрахований за формулою 1:

$$I_f = \frac{2,5 \times K_{сп} \times N}{Z_i} \quad (1)$$

де N – загальна кількість видів на 10 майданчиках по 50 м² (пробні майданчики мають охоплювати усі пояси рослинності від берега углиб водойми, крім явищ монотипізації рослинності);

$K_{сп}$ – коефіцієнт сприятливості для розвитку угруповань ВВР, введений для можливості порівняння видового складу водних об'єктів або їх ділянок, що різняться за гідрологічними та гідрофізичними характеристиками;

Z_i – коефіцієнт значущості індикатора визначений залежно від чутливості виду до забруднень.

Результати досліджень. Проведений аналіз дав можливість визначити систематичний склад, спектр еколого-біологічних груп, спектр стратегій рослин та географічну структуру флори Стеблівського лиману та річки Кошова. У процесі досліджень ідентифіковано 50 види вищих водних та прибережно-водних рослин, що належать до 40 родів та 24 родин.

Це 1 вид хвощів та 49 вид покритонасінних рослин; з них 22 однодольних (45,1 %) та 27 дводольних (54,9 %).

Найбагатше у флористичному відношенні представлені родини осокових (*Cyperaceae*) та рдесникових (*Potamogetonaceae*) – по 7 видів, які разом складають 19 % від загальної чисельності. Відносно багатими виявились також родини злакових (*Poaceae*) – 5 видів, губоцвітих (*Lamiaceae*) – 5, гречкових (*Polygonaceae*), жовтецевих (*Ranunculaceae*) та капустяних (*Brassicaceae*) – по 4 види. Решта 23 родини складають 51 % від загального числа, у тому числі десять з них представлені лише одним видом.

У флорі досліджених водних об'єктів власне водних рослин – гідрофітів налічується 23 види, або 31 % усіх виявлених. З них: занурені не укорінені – 3 види; занурені укорінені – 9 видів; вільноплаваючі – 3 види; з плаваючим листям – 8 видів.

Серед угруповань дрібних вільноплаваючих рослин союзу *Lemnion minoris*, найпоширеніша асоціація ряски малої (*Lemnetum minoris*). Серед ценозів більших за розмірами вільноплаваючих рослин порядку *Hydrocharitetalia*, часто траплялися асоціації жабурника звичайного з ряскою малою (*Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae*) та куширу зануреного (*Ceratophylletum demersi*). Ценози цих асоціацій виявлені нами на більшості досліджених ділянок, які характеризуються різною комбінацією екологічних факторів, у тому числі – відмінним рівнем забруднення води. Розвиток і продуктивність найпоширеніших угруповань вільноплаваючих рослин найбільше залежали від наявності та швидкості течій. На розподіл ценозів ряски триборозенчастої (*Lemnetum trisulcae*) у значній мірі впливала якість води.

Серед угруповань занурених укоріненних рослин союзу *Potamion* найпоширеніші асоціації рдесника пронизанолистого (*Potametum perfoliati*) та кучерявого (*Potametum crispi*), а серед угруповань укоріненних рослин з плаваючим листям союзу *Nymphaeion* широко розповсюджені ценози асоціації глечиків жовтих та латаття білого (*Nupharo lutei-Nymphaeetum albae*).

Розвиток угруповань прикріплених до дна водних рослин з плаваючим на поверхні та в товщі води листям значною мірою залежить від якості води. Зокрема, ценози асоціації рдесника блискучого (*Potametum lucentis*) не виявлено на ділянках річки р. Кошова в межах міста Херсон, що зазнає значного антропогенного забруднення.

З угруповань прибережних повітряно-водних рослин союзу *Phragmition communis* найпоширеніші ценози очерету звичайного (*Phragmitetum communis*) та лепешняка великого (*Glycerietum maximae*). Поширення та розвиток угруповань повітряно-водної рослинності найменше залежали від якості води, що збігається з висновками попередніх досліджень науковців у цій галузі [9].

Отже, фітобіота досліджених об'єктів досить різноманітна і може бути достатньо об'єктивним індикатором забруднення та трансформації екосистем річок, що відбуваються під антропогенним впливом.

Паралельно на ділянках річок зі створами гідрохімічної зйомки проводили дослідження рослинності на популяційно-видовому та цено-тичному рівні. Аналіз розподілу видів вздовж градієнта забруднення води (за значеннями KEI), показав різну чутливість рослин до якості води (таблиця 1).

Таблиця 1. Оцінка індикаторності видів

Вид	Індикаторна інформативність	Екологічний центр розподілу	Екологічна амплітуда
Рдесник пронизанолистий (<i>Potamogeton perfoliatus</i>)	0,69	5,7	6,0
Рдесник блискучий (<i>P. lucens</i>)	0,50	4,7	3,0
Латаття біле (<i>Nymphaea alba</i>)	0,54	5,4	3,5
Ряска триборозенчаста (<i>Lemna trisulca</i>)	0,58	5,0	3,8
Водопериця колосиста (<i>Myriophyllum spicatum</i>)	0,37	4,7	3,2
Елодея канадська (<i>Elodea canadensis</i>)	0,59	5,4	5,7
Глечики жовті (<i>Nuphar lutea</i>)	0,64	5,8	5,0
Рдесник гребінчастий (<i>P. pectinatus</i>)	0,53	7,6	10,0
Рдесник кучерявий (<i>P. crispus</i>)	0,73	7,6	11,9
Кушир занурений (<i>Ceratophyllum demersum</i>)	1,0	8,4	14,4

За результатами оцінки індикаторності нами виділено три групи видів:

1 – найкращі індикатори якості води з вузькою екологічною амплітудою за градієнтом KEI (3,0-3,8), за нашими спостереженнями найчастіше зустрічалися у водах 3 класу якості: рдесник блискучий (*Potamogeton lucens*), латаття біле (*Nymphaea alba*), ряска триборозенчаста (*Lemna trisulca*) та водопериця колосиста (*Myriophyllum spicatum*). Такі види характеризуються значенням $Z_i=3$.

2 – рослини з ширшою екологічною амплітудою (5,0-6,0) і центром розподілу, розташованим вище ніж у попередньої групи: рдесник пронизанолистий (*P. perfoliatus*), елодея канадська (*Elodea canadensis*) та глечики жовті (*Nuphar lutea*). Індикаторні ознаки цих видів нижчі, ніж у першої

групи, але достатні, що дозволяє їх використовувати для потреб фітоіндикації ($Z_i=2$).

3 – рослини з широкою екологічною амплітудою (10,0-14,4), володіють значною стійкістю до антропогенного забруднення води: рдесники гребінчастий (*P. pectinatus*) і кучерявий (*P. crispus*), кушир занурений (*Ceratophyllum demersum*) ($Z_i=1$).

Загалом, стійкими до забруднення потрібно визнати усі види, виявлені на 6-кілометровому проміжку р. Кошова в межах міста Херсон. Ті з них, які здатні формувати потужні зарості, можна використати при створенні руслових, берегових та заплавних «біологічних фільтрів» для інтенсифікації очищення води нижче стоків промислових підприємств, урбанізованих територій тощо. З метою акумуляції забруднюючих речовин можна використати наступні види: рдесник гребінчастий, рдесник кучерявий, кушир занурений, лепеху звичайну, лепешняк великий, очерет звичайний, рогози широколистий та вузьколистий.

На основі вивчення видової різноманітності ценозів вищої водної рослинності, чисельності чутливих до забруднення води видів, які визначено аналізом індикаторності, рівня сприятливості умов водного об'єкта або його ділянки для розвитку рослинності, запропоновано кількісний показник – індекс фітоіндикації екологічного стану водних екосистем за вищою водною рослинністю. Зростання значення індексу вказує на зниження якості води та погіршення стану водного середовища (табл. 2).

Таблиця 2. Оцінка стану водного середовища досліджуваних водойм за індексом фітоіндикації

Ділянка	N	$\sum_{i=1}^n Z_i$	P, m	k_1	k_2	k_3	k_4	k_{cnp}	I_f	Клас якості
р. Кошова, м-р Острів	23	4	0,9	1	0,8	0,6	1	0,88	12,7	4
р. Кошова, с. Дніпровське	20	7	0,9	1	0,8	0,6	1	0,92	6,6	3
Стеблівський лиман, оз. 1 Погоріле	19	3	1,3	1	1	0,8	1	0,32	5,1	3
Стеблівський лиман, оз. 2 Погоріле	22	5	1,4	1	1	0,8	1	0,96	4,0	3

У ході проведених розрахунків за значенням індексу фітоіндикації встановлено клас якості води у досліджуваних районах. При варіюванні значень в межах від 3,0 до 8,0 клас якості води відповідає третьому, а від 8,1 до 15,0 – четвертому класу якості природних вод.

Висновки. Оцінка якості води, проведена за гідрохімічними показниками на основі комплексного екологічного індексу, показала, що в контрольованих умовах р. Кошова якість води описується градацією від 3 до 4 класу, а якість Стеблівського лиману перебувала у межах 3 класу. На цих же водоймах встановлено також два класи якості (3-4) за індексом фітоіндикації.

ASSESSMENT OF SURFACE WATER QUALITY BY PHYTOINDICATION METHOD WITHIN THE URBANIZED TERRITORY OF KHERSON

*Lyanzberh O.V. – PhD in agriculture, Associate Professor,
Separated Structural Unit “Kherson Hydrometeorological Professional College
of Odessa State Environmental University”,
lyanzberg@ukr.net*

*Yevtushenko O.T. – PhD in agriculture,
Kherson State Agrarian and Economic University,
semen_olga@ukr.net*

The article reflects the search for new opportunities to assess the ecological status of aquatic ecosystems by individual sensitive species, as well as groups of higher aquatic plants through the study of their species composition and transformation under the influence of anthropogenic pollution. Reliable scientific information about the state of water bodies has been necessary for the protection and restoration of aquatic ecosystems and the adoption of adequate management decisions. Therefore, observations and detection of changes occurring in this area in qualitative and quantitative diversity, in the ratio of ecological groups of aquatic organisms were relevant, have had great scientific and practical interests.

Theoretical field and laboratory research a method with the usage of hydroecological, geobotanical and mathematical data analyzes were used. Special studies have been conducted on the floodplains of the Lower Dnieper within the Kherson region, particularly in the Stebliyiv estuary and on the Koshova River.

In the course of the analysis, the systematic composition, spectrum of ecological and biological groups, spectrum of plant strategies and geographical structure of the flora of the Stebliv estuary and the Koshova river were determined. In the course of the research, 50 species of higher aquatic and coastal-aquatic plants belonging to 40 genera and 24 families were identified. These were 1 species of horsetails and 49 species of angiosperms; of which 22 monocotyledons (45,1 %) and 27 dicotyledons (54,9 %).

Based on the study of species diversity of cenoses of higher aquatic vegetation, the number of species sensitive to water pollution, which are determined by analysis of indicators, the level of favorable conditions of the water body or its area for vegetation development, proposed a quantitative indicator – phytoindication. An increase in the value of the index has indicated a decrease in water quality and deterioration of the aquatic environment.

According to the results of the researches, it was established that in the controlled conditions of the Koshova River the water quality has described by the gradation from 3 to 4 classes, and the quality of the Steblyiv estuary was within 3 classes. On the same reservoirs there were also two quality classes (3-4) according to the phytoindication index.

Keywords: water ecosystems, water pollution, bioindication, macrophytes, phytoindication index.

ЛІТЕРАТУРА

1. Романенко В.Д. Основи гідроекології. К.: Генеза, 2004. 664 с.
2. Абакумов В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.
3. Мальцев В.І., Карпова Г.О., Зуб Л.М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. К.: Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України, Недержавна наукова установа Інститут екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. 112 с.
4. Олексів І.Т., Ялинська Н.С., Брагінський Л.П. Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень (теорія, методи, практикави-користання). Львів: Світ, 1995. 440 с.
5. Топачевский А.В., Масюк Н.П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. Киев : Высш. шк., 1984. 336 с.
6. Разнообразие водорослей Украины. Под ред. С.П. Вассера, П.М. Царенко. *Альгология*. 2000. 10, № 4. 309 с.
7. Клименко М.О., Гроховська Ю.Р. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними рослинами. Рівне: НУВГП, 2005. 194 с.
8. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л.: Наука, 1981. 187 с.
9. Гейни С., Сытник К.М. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды. Киев: Наукова думка, 1993. 436 с.

REFERENCES

1. Romanenko V.D. (2004). *Osnovi gidroekologii* [The fundamentals of hydroecology]. Kyiv: Geneza. [in Russian].
2. Abakumov V.A. (1992). *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnyh ekosistem* [The Guide for Hydrobiological Monitoring of Freshwater Ecosystems]. St. Petersburg : Gidrometeoizdat. [in Russian].
3. Mal'cev V.I., Karpova G.O., Zub L.M. (2011). *Vyznachennja jakosti vody metodamy bioindykacii': naukovo-metodychnyj posibnyk* [Determination of water quality by bioindication methods]. Kyiv: Naukovyj centr ekomonitoringu ta bioriznomanittja megapolisu NAN Ukrai'ny,

- Nederzhavna naukova ustanova Instytut ekologii' (INEKO) Nacional'nogo ekologichnogo centru Ukrai'ny. [in Ukrainian].
4. Oleksiv I.T., Jalyns'ka N.S., Bragins'kyj L.P. (1995). *Gidroekologichna toksykometrija ta bioindykacija zabrudnen' (teorija, metody, praktykavy-korystannja)* [The hydroecological toxicometry and bioindication of pollution (theory, methods, practices-use)]. L'viv: Svit. [in Ukrainian].
 5. Topachevskij A.V., Masjuk N.P. (1984). *Presnovodnye vodorosli Ukrainskoj SSR* [The freshwater algae of the Ukrainian SSR]. Kyiv : Vyssh. shkola. [in Russian].
 6. Vassera S.P., Carenko P.M. (2000). *Raznoobrazie vodoroslej Ukrainy* [The variety of algae in Ukraine]. *Al'gologija*. 10, no. 4. [in Russian].
 7. Klymenko M.O., Grohovs'ka Ju.R. (2005). *Ocinka ekologichnogo stanu vodnyh ekosystem richok basejnu Pryp'jati za vyshhymy vodnymy roslynamy* [The assessment of the ecological status of aquatic ecosystems of the rivers of the Pripyat basin by higher aquatic plants]. Rivne: NUVGP. [in Ukrainian].
 8. Katanskaja V.M. (1981). *Vysshaja vodnaja rastitel'nost' kontinental'nyh vodoemov SSSR. Metody izuchenija* [The higher aquatic vegetation of the continental reservoirs of the USSR. Study methods]. Leningrad: Nauka. [in Russian].
 9. Gejni S., Sytnik K.M. (1993). *Makrofity – indikatory izmenenij prirodnoj sredy* [The macrophytes – indicators of changes in the natural environment]. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].