

## БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ Р. КАМ'ЯНКА В М. ЖИТОМИРІ ЗА ДОПОМОГОЮ MIR-ІНДЕКСУ

### Ганна Кірейцева

кандидат економічних наук, доцент, докторант, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій

Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, Житомир, Україна, 10005, [gef\\_kgv@ztu.edu.ua](mailto:gef_kgv@ztu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-1055-1784

### Олена Герасимчук

кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри наук про Землю

Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, Житомир, Україна, 10005, [kgt\\_gol@ztu.edu.ua](mailto:kgt_gol@ztu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-1279-1888

### Галина Скиба

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри наук про Землю

Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, Житомир, Україна, 10005, [kpn\\_sgv@ztu.edu.ua](mailto:kpn_sgv@ztu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-4981-4975

### Світлана Хоменко

аспірантка, асистентка кафедри екології та природоохоронних технологій

Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, Житомир, Україна, 10005, [org\\_hsv@ztu.edu.ua](mailto:org_hsv@ztu.edu.ua)

ORCID: 0009-0002-7463-7867

### Ілля Циганенко-Дзюбенко

аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій, асистент кафедри наук про Землю

Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, Житомир, Україна, 10005, [ke\\_miyu@ztu.edu.ua](mailto:ke_miyu@ztu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-3240-8719

У статті представлено результати біоіндикаційної оцінки екологічного стану р. Кам'янка в м. Житомирі з використанням макрофітного індексу (далі – MIR). Цей метод є одним із перспективних для аналізу екологічного стану масиву поверхневих вод та ґрунтується на дослідженні реакцій живих організмів на зміни в навколишньому середовищі. Проведено комплексне дослідження видового складу та проективного покриття макрофітів на шести тестових ділянках р. Кам'янка в м. Житомирі, яка є лівою притокою Тетерева (басейн Дніпра) та важливою водною артерією м. Житомира. У процесі проведених досліджень виявлено 17 видів водних та прибережно-водних рослин, серед яких 9 видів (*Potamogeton natans* L., *Potamogeton pectinatus* L., *Lemna minor* L., *Lemna gibba* L., *Acorus calamus* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Glyceria maxima* (C.Hartm.) Holmb., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Ceratophyllum demersum* L.) мають індикаторне значення для розрахунку макрофітного індексу. Розрахунок MIR-індексу показав, що якість води на тестових ділянках № 1–5 відповідає поганому екологічному стану, а на ділянці № 6 – задовільному. Наявність видів-індикаторів евтрофних умов на окремих ділянках свідчить про надмірне надходження біогенних елементів у водойму внаслідок антропогенного впливу, зокрема скидання недостатньо очищених або неочищених стічних вод. Отримані результати вказують на необхідність упровадження регулярного моніторингу, контролю за дотриманням природоохоронного законодавства та співпраці між різними стейкхолдерами для мінімізації антропогенного впливу й покращення екологічного стану р. Кам'янки. Біоіндикаційна оцінка екологічного стану р. Кам'янка в м. Житомирі за допомогою MIR-індексу виявилась ефективним інструментом для визначення ступеня деградації водойм, пов'язаної із забрудненням біогенними елементами.

**Ключові слова:** біоіндикація, моніторинг, макрофіти, екобезпека, забруднення, види-індикатори, малі річки, водні ресурси.

**Актуальність роботи.** Забруднення водних ресурсів, зокрема малих річок, є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. Антропогенний вплив, спричинений урбанізацією, промисловістю та сільським господарством, призводить до погіршення якості води й деградації водних екосистем. Р. Кам'янка, що протікає через м. Житомир, не є винятком і зазнає значного антропогенного навантаження.

Для ефективного управління та охорони водних ресурсів необхідно мати надійні інструменти оцінки їх екологічного стану. Традиційні фізико-хімічні методи хоч і дають важливу інформацію про якість води, не завжди дають змогу оцінити весь спектр впливу на водні екосистеми. Одним із перспективних методів для аналізу екологічного стану масиву поверхневих вод є біоіндикація, яка базується на вивченні реакцій живих організмів на зміни в навколишньому середовищі [1; 2]. Одним з ефективних біоіндикаторів якості води є макрозообентос – донні безхребетні організми, видовий склад і кількісні характеристики яких відображають екологічний стан водойм. Оцінити екологічний стан річки за структурою угруповань макрозообентосу допомагає MIR-індекс (Multimetric Index for Rivers) [3].

Макрофітний індекс річок розроблений і широко використовується в країнах Європейського Союзу для оцінки екологічного стану річок відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС (WFD) [4]. Зокрема, у Польщі MIR-індекс є офіційним методом оцінки екологічного стану річок [4], у Великій Британії метод оцінки річок за макрофітами використовується Агентством з охорони навколишнього середовища Англії та Вельсу [5; 6], німецький індекс макрофітів застосовується для оцінки екологічного стану річок відповідно до вимог WFD [7], голландський індекс макрофітів є частиною системи екологічної класифікації якості поверхневих вод країни [8]. Окрім згаданих країн, такі методи оцінки, що базуються на макрофітах, використовуються також у Бельгії, Данії, Чехії, Словаччині, Угорщині та інших європейських країнах.

В Україні MIR-індекс наразі не набув широкого застосування, але дослідження показують перспективність його використання для оцінки екологічного стану річок в Україні [3]. Саме тому дослідження екологічного стану р. Кам'янка з використанням MIR-індексу є актуальним та необхідним у наш час, а отримані результати можуть стати основою для розробки заходів з охорони та відновлення річки, а також бути

використані для екологічного моніторингу інших малих річок регіону.

Р. Кам'янка є лівою притокою Тетерева (басейн Дніпра) та важливою водною артерією міста Житомира, яка відіграє значну роль у забезпеченні населення водними ресурсами, підтриманні біорізноманіття та формуванні естетичного ландшафту міста. Проте внаслідок посилення антропогенного навантаження на річкову екосистему, зокрема через скиди стічних вод, забруднення побутовими й промисловими відходами, зростання рекреаційного використання виникає загроза погіршення якості води та деградації водного середовища [9].

Отже, проблема полягає в необхідності проведення комплексних досліджень макрофітів р. Кам'янки в м. Житомирі, визначення MIR-індексу та оцінки на його основі екологічного стану річки. Отримані результати дадуть змогу виявити проблемні ділянки річки, встановити можливі причини погіршення якості води, розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо покращення екологічної ситуації.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питання оцінки екологічного стану поверхневих вод за макрофітним індексом висвітлені в роботах багатьох вітчизняних та зарубіжних учених. Особливості застосування макрофітного індексу для оцінки екологічного стану річок України досліджували Г. Карпова, Л. Зуб, В. Мельничук, Г. Проців [11]. Вони проаналізували сучасний стан вивченості макрофітів річок України та запропонували методіку розрахунку макрофітного індексу, адаптовану до регіональних гідроекологічних умов. У роботі вчених О. Цьось, О. Музиченко, М. Боярин [3] висвітлено питання застосування європейської фітоіндикаційної методіки Makrofitowa Metoda Oceny Rzek (MMOR) для оцінки екологічного статусу поверхневих вод приток верхів'я р. Прип'ять. Автори Ю. Гроховська та М. Клименко [13] виконували такі дослідження для оцінки екологічного стану аквальної екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними макрофітами.

**Матеріал і результати досліджень.** Суть методіки полягає у визначенні кількісних (кількість індикаторних видів водних і прибережно-водних рослин, їх проективне покриття) і якісних (індекс проективного покриття, трофічний індекс L, ваговий коефіцієнт W) показників рослин та обрахунку MIR-індексу річки [14]. Методіка макрофітної оцінки річок дає змогу оцінити ступінь деградації річок, насамперед пов'язаної із

забрудненню води біогенними елементами. Вибір цього методу для використання на території України пояснюється значним збігом флористичних списків досліджуваних ділянок річок з набором індикаторних видів макрофітів для розрахунку MIR-індексу. Недоліком методу є неможливість проведення оцінки екологічного стану річок, у яких відсутня водна рослинність.

Для визначення екологічного стану р. Кам'янка в м. Житомир для проведення досліджень закладено 6 тестових ділянок. Протягом літа 2023 р. реалізовано декілька польових експедицій у межах найбільш урбанізованої ділянки р. Кам'янка (спільна локалізація річки та моста, яким цілодобово рухається транспорт), по обидва береги цієї ділянки річища розміщена приватна забудова з невеликими земельними ділянками сільськогосподарського призначення. Остання дослідна ділянка (№ 6) завершується впаданням р. Кам'янка до р. Тетерів.

Для визначення MIR-індексу було відібрано 17 видів макрофітів, з них 9 видів є індикаторними.

Розрахунок макрофітного індексу MIR проводився на основі даних польових досліджень, використовуючи формулу [13].

$$MIR = \frac{\sum (L_i \times W_i \times P_i)}{\sum (W_i \times P_i)} \times 10, \text{ де} \quad (1)$$

MIR – макрофітний індекс річки;

$L_i$  – номер значення індексу для виявленого виду (i);

$W_i$  – ваговий коефіцієнт виду (i);

$P_i$  – коефіцієнт проективного покриття виду (i) за 9-бальною шкалою.

MIR-індекс може приймати значення від 10 (найгірші значення) до 100 (найкращі). У разі рівнинних річок найвищі значення MIR не перевищують 60.

Водною рамковою директивою введено систему оцінки води, що складається з п'яти класів екологічного стану поверхневих вод, які відповідають статусу: відмінний, хороший, задовіль-

ний, поганий, дуже поганий. Обчислені значення MIR-індексу належать до певного класу, що відповідає системі оцінки води, введеної Водною рамковою директивою. Класифікація досліджуваної ділянки річки зводиться до узгодження обчисленого значення MIR-індексу з відповідним діапазоном граничних значень, присвоєних відповідному типу річки [14; 15] (таблиця 1).

Отримані в результаті експерименту значення MIR-індексу були порівняні з відповідними класами екологічного стану поверхневих вод. Це дало змогу оцінити екологічний стан досліджуваних водних об'єктів на основі зіставлення експериментальних даних з референтними значеннями, наведеними в таблиці 1.

Досліджувана р. Кам'янка в м. Житомир є правою притокою річки Тетерів (басейн Дніпра) та належить до суббасейну Середнього Дніпра згідно з гідрографічним районуванням території України. Довжина річки в межах м. Житомира – близько 8 км, площа водозбору – 27,6 км<sup>2</sup>, падіння річки – 36 м, похил річки – 4,5 м/км. Гідрологічний режим: живлення річки змішане, з переважанням снігового та дощового. Долина річки в межах міста переважно V-подібна, місцями трапецієподібна. Заплава двостороння, у середній та нижній течії місцями відсутня через забудову. Русло помірно звивисте, на окремих ділянках випрямлене, дно в основному руслі піщане або мулисто-піщане [17].

Із метою оцінки екологічного стану р. Кам'янка на території міста Житомир вибрано 6 репрезентативних ділянок, на яких проводилися дослідження. Ці тестові ділянки були визначені так, щоб отримати комплексну характеристику стану водного об'єкта в межах міста та виявити потенційні чинники впливу на екосистему річки. Протягом літа 2023 року було реалізовано декілька польових експедицій. У польових умовах створено фітоценотеку із 6 описів, які

Таблиця 1

**Значення MIR-індексу для різних типів річок**

Типізація річок за фітоценотичним складом макрофітів		Екологічний стан (клас)				
		Відмінний (I)	Добрий (II)	Задовільний (III)	Поганий (IV)	Дуже поганий (V)
M-VI	Піщані річки	≥46,8	46,8–36,6	36,6–26,4	26,4–16,1	≤16,1
M-VII	Кам'янисто-гравієві річки	≥47,1	47,1–36,8	36,8–26,5	26,5–16,2	≤16,2
M-VIII	Органічні річки	≥44,5	44,5–35,0	35,0–25,4	25,4–15,8	≤15,8
M-IX	Великі річки низовин	≥44,7	44,7–36,5	36,5–28,2	28,2–20,0	≤20,0

Джерело: складено авторами на основі [3]

містили видовий склад, величину проєктивного покриття, визначення ролі кожної ценопопуляції окремих макрофітів та прибережно-водних рослин (таблиця 2).

На дослідних ділянках виявлено 17 видів водних та прибережно-водних рослин, з яких 9 видів, які мають індикативне значення для розрахунку MIR-індексу. Серед них: *Potamogeton natans* L. (плавун звичайний) – багаторічна водна рослина, яка зростає в стоячих або повільнотекучих водоймах [18]. Наявність цього виду свідчить про мезотрофні умови та помірний рівень забруднення води; *Potamogeton pectinatus* L. (рдесник гребінчастий) – занурена водна рослина, яка трапляється в різних типах водойм. Цей вид є індикатором мезотрофних та евтрофних умов, а також може витримувати певний рівень забруднення води; *Lemna minor* L. (ряска мала) – вільнопливальна водна рослина, яка часто утворює густі зарості на поверхні води. Наявність цього виду вказує на евтрофні умови та високий вміст поживних речовин у воді; *Lemna gibba* L. (ряска горбата) – вільнопливальна водна рослина, подібна до *L. minor*. Цей вид також є індикатором евтрофних умов та забруднення води органіч-

ними речовинами[19]; *Acorus calamus* L. (лепеха звичайна) – багаторічна прибережно-водна рослина, яка зростає на мілководді та в заплавах. Наявність цього виду може свідчити про забруднення води та замулення дна водойми; *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (очерет звичайний) – багаторічна прибережно-водна рослина, яка утворює густі зарості на мілководді та в прибережній зоні [20]. Цей вид може зростати в широкому діапазоні екологічних умов, але часто є індикатором евтрофікації та антропогенного впливу на водойми; *Glyceria maxima* (C.Hartm.) Holmb. (лепешняк великий) – багаторічна прибережно-водна рослина, яка зростає на мілководді та в заплавах. Наявність цього виду може вказувати на мезотрофні та евтрофні умови, а також на помірний рівень забруднення води [21]; *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult. (ситняк болотний) – багаторічна прибережно-водна рослина, яка зростає на мілководді та в перезволожених місцях. Цей вид є індикатором мезотрофних та евтрофних умов, а також може витримувати певний рівень забруднення води; *Ceratophyllum demersum* L. (кушир занурений) – багаторічна занурена водна рослина, яка трапляється в різних типах водойм. Наявність

Таблиця 2

**Якісна та кількісна характеристика макрофітів р. Кам'янка**

№ з/п	Вид макрофітів	L <sub>i</sub>	W <sub>I</sub>	Коефіцієнт покриття (P) та тестових ділянках					
				1	2	3	4	5	6
1.	<i>Potamogeton natans</i> L.	4	1	9	-	7	8	7	
2.	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	4	1	-	6	-	-	-	6
3.	<i>Vallisneria spiralis</i> L.	-	-	8	-	-	-	8	-
4.	<i>Lemna minor</i> L.	2	2	6	-	6	7	7	-
5.	<i>Lemna gibba</i> L.	1	3	-	6	-	-	-	-
6.	<i>Dactylis glomerata</i> L.	-	-	7	7	7	-	-	7
7.	<i>Beckmannia eruciformis</i> (L.) Host	-	-	7	-	-	-	-	-
8.	<i>Bidens tripartita</i> L.	-	-	5	-	-	-	-	-
9.	<i>Acorus calamus</i> L.	2	3	6	-	6	6	6	-
10.	<i>Salix viminalis</i> L.	-	-	-	8	-	-	-	-
11.	<i>Urtica dioica</i> L.	-	-	-	6	-	-	-	-
12.	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	-	-	-	9	8	7	7	9
13.	<i>Glyceria maxima</i> (C.Hartm.) Holmb.	3	1	-	7	-	6	7	-
14.	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	6	2	-	-	7	-	-	-
15.	<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	-	-	-	-	7	-	-	-
16.	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	2	3	-	-	9	-	-	-
17.	<i>Typha angustifolia</i> L.	3	2	-	-	-	-	-	7
Всього видів 17, з них 9 індикативних				7/3	7/3	8/5	5/4	6/4	4/1
Значення MIR на тестових ділянках				25 (III)	23 (IV)	22 (IV)	24 (IV)	24 (IV)	32 (IV)

Джерело: складено авторами

цього виду свідчить про евтрофні умови та високий вміст поживних речовин у воді [18; 23].

Під час проведення досліджень на першій ділянці виявлено 7 видів макрофітів, серед яких домінують *Potamogeton natans* (коефіцієнт покриття 9) та *Lemna minor* (коефіцієнт покриття 6). Асоціація *Potamogeton natans* належить до класу *Potamogetea* та поширена в прісноводних водоймах лісової і лісостепової зон України. Вона формує угруповання вільноплавальних гідрофітів у мезотрофних та евтрофних озерах, ставках, річках з повільною течією. Домінантним видом є *Potamogeton natans*, який утворює зарості разом з іншими плавальними гідрофітами – *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *Hydrocharis morsus-ranae*. Асоціація приурочена мілководним ділянкам зі слабкокислою або нейтральною реакцією води (рН 6,5–7,5). Вона відіграє важливу роль у біологічному самоочищенні водойм, є продуцентом органічної речовини та середовищем існування гідробіонтів.

На другій ділянці зафіксовано 7 видів макрофітів, з яких найбільше проєктивне покриття мають *Potamogeton pectinatus* (6), *Lemna minor* (6) та *Lemna gibba* (6). Також поширена асоціація *Phragmitetum australis*, що належить до класу *Phragmito-Magnocaricetea* і є однією з найпоширеніших гелофітних асоціацій боліт і заболочених лісів лісової та лісостепової зон України. Ця асоціація формується на заболочених ділянках зі слабко- або помірнопроточним режимом зволоження та нейтральною або слаболужною реакцією ґрунтових вод (рН 6,5–7,5). Домінантною рослиною є очерет звичайний (*Phragmites australis*), який утворює щільні зарості. Крім *P. australis*, для асоціації характерні такі види, як осока гостра (*Carex acuta*), рогіз широколистяний (*Typha latifolia*), комиш лісовий (*Scirpus sylvaticus*) та ін. Присутність *Dactylis glomerata* та *Urtica dioica* на березі свідчить про антропогенний вплив на прибережну зону.

На третій ділянці знайдено асоціацію *Ceratophylletum demersi*, що належить до класу *Potamogetea* і поширена в прісноводних водоймах лісової та лісостепової зон України. Вона утворює занурені угруповання в евтрофних стоячих або слабкопроточних водоймах. Домінантним видом є роголистник занурений (*Ceratophyllum demersum*), який формує щільні зарості на мулистих ґрунтах на глибині 1–3 м. Ця рослина відіграє важливу роль у біологічному самоочищенні водойм та є продуцентом органічної речовини.

На четвертій ділянці зафіксовано 5 видів макрофітів, з яких найбільше проєктивне

покриття мають *Potamogeton natans* (8), *Lemna minor* (7), *Phragmites australis* (7) та *Ceratophyllum demersum* (9).

На п'ятій ділянці виявлено 6 видів макрофітів, серед яких асоціація *Glycerietum maximae*, що належить до класу *Phragmito-Magnocaricetea* і поширена на заболочених луках у заплавах річок лісової та лісостепової зон України.

На шостій ділянці зафіксовано 4 види макрофітів, з яких найбільше проєктивне покриття мають *Phragmites australis* (9), *Potamogeton pectinatus* (6), *Glyceria maxima* (7) та *Typha angustifolia* (7).

Результати розрахунків Макрофітного індексу річок представлено в таблиці 3.

Таблиця 3

**Екологічний стан р. Кам'янка за MIR-індексом**

Досліджувані ділянки	MIR індекс	Екологічний стан
Ділянка № 1	25 (IV)	Поганий
Ділянка № 2	23 (IV)	Поганий
Ділянка № 3	22 (IV)	Поганий
Ділянка №4	24 (IV)	Поганий
Ділянка № 5	24 (IV)	Поганий
Ділянка № 6	32 (III)	Задовільний

Джерело: складено авторами

У результаті проведених розрахунків встановлено, що якість води в р. Кам'янка на тестових ділянках № 1–5 мають поганий екологічний стан та на ділянці № 6 – задовільний екологічний стан. Це пов'язано з антропогенним впливом на річку Кам'янка, а саме зі скиданням недостатньо очищених або неочищених стічних вод від житлових, промислових або комунальних, що призводить до забруднення води органічними речовинами, біогенними елементами (азотом і фосфором) та іншими поліюгантами. Наявність видів-індикаторів евтрофних умов (*Phragmites australis*, *Typha angustifolia*) на ділянці № 6 може свідчити про надмірне надходження біогенних елементів унаслідок скидання стічних вод.

**Висновки.** На основі проведеного дослідження екологічного стану р. Кам'янка в м. Житомирі за допомогою MIR-індексу можна зробити такі висновки:

– методика макрофітної оцінки річок є ефективним інструментом для визначення ступеня деградації річок, пов'язаної із забрудненням води біогенними елементами. Застосування цього методу в Україні є доцільним, оскільки спостерігається значний збіг флористичних списків

досліджуваних ділянок річок з набором індикаторних видів макрофітів, необхідних для розрахунку MIR-індексу;

– у результаті дослідження на шести тестових ділянках р. Кам'янка виявлено 17 видів водних та прибережно-водних рослин, з яких 9 видів мають індикаторне значення для розрахунку MIR-індексу. Аналіз видового складу та проєктивного покриття макрофітів дав змогу оцінити екологічний стан річки на різних ділянках;

– розрахунок MIR-індексу показав, що якість води у р. Кам'янка на тестових ділянках № 1–5 відповідає поганому екологічному стану, а на ділянці № 6 – задовільному. Це свідчить про значний антропогенний вплив на річку, зокрема, уна-

слідок скидання недостатньо очищених або неочищених стічних вод від житлових, промислових або комунальних об'єктів;

– наявність видів-індикаторів евтрофних умов (*Phragmites australis*, *Typha angustifolia*) на окремих ділянках указує на надмірне надходження біогенних елементів у водойму, що може бути результатом скидання стічних вод;

– для мінімізації антропогенного впливу на р. Кам'янку та покращення її екологічного стану необхідно впровадити регулярний моніторинг, забезпечити контроль за дотриманням природоохоронного законодавства й налагодити співпрацю між місцевою владою, підприємствами, науковими установами та громадськістю.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Афанасьєв С. О. Проблеми і розвиток досліджень екологічного стану гідроекосистем України в аспекті імплементації директив ЄС в галузі довкілля. *Гідробиологічний журнал*. 2018. Т. 54, № 6. С. 3–17.
2. Пацева І. Г., Герасимчук О. Л., Сікач Т. І., Івашкіна О. Л. Формування та реалізація державної екологічної політики. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Вип. 6. 2023 (143). С. 60–67.
3. Цьось О. О., Музиченко О. С., Боярин М. В. Методика оцінки екологічного стану поверхневих вод приток верхів'я річки Прип'ять за макрофітами. Луцьк : Вид-во Вежа, 2022. 26 с.
4. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23.10.2000. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text) (дата звернення: 20.04.2024 р.).
5. Metodyka badań terenowych makrofitów na potrzeby rutynowego monitoringu rzek (Macrophyte survey manual for the purpose of river monitoring)/K. Szoszkiewicz et al. Poznań: *Bogucki Wydawnictwo Naukowe*, 2010. P. 81.
6. Barendregt A., Bio A. M. F. Relevant variables to predict macrophyte communities in running waters. *Ecological Modelling*. 2003. Vol. 160. P. 205–217.
7. Holmes N. T. H., Newman J. R., Chadd S., Rouen K. J., Saint L., Dawson F. H. Mean Trophic Rank: A User's Manual. Bristol: *Environment Agency*, 1999. P.142.
8. Action Instructions for the ecological Evaluation of Lakes for Implementation of the EU Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos / J. Schaumburg et al. Bavarian Water Management Agency, 2007. P.69. URL: [https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet/seen/phylib\\_deutsch/doc/action\\_instruction.pdf](https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet/seen/phylib_deutsch/doc/action_instruction.pdf) (дата звернення: 25.04.2024 р.).
9. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water / D. T. Van der Molen, R. Pot (eds.). STOWA Rapport 2007-32. 2007. P.290. URL: <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202007/STOWA%202007-32.pdf> (дата звернення: 20.04.2024 р.).
10. Herasymchuk L., Romanchuk L., Valerko R. Water quality from the sources of non-centralized water supply within the rural settlements of Zhytomyr region. *Ekologia (Bratislava)*. 2022. Vol. 41, No. 2. P. 126–134.
11. Карпова Г. А., Зуб Л., Мельничук В., Проців Г. Оцінка екологічного стану водойм методами біоіндикації. Перші кроки до оцінки якості води. Бережани, 2010. 32 с.
12. Боярин М. В. Оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Стир за макрофітним індексом MIR. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*. 2023. № 3(103). С. 37–52.
13. Клименко, М. О., Ю. Р. Гроховська. «Гідроекологічний моніторинг та фітоіндикація стану водних екосистем басейну Прип'яті.» *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки*. № 2. (2014). С 29–38.
14. Szoszkiewicz K., Zbierska J., Jusik S., Zgola T. Metodyka Badań Terenowych Makrofitów na Potrzeby Rutynowego Monitoringu Rzek. Poznan: *Bogucki Wydawnictwo Naukowe*, 2009. P.81.
15. Szoszkiewicz K., Jusik S., Ławniczak A. E., Zgola T. Macrophyte development in unimpacted lowland rivers in Poland. *Hydrobiologia*. 2010. Vol. 656. P. 117–131.
16. Szoszkiewicz K., Jusik S., Lewin I., Czerniawska-Kusza I., Kupiec J. M., Szostak M. Macrophyte and macroinvertebrate patterns in unimpacted mountain rivers of two European ecoregions. *Hydrobiologia*. 2018. Vol. 805. P. 327–342.
17. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Житомирської області у 2022 році. URL: <https://eprdep.zht.gov.ua/Regionalna%20dopovid%202023.pdf> (дата звернення: 04.05.2024 р.).
18. Дубина Д. В. Рослини наших водойм (атлас-довідник). Київ : *Фітосоціоцентр*, 2001. 134 с.
19. Дідух А. Я., Мазур Т. П. Біоморфологічна характеристика роду *Lemna* L. родини Lemnaceae. Grey. в інтродукції. *Природничий альманах. Серія: Біологічні науки*. 2019. № 26. С. 56–76.
20. Екофлора України / А. П. Ільїнська, Я. П. Дідух, Р. І. Бурда, І. А. Коротченко; за ред. Я. П. Дідух. Т. 5. Київ: *Фітосоціоцентр*, 2007. 584 с.
21. Пашкевич Н. А. Еколого-фітоценотична оцінка рослинності деяких торфових боліт Волинського

Полісся. Екологія водно-болотних угідь і торфовищ: зб. наук. статей. Київ : ДІА, 2013. С. 228–232.

22. Tsyhanenko-Dziubenko, H. Kireitseva, L. Demchuk., V. Vovk. (2023, November). Hydrochemical Determination of the Teteriv River and the Kamianka River Eutrophication Potential. 17th International Conference Monitoring of Geological

Processes and Ecological Condition of the Environment (Vol. 2023, No. 1, pp. 1-5). EAGE Publications BV.

23. Циганенко-Дзюбенко І., Хом'як І., Кірейцева Г. Моделювання динаміки водних і прибережно-водних рослинних угруповань у пост-мілітарних умовах. Проблеми хімії та сталого розвитку, 2023. Вип. 2. С. 26–37.

## BIOINDICATIVE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE KAMIANKA RIVER IN ZHYTOMYR USING THE MIR-INDEX

### Hanna Kireitseva

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Doctoral Student, Associate Professor at the Department of Ecology and Environmental Protection Technologies

Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005, gef\_kgv@ztu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-1055-1784

### Olena Herasymchuk

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Earth Sciences

Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005, kgt\_gol@ztu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-1279-1888

### Galyna Skyba

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Earth Sciences Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005, kpn\_sgv@ztu.edu.ua

sgv@ztu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-4981-4975

### Svitlana Khomenko

PhD Student, Assistant Professor at the Department of Ecology and Environmental Protection Technologies

Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005, org\_hsv@ztu.edu.ua

ORCID: 0009-0002-7463-7867

### Illia Tsyhanenko-Dziubenko

PhD student, Assistant Professor at the Department of Earth Sciences

Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005, ke\_miyu@ztu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-3240-8719

The article presents the results of bioindicative assessment of the ecological state of the Kamianka River in Zhytomyr using the macrophyte index (MIR). This method is one of the most promising for analysing the ecological state of the surface water massif and is based on the study of the reactions of living organisms to changes in the environment.

A comprehensive study of the species composition and projective coverage of macrophytes was carried out at six test sites of the Kamianka River in Zhytomyr, which is the left tributary of the Teteriv (Dnipro basin) and an important waterway in Zhytomyr. In the course of the research, 17 species of aquatic and coastal plants were identified, including 9 species (*Potamogeton natans* L., *Potamogeton pectinatus* L., *Lemna minor* L., *Lemna gibba* L., *Acorus calamus* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Glyceria maxima* (C.Hartm.) Holmb., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Ceratophyllum demersum* L.) have an indicator value for the calculation of the macrophyte index.

The calculation of the MIR index showed that the water quality at test plots 1-5 corresponds to a poor ecological condition, and at plot 6 - to a satisfactory one. The presence of species-indicators of eutrophic conditions in certain areas indicates an excessive supply of nutrients to the water body as a result of anthropogenic impact, in particular, the discharge of insufficiently treated or untreated wastewater. The results obtained indicate the need to introduce regular monitoring, control over compliance with environmental legislation and cooperation between various stakeholders to minimise anthropogenic impact and improve the ecological status of the Kamianka River.

The bioindication assessment of the ecological state of the Kamianka River in Zhytomyr using the MIR-index has proved to be an effective tool for determining the degree of degradation of water bodies associated with pollution by nutrients.

**Key words:** bioindication, monitoring, macrophytes, ecological safety, pollution, indicator species, small rivers, water resources.

REFERENCES

1. Afanasiev, S. O. (2018). Problemy i rozvytok doslidzhen ekolohichnoho stanu hidroekosystem Ukrainy v aspekti implementatsii dyrektyv YeS v haluzi dovkillia [Problems and development of research on the ecological state of hydroecosystems of Ukraine in the aspect of implementation of EU directives in the field of environment]. *Hidrobiolohichniy zhurnal*, 54 (6), 3–17 [in Ukrainian].
2. Patseva, I. H., Herasymchuk, O. L., Sikach, T. I., & Ivashkina, O. L. (2023). Formuvannia i realizatsiia derzhavnoi ekolohichnoi polityky [Formation and implementation of state environmental policy]. *Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho*, 6(143), 60–67. [in Ukrainian].
3. Tsos, O. O., Muzychenko, O. S., & Boiaryn, M. V. (2022). Metodyka otsinky ekolohichnoho stanu poverkhnevyykh vod pry tok verkhivii richky Prypiat za makrofitamy [Methods of assessing the ecological state of surface waters of the tributaries of the upper Pripjat River by macrophytes]. Lutsk: Vyd-vo Vezha [in Ukrainian].
4. Dyrektyva 2000/60/leC Yevropeiskoho Parlamentu i Rady «Pro vstanovlennia ramok diialnosti Spivtovarystva v haluzi vodnoi polityky» vid 23.10.2000 [Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy]. (2000, October 23). Retrieved April 20, 2024 Retrieved from [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text)
5. Metodyka badan' terenovykh makrofitov na potreby rutynovogo monitoringu rzek (Macrophyte survey manual for the purpose of river monitoring)/K. Szoszkiewicz et al. Poznań: *Bogucki Wydawnictwo Naukowe*, 2010. P. 81. [in Polish].
6. Barendregt A., Bio A. M. F. Relevant variables to predict macrophyte communities in running waters. *Ecological Modelling*. 2003. Vol. 160. P. 205–217.
7. Holmes N. T. H., Newman J. R., Chadd S., Rouen K. J., Saint L., Dawson F. H. Mean Trophic Rank: A User's Manual. *Bristol: Environment Agency*, 1999. P. 142.
8. Action Instructions for the ecological Evaluation of Lakes for Implementation of the EU Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos / J. Schaumburg et al. Bavarian Water Management Agency, 2007. P. 69. Retrieved from [https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet\\_seen/phylib\\_deutsch/doc/action\\_instruction.pdf](https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/doc/action_instruction.pdf).
9. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water / D. T. Van der Molen, R. Pot (eds.). STOWA Rapport 2007-32. 2007. P. 290. Retrieved from <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202007/STOWA%202007-32.pdf>.
10. Herasymchuk L., Romanchuk L., Valerko R. Water quality from the sources of non-centralized water supply within the rural settlements of Zhytomyr region. *Ekologia (Bratislava)*. 2022. 41, 2. P. 126–134.
11. Karpova, H. A., Zub, L., Melnychuk, V., & Protsiv, H. (2010). Otsinka ekolohichnoho stanu vodoim metodamy bioindykatsii. Pershi kroky do otsinky yakosti vody [Assessment of the ecological state of water bodies by bioindication methods. The first steps to assessing water quality]. Berezhany. [in Ukrainian].
12. Boiaryn, M. V. (2023). Otsinka ekolohichnoho stanu poverkhnevyykh vod richky Styr za makrofitnym indeksom MIR [Assessment of the ecological state of surface waters of the Styr River by the macrophyte index MIR]. Bulletin National University of Water and Environmental Engineering, 3(103), 37–52. [in Ukrainian].
13. Klymenko, M. O., & Hrokhovska, Y. R. (2014). Hidroekolohichniy monitorynh ta fitoindykatsiia stanu vodnykh ekosystem baseinu Prypiati [Hydroecological monitoring and phytoindication of the state of aquatic ecosystems of the Pripjat basin]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Silskohospodarski nauky*, 2, 29–38. [in Ukrainian].
14. Szoszkiewicz, K., Zbierska, J., Jusik, S., & Zgola, T. (2009). Metodyka Badan' Terenowych Makrofitov na Potreby Rutynovogo Monitoringu Rzek. Poznan: *Bogucki Wydawnictwo Naukowe*. [in Polish].
15. Szoszkiewicz, K., Jusik, S., Ławniczak, A. E., & Zgola, T. (2010). Macrophyte development in unimpacted lowland rivers in Poland. *Hydrobiologia*, 656, 117–131. [in Polish].
16. Szoszkiewicz, K., Jusik, S., Lewin, I., Czerniawska-Kusza, I., Kupiec, J. M., & Szostak, M. (2018). Macrophyte and macroinvertebrate patterns in unimpacted mountain rivers of two European ecoregions. *Hydrobiologia*, 805, 327–342. [in Polish].
17. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha Zhytomyrskoi oblasti u 2022 rotsi [Regional report on the state of the environment of Zhytomyr region in 2022]. (2024, May 4). Retrieved from <https://eprdep.zht.gov.ua/Regionalna%20dopovidj%202023.pdf>
18. Dubyna, D. V. (2001). Roslyny nashykh vodoim (atlas-dovidnyk) [Plants of our reservoirs (atlas-reference book)]. Kyiv: Fitosotsiotsentr. [in Ukrainian].
19. Didukh, A. Y., & Mazur, T. P. (2019). Biomorfologichna kharakterystyka rodu Lemna L. rodyny Lemnaceae. Grey. v introduktsii [Biomorphological characteristics of the genus Lemna L. of the Lemnaceae family. Grey. in introduction]. *Pryrodnychiy almanakh. Serii: Biolohichni nauky*, 26, 56–76. [in Ukrainian].
20. Ilinska, A. P., Didukh, Y. P., Burda, R. I., & Korotchenko, I. A. (2007). Ekoflora Ukrainy [Ecoflora of Ukraine] (Vol. 5). Kyiv: Fitosotsiotsentr. [in Ukrainian].
21. Pashkevych, N. A. (2013). Ekoloho-fitosenetychna otsinka roslynosti deiakykh torfovykh bolit Volynskoho Polissia [Ecological and phytocenotic assessment of vegetation of some peat bogs of Volyn Polissya]. In *Ekolohiia vodno-bolotnykh uhid i torfovyshch: zb. nauk. statei* [Ecology of wetlands and peatlands: collection of scientific articles] (pp. 228–232). Kyiv: DIA. [in Ukrainian].
22. Tsyhanenko-Dziubenko, H., Kireitseva, L., Demchuk, V., & Vovk, V. (2023, November). Hydrochemical Determination of the Teteriv River and the Kamianka River Eutrophication Potential. 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, 2023(1), 1–5. EAGE Publications BV.
23. Tsyhanenko-Dziubenko, I., Khomiak, I., & Kireitseva, H. (2023). Modeliuvannia dynamiky vodnykh i pryberezhno-vodnykh roslynnykh uhrupovan u post-militarynykh umovakh [Modeling the dynamics of aquatic and coastal-aquatic plant communities in post-military conditions]. *Problemy khimii ta staloho rozvytku*, 2, 26–37. [in Ukrainian].

Стаття надійшла 13.06.2024