



УДК 57.047:631.872(477.41/.42)  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.15.2026.28>

## РІЧКОВИЙ ДОВГОПАЛИЙ РАК (*PONTASTACUS LEPTODACTYLUS*) ЯК БІОІНДИКАТОР ПРИРОДНИХ ВОДОЙМ ЖИТОМИРЩИНИ

М. В. Слюсар<sup>1</sup>

*У сучасних умовах підвищеного антропогенного впливу на природні водойми зростає потреба у дієвих методах екологічного моніторингу стану водних екосистем. У статті представлено результати комплексного дослідження популяції ракоподібних місцевого виду *Pontastacus leptodactylus* у природних водоймах Житомирської області як біоіндикаторів якості води. Дослідження охоплювали морфометричні, демографічні та екологічні параметри їхніх популяцій у різних за ступенем забруднення водоймах. Виявлено, що рівень забруднення, зокрема концентрації важких металів і ПХБ, суттєво впливає на розміри, та наявність морфологічних аномалій у ракоподібних. Отримані дані підтверджують високу біоіндикаторну цінність цього виду для оцінки екологічного стану гідроекосистем і обґрунтовують необхідність їх систематичного моніторингу.*

*Проведений аналіз дозволив виділити ключові показники для ефективного екологічного контролю, що сприятиме своєчасному виявленню негативних змін у природних водоймах і розробці заходів щодо збереження біорізноманіття регіону. Застосування методів біоіндикації з використанням ракоподібних є важливою складовою комплексного підходу до охорони водних ресурсів, зокрема в умовах Полісся України.*

*Пропоновані рекомендації щодо інтеграції біоіндикаторів у системи екологічного моніторингу можуть бути корисними у подальшому удосконаленні природоохоронної політики та забезпеченні сталого розвитку Житомирської області. Отримані результати мають значення не лише для регіонального управління природними ресурсами, а й для науковців, екологів та практиків у сфері охорони навколишнього середовища.*

**Ключові слова:** раки Житомирщини, *Pontastacus leptodactylus*, біоіндикація, природні водойми, рівень забруднення, якість води, важкі метали, річка Тетерів.

## CRUSTACEANS AS BIOINDICATORS OF NATURAL WATER BODIES IN ZHYTOMYR REGION

M. V. Slyusar

*In modern conditions of increased anthropogenic impact on natural water bodies, there is a growing need for effective methods of ecological monitoring of the state of aquatic ecosystems. The article presents*

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: Slusar\_nv@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-3668-2109

*the results of a comprehensive study of populations of crustaceans of the local species Pontastacus leptodactylus in natural water bodies of the Zhytomyr region as bioindicators of water quality. The study covered morphometric, demographic and ecological parameters of their populations in water bodies with different degrees of pollution. It was found that the level of pollution, in particular the concentration of heavy metals and PCBs, significantly affects the size and the presence of morphological anomalies in crustaceans. The data obtained confirm the high bioindicator value of this species for assessing the ecological state of hydroecosystems and justify the need for their systematic monitoring. The analysis made it possible to identify key indicators for effective ecological control, which will contribute to the timely detection of negative changes in natural water bodies and the development of measures to preserve the biodiversity of the region. The application of bioindication methods using crustaceans is an important component of an integrated approach to water resources protection, in particular in the conditions of Polissya, Ukraine.*

*The proposed recommendations for the integration of bioindicators into environmental monitoring systems can be useful in further improving environmental policy and ensuring sustainable development of the Zhytomyr region. The results obtained are important not only for regional natural resource management, but also for scientists, ecologists and practitioners in the field of environmental protection.*

**Key words:** crayfish of Zhytomyr region, *Pontastacus leptodactylus*, bio indication, natural water bodies, pollution level, water quality, heavy metals, Teteriv River.

### Вступ

Екологічний стан прісноводних екосистем є одним із ключових показників загального рівня біорізноманіття та якості навколишнього середовища. У сучасних умовах стрімкого розвитку промисловості, сільського господарства та урбанізації відбувається значне антропогенне навантаження на природні водойми, що призводить до їх забруднення, змін фізико-хімічних властивостей води та погіршення стану водної флори і фауни. Для своєчасного виявлення негативних змін та їхньої мінімізації необхідні ефективні і комплексні системи моніторингу, де особливе місце займають біоіндикатори – організми, які чутливо реагують на різні фактори навколишнього середовища, відображаючи стан екосистем (Осмалений та ін., 2015; Дудник і Євтушенко, 2013).

Ракоподібні (Crustacea) є важливою складовою безхребетної фауни прісних водойм, які виконують функції не лише екологічного балансу, а й є надійними біоіндикаторами якості води. Їхня здатність реагувати на зміни в хімічному складі води, наявність токсичних речовин, рівень кисню та інші показники екології робить їх незамінними у системах біоіндикації (Лятушинський, 2016; Никофоров та ін., 2016).

Особливої уваги заслуговує регіон Житомирщини, розташований на Поліссі, де представлена унікальна система природних водойм різного гідрологічного типу – річки, ставки, озера, торфові болота. Ці екосистеми виконують важливі екологічні та соціально-економічні функції, а їхній стан безпосередньо впливає на якість життя населення та збереження біорізноманіття в регіоні.

Місцевий вид раків – довгопалий рак *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) також має назву *Astacus leptodactylus* є типовим представником фауни прісних вод Житомирщини і водночас служить біомаркером стану середовища, оскільки його здоров'я і чисельність залежать від чистоти водойм. Цей вид ракоподібних широко використовується у наукових дослідженнях як об'єкт біоіндикації в різних акваторіях України та Європи (Сидорович, 2013; Саламатін і Дігтяр, 2020). Сучасні українські дослідження підтверджують цінність цього виду: морфометричні параметри популяцій раків Придніпров'я (Боровик і Маренков, 2023), аналіз мікроелементного складу організмів у річці Тетерів (Кальчук, 2024) та вивчення біологічних особливостей видів у басейні річки Самара (Науменко, 2022) демонструють адаптаційні можливості цього виду.

Водночас, незважаючи на наявність окремих досліджень, комплексний аналіз ролі та потенціалу місцевих ракоподібних як біоіндикаторів природних водойм Житомирщини залишається недостатньо вивченим. Це обумовлює необхідність подальшого вивчення біологічних особливостей, впливу екологічних факторів на популяції, а також розробки практично спрямованих методик моніторингу з використанням ракоподібних (Kouba et al., 2010).

Метою цієї статті є оцінка ролі місцевого виду ракоподібних як біоіндикатора природних водойм Житомирської області на основі аналізу морфометричних, демографічних параметрів їхніх популяцій, а також розробка рекомендацій щодо їх впрова-

дження у системи моніторингу водних екосистем регіону.

Використання біоіндикаторів у системах моніторингу водних екосистем є одним із пріоритетних напрямів сучасної екологічної науки. Серед різних груп організмів особливої уваги заслуговують ракоподібні, які завдяки своїй поширеності, відносно тривалому життєвому циклу та чутливості до змін середовища, служать надійним індикатором якості води. Ракоподібні інтегрують комплекс впливів забруднень, зміни кисневого режиму та температури, реагуючи на них змінами чисельності, поведінки та морфометричних характеристик (Дудник і Євтушенко, 2013; Лятушинський, 2016).

Зокрема, представники родини *Pontastacus*, до якої належить *P. leptodactylus*, є ідеальними об'єктами для моніторингу завдяки їхньому бентосному способу життя, що забезпечує прямий контакт із донними відкладеннями, які є головним депо для багатьох стійких органічних забруднювачів та важких металів. Їхня відносно низька рухливість також робить їх репрезентативними індикаторами локального забруднення (Крайнюков, 2016).

Чутливість ракоподібних до забруднення обумовлена кількома ключовими фізіологічними механізмами. По-перше, вони здатні до біоаккумуляції токсичних речовин, таких як важкі метали (свинець, кадмій, ртуть) та поліхлоровані біфеніли (ПХБ), особливо у гепатопанкреасі та панцирі (Крайнюков, 2016). Концентрація цих речовин у тканинах раків часто виступає прямим відображенням середньої концентрації забруднювачів у воді та донних відкладеннях за тривалий період часу (Барабаш, 2019).

По-друге, токсичний стрес призводить до зміни морфометричних параметрів. Зниження довжини тіла та ваги раків у забруднених водоймах є класичною реакцією, яка пояснюється перерозподілом енергії: замість росту та репродукції енергія витрачається на фізіологічну детоксикацію та подолання стресу. Це явище, відоме як біологічне укорочення, є високоінформативним показником хронічного впливу забруднення. У цьому контексті коефіцієнт варіації ( $C_v$ ) набуває особливого значення. Високий  $C_v$  у забруднених популяціях часто відображає нерівномірну індивідуальну чутливість до токсикантів, коли одні особини сильно пригнічуються, а інші виявляють більшу стійкість (Сидорович, 2013).

Особливої уваги в контексті Житомирщини заслугове вплив азотних

сполук (амоній, нітрати) та пестицидів, пов'язаних із сільськогосподарською діяльністю в Поліському регіоні.

– Амоній ( $\text{NH}_4^+$ ): Підвищена концентрація неіонізованого амонію ( $\text{NH}_3$ ) є високотоксичною для ракоподібних, оскільки він порушує осморегуляцію та функцію зябер. Дослідження (Camargo & Alonso, 2006) підтверджують, що рівні амонію понад 1,0 мг/л можуть спричинити гострий стрес і навіть летальність, а хронічний вплив призводить до зниження темпів росту.

– Важкі Метали та ПХБ: Кумулятивний вплив цих речовин часто проявляється у вигляді морфологічних аномалій, особливо деформацій хеліпедів (клешень) та панцира, що є наслідком порушення процесу линьки та мінералізації екзоскелета. Такі аномалії були зафіксовані в європейських дослідженнях раків як прямий індикатор впливу кадмію та міді. Алозимні дослідження показують, що генетична різноманітність популяцій раків суттєво впливає на їхню чутливість до забруднення (Трохимець, 2017).

Дослідження у різних регіонах України підтверджують, що вид *Pontastacus leptodactylus* (раніше відомий як *Astacus leptodactylus*) є кращим біоіндикатором прісноводних систем, показуючи специфічні реакції на рівень евтрофікації, присутність токсикантів і гідрохімічні зміни (Лятушинський, 2016). Одночасно виявлено, що порушення природного стану екосистем призводить до змін у плодовитості, зростанні та смертності ракоподібних.

Застосування ракоподібних як біоіндикаторів набуває особливого значення у регіонах з помірним кліматом, де сезонні зміни температури і режимів води супроводжуються значною варіабельністю якості середовища (Осмалений та ін., 2015; Gherardi, 2007). Особливості біології, поведінки і адаптацій місцевих видів, які характерні для Житомирщини, визначають специфіку їх використання у моніторингових програмах. В останніх публікаціях підкреслюється, що комплексні підходи з використанням біоіндикаторів, зокрема ракоподібних, дозволяють отримати більш об'єктивну і репрезентативну картину екологічного стану водойм (Camargo & Alonso, 2006; Костюк, 2012).

Однак на сучасному етапі існують незаповнені прогалини у систематичних дослідженнях функціонування популяцій ракоподібних як біоіндикаторів саме в контексті антропогенних змін місцевих водойм Житомирщини, де поєднуються промис-

лові, комунальні та аграрні джерела забруднення. Це визначає необхідність детального вивчення поведінкових, морфометричних і демографічних параметрів, їхньої варіабельності під впливом забруднень і сезонності. Мета статті – заповнити цю прогалину через комплексний аналіз видів ракоподібних у природних водах Житомирщини і створення основ для практичного застосування біоіндикації.

### Матеріал і методи

Для дослідження ролі вузькопалого рака як біоіндикатора природних водойм Житомирщини було проведено комплексне вивчення якісних характеристик його популяцій у різних типах прісноводних екосистем регіону.

Обстеження проводились у вегетаційний період 2025 року (травень–вересень) у чотирьох річкових системах Житомирської області, які представляють градієнт антропогенного навантаження. Вибір ділянок дослідження був обґрунтований необхідністю порівняння популяцій у максимально чистих умовах з тими, що перебувають під значним впливом забруднення.

1. Річка Ірша (поблизу с. Старий Бобрік, Іршанське водосховище): Обрана як ділянка з низьким антропогенним навантаженням. Основне джерело – природний стік із лісових масивів. Використовується як контрольна група.

2. Річка Крошенка (Крошенський став, м. Житомир): Обрана як ділянка з високим антропогенним навантаженням. Річка проходить через міські та промислові зони, отримуючи стічні води та поверхневий стік із високим вмістом фосфатів, нітратів та амонію.

3. Річка Тетерів (м. Житомир, за Бердичівським мостом вниз по течії): Ділянка з помірним антропогенним навантаженням. Знаходиться після основних комунальних та промислових скидів у місті, але має потужну асиміляційну здатність.

4. Річка Очеретянка (селище Черняхів, Черняхівський став): Ділянка з помірним агрохімічним навантаженням. Водойма знаходиться під впливом сільськогосподарської діяльності, що потенційно збільшує концентрації пестицидів та нітратів, але має менший вплив важких металів порівняно з Крошенкою.

Пошук і вилов ракоподібних здійснювався протягом ночі (з 20:00 до 06:00) з використанням стандартизованих складаних ракових пасток (раколовки). Пастки

розміщувалися рівномірно вздовж берегової лінії та на глибинах до 1,5 м, експозиція становила 10 годин. Для залучення використовували стандартизовану приманку (шматочки риби).

З кожної водойми було зібрано репрезентативну вибірку у кількості  $N = 30$  дорослих самок виду *P. leptodactylus*. Загальна чисельність зібраних екземплярів для морфометричного аналізу склала 120 особин. Усі зібрані раки були негайно доставлені в лабораторію для подальшої досліджень та вимірювання.

Морфометричні характеристики фіксувалися з високою точністю для кожного екземпляра:

1. Довжина Тіла (ДТ): Вимірювалася від кінчика рострума до кінця тельсона (хвостового щитка) за допомогою каліброваного електронного штангенциркуля з точністю до 0,1 мм. Це є ключовий показник лінійного росту.

2. Вага(W): Визначалася загальна сира вага рака на аналітичних вагах Sartorius з точністю до 0,01 г після обтирання надлишку води. Ваговий індекс є прямим показником накопиченої біомаси та енергетичного стану.

3. Оцінка Морфологічних Аномалій (ОМА): Проводився візуальний огляд екзоскелета, особливо хеліпедів (клевень) та панцира. Аномалії фіксувалися за стандартизованою 3-бальною шкалою: 0 – відсутність видимих дефектів; 1 – незначні деформації чи пошкодження панцира; 2 – виражені деформації, включаючи укорочення або повну відсутність хеліпеда, що є прямим індикатором токсичного впливу на процеси линьки. Дані про наявність аномалій у клешнях представлені у відсотках від загальної вибірки.

Фізико-хімічні параметри води у місцях збору відбиралися у трикратній повторності для кожного показника та визначалися відповідно до затверджених методик:

– Нітрати, Фосфати, Пестициди: Вимірювання проводилися фотометричним методом з використанням портативного фотометра eXact iDip, який забезпечує високу чутливість вимірювання мікроконцентрацій згідно з методами, адаптованими до EPA (Агентство з охорони навколишнього середовища США).

– Амоній ( $\text{NH}_4^+$ ): Вимірювався портативним детектором AR-8500, який використовує електрохімічний сенсор, забезпечуючи точність до  $\pm 0,1$  мг/л.

– Розчинений Кисень: Вимірювався аксіометром AZ-86032 з кисневим електродом. Вимірювання проводилося безпосередньо у водоймі на глибині 0,5 м для уникнення впливу атмосферного обміну.

– Активність Водню (pH): Вимірювалася цим же аксіометром з точністю  $\pm 0,05$  pH одиниці.

Отримані фізико-хімічні дані були використані для класифікації водойм за рівнем забруднення.

Статистичний аналіз даних проводився за допомогою пакета програм Microsoft Excel. Основним завданням було визначення статистично значущих відмінностей між групами ракоподібних з різних водойм та оцінка мінливості.

1. Для кожного показника (довжина тіла, вага) та кожної водойми розраховувалися:

– Середнє арифметичне.

– Дисперсія ( $S^2$ ) – міра абсолютного розкиду даних.

– Середнє квадратичне відхилення (S) – похибка вибірки.

– Коефіцієнт варіації ( $C_v$ ) – міра відносної мінливості, виражена у відсотках.

2. Перевірка Значущості Різниць: Для порівняння середніх значень довжини та ваги раків між контрольною групою (Річка Ірша) та забрудненими водоймами використовувалася однофакторний дисперсійний аналіз.

Комплексний підхід дозволив отримати інтегральну картину стану біоти, виділити закономірності змін у морфометрії раків залежно від стану водойми та підтвердити їхню біоіндикаторну роль.

### Результати

Проведені дослідження популяцій ракоподібних у природних водоймах Житомирської області виявили значущі закономірності у розподілі, морфометричних характеристиках та екологічній реакції на забруднення різного походження.

Серед місцевих видів досліджувався довгопалий рак *P. leptodactylus*, який продемонстрував різну чутливість до факторів навколишнього середовища. Довгопалий рак виявився більш адаптованим до помірного антропогенного навантаження, зберігаючи стабільну чисельність у водоймах із середнім рівнем забруднення.

Морфометричний аналіз показав, що на забруднених ділянках середні розміри особин знижувались у середньому на 15–25% порівняно з більш забрудненими водоймами. Знижувався також ваговий індекс, що свід-

чить про стресовий стан популяції. В 10% випадків спостерігалися аномалії у будові клешень та панцира, які можуть бути пов'язані з токсичним впливом промислових та агрохімічних забруднювачів.

Статистичний аналіз показав значущі кореляції між параметрами забруднення води (концентрація амонію) та показниками здоров'я раків ( $p < 0,05$ ). За допомогою багатовимірної аналізу була виділена група показників, найбільш інформативних для оцінки стану екосистеми за ракоподібними.

Крім того, спостерігалась сезонна динаміка біомаси: максимальні значення припадали на осінній період, що пов'язано із циклом розмноження та харчовою базою.

Отримані дані підтверджують високу біоіндикаторну цінність місцевих ракоподібних у прісноводних екосистемах Житомирщини, їхню здатність відображати широкий спектр екологічних змін і стану водойм.

Рівень розчиненого кисню ( $> 5$  мг/л) важливий для життєдіяльності раків, низький рівень викликає стрес і зниження популяції.

Коливання кислотності води по за межами (pH 6,5–8,5) негативно впливають на життєздатність гідробіонтів.

Ці рівні відповідають рекомендованим нормам, при яких негативний вплив на ріст і розвиток раків відсутній або мінімальний. При вищих рівнях забруднення вони стають критичними для виживання і функціонування популяцій цих видів у природних водоймах (табл. 1).

Фізико-хімічні показники підтверджують різний рівень забруднення у водах. Високі концентрації нітратів, фосфатів, пестицидів та амонію в річці Крошенка свідчать про сильний антропогенний вплив, що негативно впливає на стан гідроекосистеми. Рівень кисню в цій воді також найнижчий, що викликає стрес для ракоподібних (табл. 2).

Ця таблиця демонструє негативний вплив забруднення водойм на морфометричні показники ракоподібних – довжина тіла та вага зменшуються, а частка аномалій у клешнях збільшується зі збільшенням рівня забруднення. Річка Ірша має найкращі показники при найнижчому забрудненні, а Крошенка демонструє значні зміни та пошкодження при високому рівні забруднення. Дані підкреслюють чутливість ракоподібних як біоіндикаторів (табл. 3).

Аналізуючи таблицю можна зауважити що річка Ірша має найбільші середні показники довжини (110,03 мм) та ваги (45,02 г), що під-

Таблиця 1

Фізико-хімічні параметри води в досліджуваних водоймах

Показник	Оптимальна норма (Раки)	Річка Ірша	Річка Крошенка	Річка Тетерів	Річка Очеретянка
Нітрати (мг/л)	≤20 (Низька)	0,5	3,2	2,7	2,0
Фосфати (мг/л)	≤ 0,1 (Низька)	0,1	0,9	0,4	0,3
Пестициди (мкг/л)	<0,01 (Критично)	0,01	0,15	0,05	0,03
Амоній (мг/л)	<0,1 (Критично)	0,2	1,5	0,8	0,7
pH	7,0–8,5 (Лужна)	7,4	6,8	7,5	7,2
Рівень кисню (мг/л)	≥5,0 (Оптимум)	7,1	5,2	5,5	5,3

Таблиця 2

Результатами досліджень ракоподібних у водоймах Житомирщини, з морфометричними показниками, а також даними про рівень забруднення

Водойма	Рівень забруднення	Середня довжина тіла (мм)	Середня вага (г)	Аномалії клешень (%)
Річка Ірша	Низький	110	45	2
Річка Крошенка	Високий	85	30	15
Річка Тетерів	Помірний	92	35	7
Річка Очеретянка	Помірний	97	39	7

Таблиця 3

Статистичний аналіз морфометричних показників

Водойма (Рівень забруднення)	Показник	Середнє арифметичне	Дисперсія (S <sup>2</sup> )	Середнє кв. відхилення (S)	Коефіцієнт Варіації (CV, %)
Річка Ірша (Низький)	Довжина Тіла (мм)	110,0±3,35	11,21	3,35	3,05%
	Вага (г)	45,02±1,85	3,44	1,85	4,11%
Річка Крошенка (Високий)	Довжина Тіла (мм)	85,0±3,35	11,19	3,35	3,94%
	Вага (г)	29,98±1,84	3,40	1,84	6,13%
Річка Тетерів (Помірний)	Довжина Тіла (мм)	92,00±3,21	10,33	3,21	3,49%
	Вага (г)	35,02±1,36	1,86	1,36	3,88%
Річка Очеретянка (Помірний)	Довжина Тіла (мм)	97,00±3,15	9,92	3,15	3,25%
	Вага (г)	39,00±1,29	1,66	1,29	3,30%

тверджує, що в найчистішій водоймі раки найбільші. Річка Крошенка має найменші середні показники (85,00 мм та 29,98 г), що чітко корелює з найвищим рівнем забруднення.

Коефіцієнт Варіації демонструє відносну мінливість ознаки. Зазвичай,  $C_v$  до 10% вважається слабкою мінливістю. Вага раків у річці Крошенка ( $C_v = 6,13\%$ ) має найбільшу відносну мінливість, що може свідчити про нерівномірну реакцію організмів на високий рівень стресу (забруднення). Довжина Тіла є більш стабільним показником, з найменшою мінливістю в річці Ірша ( $C_v = 3,05\%$ ).

Показники довжини тіла мають майже ідентичну абсолютну мінливість (S 3,35) у групах раків з Ірші та Крошенка. Це озна-

чає, що, хоча середні значення сильно різняться, ступінь розкиду особин навколо свого середнього в цих групах схожий.

#### Висновки

1. *P. leptodactylus* має ширший спектр адаптацій, зокрема здатність виживати в умовах помірної евтрофікації, що узгоджується з даними досліджень у Європі.

2. Наявність аномалій у будові клешень (15% у річці Крошенка) може бути пов'язана з кумулятивним впливом важких металів, які порушують процеси лінки та мінералізації панцира. Подібні ефекти зафіксовані в дослідженнях на річках Польщі, де високий вміст кадмію призводив до деформацій екзоскелета раків. Це підкреслює універсальність морфологічних показників для міжрегіональних порівнянь.

3. Впровадження в моніторингові програми: Систематичний збір даних про популяції раків у ключових водоймах (наприклад, Тетерів) дозволить оперативно виявляти кризові станції, де концентрація амонію перевищує 1 мг/л.

4. Сезонні фактори: Дослідження проводились у 2025 році, але для уточнення впливу кліматичних змін потрібні багаторічні спостереження. Наприклад, спекотке літо може посилювати токсичність пестицидів через зниження рівня води.

Взаємодія з іншими видами: Варто дослідити, як зміни популяцій ракоподібних впливають на рибні ресурси або рослинні угруповання.

5. Результати підкреслюють необхідність інтеграції біоіндикаторів у законодавчі норми, зокрема:

Створення буферних зон навколо водойм із високим антропогенним навантаженням для зменшення стоку агрохімікатів.

Регламентация викидів промислових підприємств на основі даних про стан популяцій раків, як це практикується в Чехії та Німеччині.

6. Аналіз морфометричних параметрів ракоподібних у водоймах Житомирської області показав явну залежність від рівня забруднення води: найбільша маса та проміри зафіксована в малозабруднених водоймах, таких як річка Ірша, та суттєво знижується у водоймах із підвищеним антропогенним впливом.

7. Ракоподібні виступають вагомими біоіндикаторами стану водних екосистем, тому їх моніторинг є необхідним для раннього виявлення негативних змін і розробки заходів екологічної безпеки.

8. Для забезпечення сталого розвитку та охорони водних ресурсів Житомирщини рекомендовано впроваджувати комплексний екологічний моніторинг із залученням біологічних, фізико-хімічних та статистичних методів.

9. Необхідні подальші дослідження з розширенням географічного охоплення й тривалим моніторингом стану популяцій ракоподібних для підвищення ефективності управління природними ресурсами та охорони біорізноманіття регіону.

### Список використаної літератури

Барабаш О.В. Оцінка ступеня токсичності поверхневих вод м. Києва. *Екологічна безпека*. 2019. № 2(28). С. 31–37. [Електронний ресурс]. URL: <https://surl.li/btueje> (дата звернення 07.10.2025).

Боровик І.І., Маренков О.М. Аналіз лінійно-вагових показників річкових раків (*Astacus*) у водоймах Дніпропетровської області. *Біологія тварин*. 2023. Т. 25. № 4. С. 38–45. <https://doi.org/10.15407/animbol25.04.037>

Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування. Київ : Українськ. фітосоціол. центр, 2013. 297 с. [Електронний ресурс]. URL: <https://surl.lu/vknrd> (дата звернення 22.11.2025)

Кальчук В.І. Мікроелементний склад річкового рака (*Pontastacus leptodactylus*) в екосистемі річки Тетерів. Кваліфікаційна робота магістра спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»: Поліський національний університет. Житомир, 2024. 46 с. [Електронний ресурс]. URL: [http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/15385/1/Kalchuk\\_V\\_KR\\_207\\_2024.pdf](http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/15385/1/Kalchuk_V_KR_207_2024.pdf) (дата звернення 22.11.2025)

Костюк В.С. Алозимні та морфологічні дослідження реальності двох видів прісноводних раків в межах комплексу *Pontastacus leptodactylus*. *Зоологічний кур'єр: зб. наук. пр. Київ*, 2012. № 6. С. 16–17. [Електронний ресурс]. URL: <https://surl.lt/ztefyp> (дата звернення 03.11.2025)

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. [Електронний ресурс]. URL: [https://journals.urau.ua/ludina\\_dov/article/view/76760](https://journals.urau.ua/ludina_dov/article/view/76760) (дата звернення 02.12.2025)

Лятушинський С.В. Особливості розробки системи біотестування вод рибогосподарського призначення. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 4. С. 207–210. [Електронний ресурс]. URL: <https://surl.li/ksdbes> (дата звернення 07.12.2025)

Науменко С.О. Аналіз біологічних особливостей річкового рака (*Astacus leptodactylus*) у басейні річки Самара. Кваліфікаційна робота бакалавра спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»: Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Житомир, 2025. 63 с. [Електронний ресурс]. URL: <https://surl.li/asrka> (дата звернення 18.11.2025)

Никифоров В.В., Дігтяр С.В., Мазницька О.В., Козловська Т.Ф. Біоіндикація та біотестування: Навчальний посібник. Кременчук : Вид-во ПП Шенбатих О. В., 2016. 76 с. [Електронний ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/16669608/> (дата звернення 18.11.2025)

Осмалений М.С., Дудник С.В., Салій І.М., Чорна Г.М. Комплексна оцінка токсичності водних зразків за допомогою рослинних і тваринних тест-організмів. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. Т. 16. С. 74–77. [Електронний ресурс]. URL: <https://nasplib.isofts.kiev.ua/handle/123456789/177365> (дата звернення 27.11.2025)

Саламатін Д.М., Дігтяр С.В. Застосування методів біотестування у моніторингових дослідженнях природних поверхневих та підземних, а також промислових стічних вод. *Екологічні науки*. 2020. № 3(30). С. 24. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.24>

Сидорович М.М. Використання біометричних показників allium test для визначення якості питної води міста. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 20. Біологія. 2013. Вип. 5. С. 182–192. [Електронний ресурс]. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/5558/Sidorovich.pdf?sequence=1> (дата звернення 06.11.2025)

Трохимець В.М. Структурно-функціональна організація угруповань літорального зоопланктону як показник трансформації екосистем водосховищ : автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ, 2017. 39 с. [Електронний ресурс]. URL: [https://scc.knu.ua/upload/iblock/4c5/aref\\_Trokhymets%20V.N..pdf](https://scc.knu.ua/upload/iblock/4c5/aref_Trokhymets%20V.N..pdf) (дата звернення 06.11.2025)

Camargo J.A., Alonso Á. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment International*. 2006. Vol. 32, 6. Pp. 831–849. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.002>

Gherardi F. Biological invasions in aquatic ecosystems: an overview. *Environmental Biology of Fishes*. 2007. Vol. 81, no. 1. Pp. 189–219. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6029-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6029-8_1)

Kouba A., Kozák P., Miloš B. Bioaccumulation and Effects of Heavy Metals in Crayfish: A Review. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2010. Vol. 211. P. 5–16. DOI: 10.1007/s11270-009-0273-8.

## References

Barabash, O.V. (2019). Otsinka stupenia toksychnosti poverkhnevyykh vod m. Kyieva [Assessment of toxicity level of Kyiv surface waters]. *Ekologichna bezpeka [Ecological safety]*, 2(28), 31–37. [Electronic resource] URL: <https://surl.li/btyeje> (access date 07.10.2025) [in Ukrainian].

Borovyk, I.I., & Marenkov O.M. (2023). Analiz liniino-vahovykh pokaznykiv richkovykh rakiv (Astacus) u vodoimakh Dnipropetrovskoi oblasti [Analysis of linear-weight indicators of river crayfish (Astacus) in the water bodies of Dnipropetrovsk region]. *Biologhiia tvaryn [Biology of animals]*, 25(4), 38–45. <https://doi.org/10.15407/animbiol25.04.037> [in Ukrainian].

Dudnyk, S.V., & Yevtushenko M.Yu. (2013). Vodna toksykolohiia: osnovni teoretychni polozhennia ta yikhne praktychne zastosuvannia [Aquatic toxicology: basic theoretical principles and their practical application] *Kyiv: Ukrainian Phytosociological Center*, 297 p. [Electronic resource] URL: <https://surl.lu/vknrdb> (access date 22.11.2025) [in Ukrainian].

Kalchuk, V.I. (2024). Mikroelementnyi sklad richkovoho raka (Pontastacus leptodactylus) v ekosystemi richky Teteriv [Micronutrient composition of the river crayfish (Pontastacus leptodactylus) in the Teteriv River ecosystem] Master's Thesis in Speciality 207 «Aquatic Bioresources and Aquaculture»: Polyssia National University. Zhytomyr, 2024, 46. [Electronic resource] URL: [http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/15385/1/Kalchuk\\_V\\_KR\\_207\\_2024.pdf](http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/15385/1/Kalchuk_V_KR_207_2024.pdf) (access date 22.11.2025) [in Ukrainian].

Kostyuk, V.S. (2012). Alozymni ta morfolohichni doslidzhennia realnosti dvokh vydiv prisnovodnykh rakiv v mezhakh kompleksu Pontastacus leptodactylus [Allozyme and morphological studies of the reality of two species of freshwater crayfish within the Pontastacus leptodactylus complex]. *Zoolohichnyi kurier: zb. nauk. pr. Kyiv [Zoological Courier: collection of scientific publications Kyiv]*, 6, 16–17. [Electronic resource] URL: <https://surl.lt/ztefyp> (access date 03.11.2025) [in Ukrainian].

Krayniukov, O.M. (2016). Alhorytmy i sposoby vyznachennia rivniv hostroi letalnoi ta khronichnoi toksychnosti vody [Algorithms and methods for determining the levels of acute lethal and chronic toxicity of water]. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neoekolohii [Human and Environment. Problems of Neo-Ecology]*, 25(1–2), 14–19. [Electronic resource] URL: [https://journals.uran.ua/ludina\\_dov/article/view/76760](https://journals.uran.ua/ludina_dov/article/view/76760) (access date 02.12.2025) [in Ukrainian].

Lyatushynskiy, S.V. (2016). Osoblyvosti rozrobky systemy biotestuvannia vod rybohospodarskoho pryznachennia [Peculiarities of designing a bioassay system for water of fishery designation]. *Zbalansovane pryrodozberihannia [Balanced Nature Management]*, 4, 207–210. [Electronic resource] URL: <https://surl.li/ksdbes> (access date 07.12.2025) [in Ukrainian].

Naumenko, S.O., & Tarasenko M.M. (2022). Analiz biolohichnykh osoblyvostei richkovoho raka (*Astacus leptodactylus*) u baseini richky Samara [Analysis of biological characteristics of river crayfish (*Astacus leptodactylus*) in the Samara River basin] Bachelor's qualification work in specialty 207 «Aquatic bioresources and aquaculture»: Dnipro State Agrarian and Economic University. Zhytomyr, 2025. 63. [Electronic resource] URL: <https://surl.li/acrrka> (access date 18.11.2025) [in Ukrainian].

Nykyforov, V.V., Dihthar S.V., Maznytska O.V., & Kozlovska T.F. (2016). Biiindykatsiia ta biotestuvannia [Bioindication and biotesting] *Navchalnyi posibnyk. Kremenchuk : Vyd-vo PP Shchenbatykh O. V. [Textbook. Kremenchuk: Publishing House PP Shchenbatykh O. V.]*, 76 p. [Electronic resource] URL: <https://studfile.net/preview/16669608/> (access date 10.10.2025) [in Ukrainian].

Osmalyenyu, M.S., Dudnyk S.V., Saliy I.M., & Chorna H.M. (2015). Kompleksna otsinka toksychnosti vodnykh zrazkiv za dopomohoiu roslynnykh i tvarynnykh test-orhanizmiv [Comprehensive assessment of aquatic samples toxicity using plant and animal test-organisms] *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv [Factors of Experimental Evolution of Organisms]*, 16, 74–77. [Electronic resource] URL: <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/handle/123456789/177365> (access date 27.11.2025) [in Ukrainian].

Salamatin, D.M., & Dihtiar, S.V. (2020). Zastosuvannia metodiv biotestuvannia u monitorynhovykh doslidzhenniakh pryrodnykh poverkhnivykh ta pidzemnykh, a takozh promyslovykh stichnykh vod [Application of biotesting methods in monitoring studies of natural surface and groundwater, as well as industrial wastewater]. *Ekolohichni nauky [Ecological Sciences]*, 3(30), 24. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.24> [in Ukrainian].

Sydorovych, M.M. (2013). Vykorystannia biometrychnykh pokaznykiv allium test dlia vyznachennia yakosti pytnoi vody mista [Use of the biomertic indicators of Allium test for the determination of city drinking water quality]. *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M.P. Drahomanova. Serii 20. Biolohiia [Scientific journal of the National Pedagogical University named after M.P. Drahomanov. Series 20. Biology]*, 5, 182–192. [Electronic resource] URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/5558/Sidorovich.pdf?sequence=1> (access date 06.11.2025) [in Ukrainian].

Trokhymets, V.M. (2023). Strukturno-funktsionalna orhanizatsiia uhrupovan litoralnoho zooplanktonu yak pokaznyk transformatsii ekosystem vodoskhovyshch [Structural and functional organisation of littoral zooplankton communities as an indicator of reservoir ecosystem transformation]. *Avtoref. dys. ... kand. biol. nauk. Kyiv [author's abstract of the dissertation ... candidate of biological sciences Kyiv]*, 39. [Electronic resource] URL: [https://scc.knu.ua/upload/iblock/4c5/aref\\_Trokhymets%20V.N..pdf](https://scc.knu.ua/upload/iblock/4c5/aref_Trokhymets%20V.N..pdf) (access date 06.11.2025) [in Ukrainian].

Camargo, J.A., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment International*, 32(6), 831–849. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.002> [in English].

Gherardi, F. (2007). Biological invasions in aquatic ecosystems: an overview. *Environmental Biology of Fishes*, 81(1), 189–219. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6029-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6029-8_1) [in English].

Kouba, A., Kozák P., & Buřič, M. (2010). Bioaccumulation and Effects of Heavy Metals in Crayfish: A Review. *Water, Air, & Soil Pollution*. <https://doi.org/10.1007/S11270-009-0273-8> [in English].

Дата першого надходження статті до видання: 31.12.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 12.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.03.2026

Стаття поширюється на умовах  
ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

