

Стецюк Л. М. [1; ORCID ID: 0009-0000-4288-1211],

К.С.-Г.Н., доцент,

Кедрун В. О. [1; ORCID ID: 0009-0006-9960-8519],

здобувач третього рівня вищої освіти

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

## ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ МЕТОДАМИ БІОІНДИКАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОВОДОРОСТЕЙ CHLORELLA

У статті обґрунтовано доцільність включення альготестування з використанням мікроводоростей *Chlorella vulgaris* до системи екологічної оцінки водних об'єктів міських територій. На прикладі річки Устя та озера Басів Кут розглянуто типові джерела антропогенного навантаження, що формують поєднаний токсико-трофічний вплив на гідроекосистеми: поверхневий стік із селитебних і промислових зон, надходження біогенних елементів, нафтопродуктів, важких металів та синтетичних поверхнево-активних речовин. Запропоновано методичну схему біоіндикації, що передбачає експозицію тест-культури *Chlorella vulgaris* у пробах води протягом 72–96 годин з оцінюванням приросту біомаси, оптичної густини та флуоресценції хлорофілу. Показано, що реакція тест-культури може бути інтерпретована у двох основних напрямках: інгібування росту як прояв біодоступної токсичності та стимулювання росту як індикатор евтрофікаційного потенціалу. Розроблено робочу матрицю інтегральної інтерпретації результатів альготестування для раннього попередження про ризики деградації міських водойм і вибору управлінських заходів. Практичне значення роботи полягає у поєднанні фізико-хімічного моніторингу з біологічним відгуком первинного продуцента, що підвищує інформативність екологічної оцінки та створює підґрунтя для санації і ревіталізації водойм м. Рівного.

**Ключові слова:** *Chlorella vulgaris*; біоіндикація; альготестування; урбанізовані водойми; токсичність; евтрофікація; інтегральна оцінка.

**Постановка проблеми.** Водні об'єкти міських територій виконують одночасно гідрологічні, рекреаційні, санітарні та біогеоценотичні функції, однак саме в межах урбанізованих

ландшафтів вони зазнають найбільш різноманітного антропогенного навантаження. Поверхневий стік із транспортних магістралей, приватної та багатоповерхової забудови, промислових майданчиків і рекреаційних зон переносить у водойми завислі речовини, нафтопродукти, сполуки азоту й фосфору, важкі метали, залишки мийних засобів і фармацевтичні мікрозабруднювачі. У результаті в одному водному середовищі поєднуються процеси токсифікації, органічного забруднення та евтрофікації, що ускладнює прогнозування стану екосистеми за окремими хімічними показниками.

Для м. Рівного найбільш показовими об'єктами такого типу є річка Устя та озеро Басів Кут. Попередні дослідження стану водної екосистеми Басового Кута засвідчили наявність істотного антропогенного пресу, зокрема за інтегральним екологічним показником і показниками біотестування [3]. У тезах і наукових працях кафедри екології НУВГП підкреслюється, що для цих водних об'єктів характерними є як надходження речовин із токсичним ефектом, так і підвищений вміст біогенних елементів, який підтримує ризик масового розвитку водоростей та ціанобактерій.

Регламентний фізико-хімічний моніторинг є необхідною складовою контролю якості води, проте він фіксує насамперед концентрації окремих речовин у момент відбору проби. Такий підхід не завжди відображає біодоступність забруднювачів, їхню сумарну або синергічну дію, а також віддалені наслідки для первинної продукції, трофічних ланцюгів і самоочисної здатності водойми. У зв'язку з цим актуальним є посилення системи моніторингу методами біоіндикації та біотестування, де живий організм виступає інтегральним сенсором якості середовища. Саме тому сучасні підходи до управління водними ресурсами орієнтуються не лише на контроль концентрацій окремих речовин, а й на оцінювання екологічного стану водних екосистем, що відповідає логіці Рамкової водної директиви ЄС [14].

Особливе місце серед тест-об'єктів займають одноклітинні зелені водорості роду *Chlorella*. Вони є первинними продуцентами, мають короткий життєвий цикл, легко культивуються у лабораторних умовах і швидко реагують на зміну складу водного середовища. Саме тому альготестування з *Chlorella vulgaris* може слугувати інструментом раннього виявлення небезпечних змін у міських водоймах, поєднуючи екотоксикологічну, гідробіологічну та управлінську складові екологічної оцінки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичним підґрунтям для використання біологічного відгуку у водному моніторингу є дослідження функціонування біосистем у токсичному середовищі. У монографії В.П. Гандзюри, М.О. Клименка та О.О. Бедункової показано, що реакції живих систем на дію токсикантів мають багаторівневий характер і можуть проявлятися через зміну росту, метаболізму, резистентності та структури популяцій [1]. Методологічні підходи до оцінювання водних екосистем за показниками біотестування узагальнено у працях наукової школи НУВГП [2], що є важливим для адаптації лабораторних тестів до умов регіонального моніторингу.

Результати оцінювання водосховища Басів Кут за інтегральним екологічним показником і тест-об'єктами *Allium cepa* та *Lactuca sativa* засвідчили, що біотестування дозволяє виявляти токсичність, не завжди очевидну за окремими хімічними показниками [3]. Дослідження Ю.Р. Гроховської розкривають необхідність басейнового підходу до використання ресурсів водних екосистем, а праці Г.В. Харченко демонструють чутливість фітоепіфітону урбанізованих водойм до антропогенного впливу [4; 5]. Це підтверджує доцільність розгляду мікроводоростей не лише як компонентів біоти, а й як індикаторів трансформації водного середовища.

Стандартизованою основою альготестування є випробування на інгібування росту прісноводних водоростей, визначене ДСТУ ISO 8692:2016 та міжнародним стандартом ISO 8692:2012 [7; 8]. Споріднені підходи регламентує керівництво OECD Test No. 201, у якому оцінювання впливу речовини на прісноводні мікроводорості та ціанобактерії здійснюється за ростом культур упродовж 72 годин [9]. Застосування цих стандартів дає змогу формалізувати умови культивування, тривалість експозиції, критерії валідності та способи розрахунку інгібування.

Сучасні закордонні дослідження підтверджують придатність *Chlorella vulgaris* для виявлення екотоксикологічних ефектів важких металів і складних сумішей забруднювачів. Зокрема, показано, що тести інгібування росту та фотосинтетичної активності можуть давати взаємодоповнювальну інформацію про дію металів, а прогнозування токсичності сумішей потребує врахування біодоступності й хімічної специфікації [10]. У роботах останніх років також акцентовано увагу на використанні флуоресценції хлорофілу як швидкого параметра

оцінювання біомаси і функціонального стану водоростей [11], а також на потенціалі *Chlorella vulgaris* як чутливого біосенсора забруднення водних екосистем важкими металами [12]. Окремі дослідження реакції *Chlorella vulgaris* на діетилфталат додатково підтверджують інформативність цього тест-об'єкта для виявлення впливу органічних мікрозабруднювачів на первинних продуцентів водних екосистем [13].

Водночас у практиці моніторингу міських водойм України альготестування з *Chlorella* поки що використовується недостатньо системно. Невирішеними залишаються питання інтеграції результатів біотестування з традиційними фізико-хімічними блоками оцінки, розмежування токсичного та евтрофікаційного сигналу, а також переведення лабораторного результату у зрозуміле управлінське рішення для громад, комунальних служб і органів екологічного контролю. Саме цим питанням присвячене наше дослідження.

**Мета, завдання і методологія дослідження.** Метою роботи є обґрунтування та розроблення методичної схеми екологічної оцінки стану водних об'єктів міських територій методами біоіндикації з використанням тест-культури *Chlorella vulgaris* для виявлення інтегральної токсичності води, евтрофікаційного потенціалу та ризиків деградації гідроекосистем.

Для досягнення мети поставлено такі завдання: узагальнити наукові підходи до використання мікрководоростей як тест-об'єктів у водній екотоксикології; визначити індикаторні параметри *Chlorella vulgaris*, придатні для оперативного моніторингу; сформулювати алгоритм відбору й лабораторного опрацювання проб води для урбанізованих водойм; розробити шкалу інтерпретації біологічного відгуку з урахуванням токсичного та стимулюючого ефектів; запропонувати варіант інтеграції альготестування у систему управління станом річки Устя та озера Басів Кут.

Об'єктом дослідження є процеси формування екологічного стану поверхневих вод урбанізованих територій під дією комплексного антропогенного навантаження. Предметом дослідження є біологічний відгук тест-культури *Chlorella vulgaris* на проби води різного походження та його використання для інтегральної оцінки якості водного середовища.

Методична схема передбачає відбір проб у репрезентативних створах: вище основного впливу міста, у зоні зливового та промислового навантаження, на вході річки Устя до озера Басів Кут, у центральній частині водойми та в рекреаційно навантажених прибережних ділянках. Такий підхід дає змогу відстежити

просторовий градієнт впливу і відокремити дію локальних джерел від фонових умов. Для кожної проби доцільно фіксувати дату, температуру води, метеорологічні умови за попередню добу, прозорість, запах, наявність плівки або масового розвитку водоростей.

Лабораторне альготестування виконується відповідно до принципів ДСТУ ISO 8692:2016 та OECD 201 [7; 9]. Тест-культуру *Chlorella vulgaris* переносять у дослідні колби або планшети з пробами води та культивують 72–96 годин за контрольованих умов освітлення, температури і перемішування. Контролем слугує стандартне поживне середовище або вода, що не має токсичного ефекту для культури. Ключовими показниками є оптична густина суспензії, чисельність клітин, приріст біомаси та інтенсивність флуоресценції хлорофілу, які відображають відповідно популяційний ріст і функціональний стан фотосинтетичного апарату.

Для кількісної інтерпретації пропонується використовувати два взаємодоповнювальні показники. Перший – відсоток інгібування росту, який визначається як відносне зниження питомої швидкості росту у досліді порівняно з контролем:  $I = ((\mu_k - \mu_d) / \mu_k) \times 100\%$ , де  $\mu_k$  – питома швидкість росту у контролі,  $\mu_d$  – питома швидкість росту у дослідній пробі. Другий – показник стимулювання росту:  $S = ((\mu_d - \mu_k) / \mu_k) \times 100\%$ , який застосовують тоді, коли приріст біомаси у пробі перевищує контроль. Поєднання цих двох показників дає можливість розрізняти токсичний і трофічний сигнали.

**Результати досліджень.** Узагальнення літературних даних, стандартних підходів до альготестування та матеріалів щодо стану водойм м. Рівного дозволило сформулювати робочу модель біоіндикаційної оцінки. Її основна перевага полягає у тому, що *Chlorella vulgaris* реагує не на номінальну присутність певної речовини, а на сумарну біологічну дію всіх компонентів водної проби. Для урбанізованих водойм це принципово важливо, оскільки одночасна наявність металів, нафтопродуктів, органічних речовин, біогенних елементів і поверхнево-активних сполук може давати ефекти, які неможливо коректно оцінити простим порівнянням із гранично допустимими концентраціями.

За результатами методичного аналізу реакція *Chlorella vulgaris* у пробах міських водних об'єктів може мати три основні типи. Перший тип – інгібування росту і зниження флуоресценції хлорофілу, що свідчить про токсичний вплив біодоступних забруднювачів. Такий

сценарій очікуваний для ділянок річки Устя, які приймають поверхневий стік із зон інтенсивного транспорту, промислової забудови або несанкціонованого скиду. Другий тип – стимулювання росту, коли приріст біомаси перевищує контроль, що відображає підвищений вміст доступних форм азоту й фосфору. Для озера Басів Кут такий сигнал може бути індикатором гіпертрофного стану і підвищеного ризику літнього «цвітіння» води. Третій тип – змішана реакція, за якої короткочасне стимулювання змінюється пригніченням фотосинтетичної активності; вона характерна для вод із одночасно високим трофічним і токсичним навантаженням.

Для практичного використання результатів запропоновано робочу шкалу інтерпретації, наведену у табл. 1.

Таблиця 1

Інтерпретація біологічного відгуку *Chlorella vulgaris* у пробах води міських водойм

| Відгук тест-культури | Критерій оцінки                                           | Екологічна інтерпретація                                          | Пріоритетні дії                                                        |
|----------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Без істотних змін    | I або S до 20%                                            | Виражений токсичний чи трофічний ефект не фіксується              | Плановий моніторинг, контроль сезонної динаміки                        |
| Інгібування росту    | I = 20-40%                                                | Помірна біодоступна токсичність, можливий вплив суміші полютантів | Повторний відбір проб, аналіз металів, нафтопродуктів, СПАР            |
| Сильне інгібування   | I > 40%                                                   | Висока токсичність, ризик пригнічення первинної продукції         | Оперативне виявлення джерела, позаплановий контроль скидів             |
| Стимулювання росту   | S > 20%                                                   | Надлишок біогенних елементів, евтрофікаційний потенціал           | Контроль азоту й фосфору, зменшення зливого та побутового навантаження |
| Змішана реакція      | S на початку експозиції та падіння Fv/Fm або I наприкінці | Поєднання трофічного збагачення і токсичного стресу               | Комплексне обстеження басейну, пріоритезація санаційних заходів        |

Вона не замінює нормативної оцінки якості води, а слугує біоіндикаційним фільтром раннього попередження. Якщо проба спричиняє значне інгібування росту, вона потребує додаткового хімічного аналізу на важкі метали, нафтопродукти та специфічні органічні ксенобіотики. Якщо ж переважає стимулювання росту, пріоритетним стає визначення форм азоту, фосфору, БСК, ХСК і джерел надходження біогенних речовин.

Запропонована шкала дозволяє перетворити лабораторний результат на діагностичний висновок. Наприклад, якщо проба з урбанізованого створу річки Устя спричиняє інгібування росту *Chlorella vulgaris* на рівні понад 40%, а флуоресценція хлорофілу знижується швидше, ніж чисельність клітин, це може свідчити про дію речовин, що безпосередньо порушують фотосинтез або мембранні процеси. Якщо ж проба з озера Басів Кут викликає стабільне зростання оптичної густини відносно контролю, то первинним управлінським висновком має бути не «поліпшення» якості води, а наявність надлишку поживних речовин, здатних підтримувати евтрофікацію.

Для інтеграції альготестування з традиційними блоками оцінки доцільно використовувати робочий біотичний коефіцієнт  $K_{bio} = 0,5 \times (N_d / N_k) + 0,5 \times (F_d / F_k)$ , де  $N_d$  і  $N_k$  – приріст біомаси у дослідній і контрольній пробах,  $F_d$  і  $F_k$  – відповідні показники флуоресценції хлорофілу. Значення  $K_{bio} < 0,8$  можна інтерпретувати як переважання токсичного впливу;  $0,8-1,2$  – як відсутність вираженого відхилення від контролю;  $K_{bio} > 1,2$  – як стимулюючий ефект і трофічне збагачення. Такий коефіцієнт є простим для польової апробації та може бути уточнений після накопичення емпіричних даних за сезонами.

Важливою методичною перевагою *Chlorella vulgaris* є можливість паралельного використання кількох кінцевих точок. Оптична густина характеризує сумарну біомасу, підрахунок клітин дає інформацію про темп поділу, а флуоресценція хлорофілу відображає функціональний стан фотосистеми II. За даними сучасних досліджень, показники росту і фотосинтетичної активності можуть по-різному реагувати на метали та їхні суміші [10], тому їхнє поєднання підвищує надійність діагностики. Для проб із завислими речовинами або частинками доцільно проводити попередню перевірку можливого

оптичного заважання, оскільки для флуоресцентних методів це може впливати на точність результату [11].

Для м. Рівне запропонована схема може використовуватися як частина системи раннього попередження. У разі періодичного відбору проб після злив, у літній період рекреаційного навантаження та під час проявів «цвітіння» води альготестування дозволить відстежувати не лише факт перевищення окремих показників, а й реальну біологічну відповідь на суміш речовин у воді. Це особливо важливо для Басового Кута, де зменшення зовнішнього надходження біогенних елементів і контроль стоку річки Устя мають розглядатися як взаємопов'язані завдання.

Отримані узагальнення свідчать, що біоіндикація з *Chlorella vulgaris* має не лише діагностичне, а й прогностичне значення. У міських водоймах стимулюючий ефект може передувати масовому розвитку фітопланктону, тоді як токсичний ефект сигналізує про наявність біодоступних речовин, здатних пригнічувати первинних продуцентів і змінювати трофічну структуру. Тому результати альготестування доцільно включати до паспорта стану водойми, екологічних програм громади та планів ревіталізації прибережних територій.

Таблиця 2

Алгоритм використання результатів альготестування у системі управління станом міських водойм

| Етап                           | Зміст робіт                                                                                                      | Очікуваний результат                                          |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. Польовий моніторинг         | Відбір проб у фонових, урбанізованих, вхідних і рекреаційних створах; фіксація гідрометеорологічних умов         | Просторова прив'язка джерел навантаження                      |
| 2. Лабораторне альготестування | Експозиція <i>Chlorella vulgaris</i> 72–96 год; визначення росту, оптичної густини, флуоресценції                | Кількісна оцінка токсичного або стимулюючого ефекту           |
| 3. Інтегральна інтерпретація   | Розрахунок I, S, K <sub>bio</sub> ; зіставлення з фізико-хімічними показниками                                   | Виявлення переважного типу екологічного ризику                |
| 4. Управлінське рішення        | Вибір заходів: контроль скидів, доочищення зливових вод, зменшення біогенного навантаження, інформування громади | Перехід від моніторингу до санації та профілактики деградації |

### **Висновки та перспективи подальших досліджень.**

Узагальнення теоретичних і методичних підходів показало, що екологічна оцінка міських водних об'єктів потребує поєднання фізико-хімічного моніторингу з біологічними методами, здатними відображати сумарну дію забруднювачів на живі організми. Альготестування з *Chlorella vulgaris* є придатним інструментом такої оцінки, оскільки тест-культура швидко реагує на токсичний і трофічний впливи та може застосовуватися у відносно простих лабораторних умовах.

На прикладі річки Устя та озера Басів Кут обґрунтовано доцільність використання *Chlorella vulgaris* як інтегрального біоіндикатора стану урбанізованих водойм. Інгібування росту водоростей доцільно розглядати як сигнал біодоступної токсичності, пов'язаної з важкими металами, нафтопродуктами, СПАР або іншими ксенобіотиками, тоді як стимулювання росту є індикатором евтрофікаційного потенціалу та надлишку доступних біогенних елементів.

Запропоновано робочу шкалу інтерпретації біологічного відгуку і біотичний коефіцієнт  $K_{bio}$ , які можуть бути використані для раннього попередження про ризики погіршення стану водойм. Вони дають змогу не лише констатувати наявність небезпеки, а й визначати її переважний характер – токсичний, евтрофікаційний або змішаний.

Практичне значення дослідження полягає у можливості впровадження альготестування у систему локального моніторингу м. Рівного. Регулярне застосування тесту після зливових подій, у періоди рекреаційного навантаження та під час сезонного розвитку водоростей дозволить отримувати оперативну інформацію для комунальних служб, органів місцевого самоврядування й екологічного контролю.

Перспективи подальших досліджень полягають у проведенні сезонної апробації запропонованої схеми на мережі створів річки Устя та озера Басів Кут, накопиченні емпіричних даних для уточнення порогових значень  $K_{bio}$ , поєднанні альготестування з хімічним аналізом металів і біогенних елементів, а також у створенні прогнозної моделі ризику «цвітіння» води та токсичного пригнічення первинної продукції.

1. Гандзюра В. П., Клименко М. О., Бєдункова О. О. Біосистеми в токсичному середовищі : монографія. Рівне : НУВГП, 2021. 261 с. 2. Оцінювання стану водних екосистем за показниками біотестування : монографія / М. О. Клименко та ін. Рівне : НУВГП, 2014. 170 с. 3. Стецюк Л. М. Оцінювання стану водної екосистеми за показниками біотестування (на прикладі озера Басів Кут). *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2016. Вип. 1(73). С. 87–93. URL: <https://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/agri/article/view/32/31> (дата звернення: 15.04.2026). 4. Гроховська Ю. Р. Екологічні основи збалансованого використання ресурсів водних екосистем басейну Прип'яті : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : 03.00.16. Київ, 2017. 42 с. 5. Харченко Г. В. Фітоепіфітон і його функціональна активність у водоймах урбанізованих територій : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.17. Київ, 2009. 198 с. 6. Соловій Х. М. Комбіновані біологічно-адсорбційні методи очищення поверхневих та стічних вод : дис. ... д-ра філософії : 101. Львів, 2021. 215 с. 7. Якість води. Випробування на інгібування росту прісноводних водоростей за допомогою одноклітинних зелених водоростей (ISO 8692:2012, IDT) : ДСТУ ISO 8692:2016. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 18 с. 8. ISO 8692:2012. Water quality – Fresh water algal growth inhibition test with unicellular green algae. Geneva : International Organization for Standardization, 2012. URL: <https://www.iso.org/standard/54150.html> (дата звернення: 15.04.2026). 9. OECD. Test No. 201: Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2. Paris : OECD Publishing, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264069923-en> 10. Expósito N., Carafa R., Kumar V., Sierra J., Schuhmacher M., Giménez Papiol G. Performance of *Chlorella vulgaris* exposed to heavy metal mixtures: linking measured endpoints and mechanisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18(3). Article 1037. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031037> 11. Hund-Rinke K., Schlinkert R., Schlich K. Testing particles using the algal growth inhibition test (OECD 201): the suitability of in vivo chlorophyll fluorescence measurements. *Environmental Sciences Europe*. 2022. Vol. 34. Article 41. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00623-1> 12. Singh S. K., Sharma A., Sundaram S. Evaluation of *Chlorella vulgaris* as sensitive, cost-effective, and environmentally sustainable biosensor tools for heavy metal monitoring in aquatic ecosystems. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2025. Vol. 197. Article 504. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-025-13960-4> 13. Liang C., Lv H., Liu W., Wang Q., Yao X., Li X. et al. Mechanism of the adverse outcome of *Chlorella vulgaris* exposure to diethyl phthalate: water environmental health reflected by primary producer toxicity. *Science of the Total Environment*. 2024. Vol. 912. Article 168876. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168876> 14. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. 2000. L 327. P. 1–73. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/eng> (дата звернення: 15.04.2026).

## REFERENCES:

1. Handziura V. P., Klymenko M. O., Biedunkova O. O. Biosystemy v toksychnomu seredovyschi : monohrafiia. Rivne : NUVHP, 2021. 261 s. 2. Otsiniuvannia stanu vodnykh ekosystem za pokaznykamy biotestuvannia : monohrafiia / M. O. Klymenko ta in. Rivne : NUVHP, 2014. 170 s. 3. Stetsiuk L. M. Otsiniuvannia stanu vodnoi ekosystemy

280

za pokaznykamy biotestuvannia (na prykladi ozera Basiv Kut). *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2016. Vyp. 1(73). S. 87–93. URL: <https://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/agri/article/view/32/31> (data zvernennia: 15.04.2026). **4.** Hrokhovska Yu. R. Ekolohichni osnovy zbalansovanoho vykorystannia resursiv vodnykh ekosystem baseinu Prypiati : avtoref. dys. ... d-ra s.-h. nauk : 03.00.16. Kyiv, 2017. 42 s. **5.** Kharchenko H. V. Fitoepifiton i yoho funktsionalna aktyvnist u vodoimakh urbanizovanykh terytorii : dys. ... kand. biol. nauk : 03.00.17. Kyiv, 2009. 198 s. **6.** Solovii Kh. M. Kombinovani biolohichno-adsorbtsiini metody ochyshchennia poverkhnevyykh ta stichnykh vod : dys. ... d-ra filosofii : 101. Lviv, 2021. 215 s. **7.** Yakist vody. Vyprobuvannia na inhibuvannia rostu prysnovodnykh vodorostei za dopomohoiu odnoklitynnykh zelenykh vodorostei (ISO 8692:2012, IDT) : DSTU ISO 8692:2016. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2018. 18 s. **8.** ISO 8692:2012. Water quality – Fresh water algal growth inhibition test with unicellular green algae. Geneva : International Organization for Standardization, 2012. URL: <https://www.iso.org/standard/54150.html> (data zvernennia: 15.04.2026). **9.** OECD. Test No. 201: Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2. Paris : OECD Publishing, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264069923-en> **10.** Expósito N., Carafa R., Kumar V., Sierra J., Schuhmacher M., Giménez Papiol G. Performance of *Chlorella vulgaris* exposed to heavy metal mixtures: linking measured endpoints and mechanisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18(3). Article 1037. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031037> **11.** Hund-Rinke K., Schlinkert R., Schlich K. Testing particles using the algal growth inhibition test (OECD 201): the suitability of in vivo chlorophyll fluorescence measurements. *Environmental Sciences Europe*. 2022. Vol. 34. Article 41. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00623-1> **12.** Singh S. K., Sharma A., Sundaram S. Evaluation of *Chlorella vulgaris* as sensitive, cost-effective, and environmentally sustainable biosensor tools for heavy metal monitoring in aquatic ecosystems. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2025. Vol. 197. Article 504. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-025-13960-4> **13.** Liang C., Lv H., Liu W., Wang Q., Yao X., Li X. et al. Mechanism of the adverse outcome of *Chlorella vulgaris* exposure to diethyl phthalate: water environmental health reflected by primary producer toxicity. *Science of the Total Environment*. 2024. Vol. 912. Article 168876. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168876> **14.** Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. 2000. L 327. P. 1–73. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/eng> (data zvernennia: 15.04.2026).

---

**Stetsiuk L. M.** [1; ORCID ID: 0009-0000-4288-1211],

Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor,

**Kedrun V. O.** [1; ORCID ID: 0009-0006-9960-8519],

Post-graduate Student

<sup>1</sup>*National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

## **ECOLOGICAL ASSESSMENT OF URBAN WATER BODIES USING BIOINDICATION METHODS WITH CHLORELLA MICROALGAE**

The article substantiates the use of *Chlorella vulgaris* microalgae as a test culture for the ecological assessment of urban water bodies exposed to combined anthropogenic pressure. The proposed approach is considered for the Ustia River and Lake Basiv Kut in Rivne, where stormwater runoff, nutrients, petroleum products, heavy metals and surfactants may simultaneously affect the aquatic ecosystem. Standard algal growth inhibition principles are adapted to a local monitoring scheme that includes 72–96-hour exposure of *Chlorella vulgaris* in water samples and subsequent measurement of biomass growth, optical density and chlorophyll fluorescence. The response of the test culture is interpreted in two complementary directions: growth inhibition indicates bioavailable toxicity, whereas growth stimulation reflects nutrient enrichment and eutrophication potential. A working interpretation matrix and a simple biotic coefficient are proposed to distinguish toxic, trophic and mixed types of impact and to avoid a simplified interpretation of accelerated algal growth as an unequivocal sign of water quality improvement. Particular attention is paid to the organization of sampling in background, urbanized, inflow and recreational sites, as well as to quality assurance of laboratory testing, including control cultures, repeated measurements and verification of possible optical interference in turbid samples. The practical value of the study lies in translating laboratory bioassay results into management decisions, including repeated sampling, targeted chemical analysis, control of stormwater inputs, reduction of nutrient loads and prioritization of remediation measures. The proposed scheme can be used as an early-warning component of municipal monitoring, especially after intense rainfall, during summer recreational pressure and at the onset of visible algal blooms. Integration of algal biotesting with physical and chemical monitoring can improve early warning for degradation risks and provide a scientific basis for the restoration and revitalization of urban aquatic ecosystems.

**Keywords:** *Chlorella vulgaris*; bioindication; algal growth inhibition test; urban water bodies; toxicity; eutrophication; integrated assessment.

Отримано / Received: 18.04.2026  
Прийнято до друку / Accepted: 20.05.2026  
Опубліковано / Published: 29.05.2026

