

Суходольська І. Л. [1; ORCID ID: 0000-0001-7502-3061],
к.б.н., доцент

¹Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ *CYANOBACTERIA* ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА СТІЙКОСТІ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

У статті представлено структурно-функціональні показники *Cyanobacteria* оз. Задовже впродовж 2022–2025 рр. та наведено особливості їхнього використання при оцінюванні стану екосистеми. Складено систематичний список ідентифікованих видів. Показано, що *Cyanobacteria* представлені 20 видами, 16 родами, 8 родинами та 6 порядками. Найбільша кількість видів, родів та родин належить до порядку *Chroococcales*. Суттєвим видовим багатством характеризуються родини *Microcystaceae* та *Aphanizomenonaceae*. Встановлено найвищу чисельність для *Microcystis pulverea*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Snowella lacustris*, а біомасу – для *Gloeocapsopsis magma*. Екологічний стан оз. Задовже за чисельністю *Cyanobacteria* відповідає категорії «відмінний» та «добрий», що свідчить про високий рівень стійкості екосистеми. За часткою *Cyanobacteria* у загальній біомасі екологічний стан озера змінюється від задовільного до відмінного. Показано особливості видів-індикаторів *Cyanobacteria* за біотопічною приуроченістю, галобністю, трофічністю та органічним забрудненням. Ідентифіковано види, що відповідають II та III класу якості води.

Ключові слова: водорості-індикатори; домінанти; *Cyanobacteria*; стабільний стан; гідроекосистема; стійкість; чисельність; біомаса.

Постановка проблеми. Під час оцінювання екологічного стану водних екосистем використовують види, що належать до різних відділів фітопланктону. Проте найбільш помітну візуальну реакцію на зміни середовища свого існування відображають види відділу *Cyanobacteria*. Представленість *Cyanobacteria* часто розглядають з позицій потенційних збудників «цвітіння» води та оцінки шкоди для водної екосистеми з акцентом на негативний вплив [1]. Однак у підтриманні стійкості водних об'єктів види *Cyanobacteria* мають важливе позитивне значення. Завдяки великому набору додаткових фотозахисних пігментів *Cyanobacteria* проявляють високу фотосинтетичну активність. Часто зниження доступності вільного CO₂

під час інтенсивного фотосинтезу видів компенсується здатністю *Cyanobacteria* асимілювати вуглекислий газ безпосередньо з атмосфери. Ефективне поглинання поживних речовин *Cyanobacteria* та адаптації до вертикальної міграції у товщі води забезпечують регуляцію концентрацій біогенних елементів у глибших горизонтах та сприяють процесам самоочищення водойми. Одна з важливих функцій видів *Cyanobacteria* полягає у азотфіксації та швидкому включенні елементу (Нітрогену) у біомасу водоростей. Загалом, висока конкурентна спроможність, швидкий розвиток, низьке «виїдання» зоопланктоном, трофічна незалежність та простота культивування дозволяють активно використовувати *Cyanobacteria* при оцінюванні якості води, екологічного стану, стійкості та самоочисної спроможності водної екосистеми [2; 3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Екологічний діапазон або витривалість окремих видів *Cyanobacteria* забезпечує різну індикаторну цінність виявлених у водній екосистемі таксонів [3; 4]. Проте *Cyanobacteria* добре демонструють комплексну реакцію на зміни хімічного складу води та інші впливи. Чутливість водоростей до досить низьких концентрацій забруднювачів дозволяє проводити точну та швидку оцінку стану водної екосистеми. Відгук *Cyanobacteria* найчастіше проявляється коливаннями видового багатства, біомаси, чисельності, перебудовою домінантів (моно-, оліго- чи полідомінантного комплексу) тощо. Надмірне зростання чи зниження показників *Cyanobacteria* свідчить про порушення екологічної рівноваги в екосистемах, тому їх використовують як індикатори здоров'я водної екосистеми та об'єктивні критерії її стійкості [1; 3; 5].

Мета, завдання та методики проведення досліджень. Мета роботи – вивчити особливості використання структурно-функціональних показників відділу *Cyanobacteria* під час оцінювання екологічного стану та стійкості водної екосистеми (оз. Задовже). Основне завдання – оцінити екологічний стан та рівень стійкості водної екосистеми за показниками *Cyanobacteria* (флористичне багатство, біомаса, чисельність, домінанти, субдомінанти, види-індикатори).

Озеро Задовже розташоване у північно-західній частині Рівненської обл. Максимальна глибина карстового озера близько 19 м. Площа водного дзеркала оз. Задовже складає 0,60 км².

Для визначення показників фітопланктону проби води відбирали впродовж 2022–2024 рр. (червень–серпень) та 2025 р. (серпень) з глибини 0,2–0,3 м шляхом наповнення пластикових ємностей об'ємом 0,5 дм³ з подальшим консервуванням формаліном. Після відстоювання проби концентрували до об'єму 0,05–0,1 дм³. Камеральну обробку проб здійснено з використанням світлового мікроскопу «Laboval» (Karl Zeiss, (Germany)). Підрахунок клітин проводили у трьох повторностях за використання камери Нажотта (об'єм 0,02 см³). Біомасу визначали розрахунково-об'ємним методом [6]. Таксономічну номенклатуру водоростей відділу *Cyanobacteria* наведено згідно міжнародного електронного каталогу *AlgaeBase* [7]. Особливості індикаторних видів фітопланктону представлені за літературними джерелами [8; 9].

Виклад основного матеріалу дослідження. Впродовж 2022–2025 рр. відділ *Cyanobacteria* налічує 20 видів, 16 родів, 8 родин та 6 порядків (табл. 1, 2). Найбільша кількість видів, родів та родин представлена порядком *Chroococcales*. Середнє значення флористичної пропорції фітопланктону складає 1 : 1,9 : 2,3. Відповідно середня кількість видів у родині становить 2,3, а в роді – 1,2. Найвищий родовий коефіцієнт виявлено для порядку *Oscillatoriales* (1,5).

Таблиця 1

Флористичне багатство відділу *Cyanobacteria*
(оз. Задовже, 2022–2025 р.)

Порядок	Родина	Рід	Вид	Пропорція	Родовий коефіцієнт
<i>Chroococcales</i>	3	7	9	1 : 2,3 : 3,0	1,3
<i>Oscillatoriales</i>	1	2	3	1 : 2,0 : 3,0	1,5
<i>Pseudanabaenales</i>	1	1	1	1 : 1,0 : 1,0	1,0
<i>Nostocales</i>	1	4	5	1 : 4,0 : 5,0	1,3
<i>Nodosilineales</i>	1	1	1	1 : 1,0 : 1,0	1,0
<i>Chroococcidiopsidales</i>	1	1	1	1 : 1,0 : 1,0	1,0
Всього:	8	16	20	1 : 1,9 : 2,3	1,2

Таблиця 2

Таксономічний склад фітопланктону оз. Задовже
(відділ *Cyanobacteria*, 2022–2025 pp.)

№	Таксон
CYANOBACTERIA	
Клас <i>Cyanophyceae</i> Hauck, 1884	
Порядок <i>Chroococcales</i> Schaffner, 1922	
Родина <i>Gomphosphaeriaceae</i> Elenkin, 1933	
1.	<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing
Родина <i>Chroococcaceae</i> Rabenhorst, 1863	
2.	<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli
Родина <i>Microcystaceae</i> Elenkin, 1933	
3.	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Nägeli
4.	<i>Eucapsis minima</i> (Keissler) Pliński & Komárek
5.	<i>Merismopedia tranquilla</i> (Ehrenberg) Trevisan
6.	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing
7.	<i>Microcystis pulvereae</i> (H.C.Wood) Forti
8.	<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek & Hindák
9.	<i>Woronichinia</i> sp.
Порядок <i>Pseudanabaenales</i> L.Hoffmann, Komárek & Kaštovský, 2005	
Родина <i>Pseudanabaenaceae</i> K.Anagnostidis & J.Komárek, 1988	
10.	<i>Limnothrix planctonica</i> (Wołoszyńska) Meffert
Порядок <i>Oscillatoriales</i> Schaffner, 1922	
Родина <i>Oscillatoriaceae</i> Engler, 1898	
11.	<i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont
12.	<i>Oscillatoria</i> sp.
13.	<i>Lyngbya</i> sp.
Порядок <i>Nostocales</i> Borzi, 1914	
Родина <i>Aphanizomenonaceae</i> Elenkin, 1938	
14.	<i>Anabaena</i> sp.
15.	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault
16.	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> (Usachev) P.Rajaniemi, Komárek, R.Willame, P. Hrouzek, K.Kastovská, L.Hoffmann & K.Sivonen
17.	<i>Dolichospermum mendotae</i> (W.Trelease) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek
18.	<i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek

продовження табл. 2

Порядок <i>Chroococcidiopsidales</i> Komárek, Kaštovský, J.Mares & J.R.Johansen, 2014	
Родина <i>Gloeocapsaceae</i> Elenkin, 1933	
19.	<i>Gloeocapsopsis magma</i> (Brébisson) Komárek & Anagnostidis ex Komárek
Порядок <i>Nodosilineales</i> Strunecky & Mares, 2023	
Родина <i>Cymatolegaceae</i> Strunecky & Mares, 2023	
20.	<i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle & Lauterborn

Найбільшим видовим багатством у 2022 р. характеризуються родини *Microcystaceae* (5 видів, 41,7% від загальної кількості видів), *Aphanizomenonaceae* (3 види, 25,0%) та *Oscillatoriaceae* (2 види, 16,7%). Впродовж 2023 р. видове багатство представлене родинами *Aphanizomenonaceae* (4 види, 36,4%), *Oscillatoriaceae* (3 види, 27,3%), а також *Gomphosphaeriaceae*, *Microcystaceae* та *Gloeocapsaceae* (по 1 виду, по 9,1%). Кількість родин *Cyanobacteria* у 2024 р. зменшується у порівнянні з попередніми роками. Зокрема, виявлено родини *Microcystaceae* (5 видів, 62,5%), *Aphanizomenonaceae* (2 види, 25,0%) та *Gloeocapsaceae* (1 вид, 12,5%). У серпні 2025 р. *Cyanobacteria* представлені лише двома родинами – *Microcystaceae* (1 вид, 50,0%) та *Aphanizomenonaceae* (1 вид, 50,0%) (рис. 1).

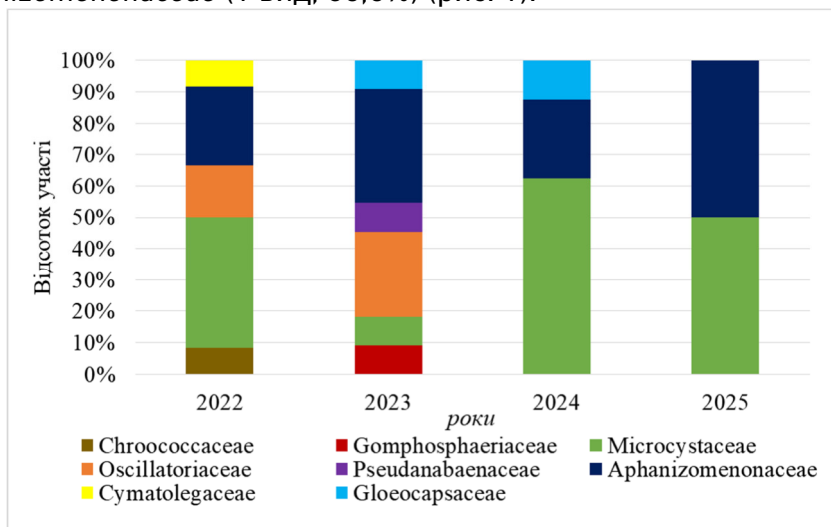


Рис. 1. Відсоток участі родин *Cyanobacteria* у формуванні видового багатства (оз. Задовже, 2022–2025 р.)

За чисельністю у 2022 р. домінують види *Microcystis pulvereae* (H.C.Wood) Forti (56,1–59,1%), *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek &

Hindák (25,5%), *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault (19,4%) та *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing (18,5%). Субдомінує за чисельністю вид *Lyngbya sp.* (9,7%).

Найбільшою чисельністю у 2023 р. вирізнялися види *M. pulvereae* (15,8–20,9%), *A. flos-aquae* (11,2–39,4%), *Dolichospermum spiroides* (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek (13,0%), *Limnothrix planctonica* (Wółoszyńska) Meffert (11,8%), *Oscillatoria sp.* (23,6%), *Lyngbya sp.* (18,5–32,2%) та *Anabaena sp.* (11,3%). За біомасою домінує *Gloeocapsopsis magma* (Brébisson) Komárek & Anagnostidis ex Komárek (10,4%). Серед субдомінантів за чисельністю ідентифіковано *Gomphosphaeria aponina* Kützing (5,7%), *G. magma* (5,8%), *Cuspidothrix issatschenkoi* (Usachev) P.Rajaniemi, Komárek, R.Willame, P. Hrouzek, K.Kastovská, L.Hoffmann & K.Sivonen (9,2%), а за біомасою – *A. flos-aquae* (5,1%).

Впродовж 2024 р. за чисельністю домінують *S. lacustris* (14,4–38,9%), *Merismopedia tranquilla* (Ehrenberg) Trevisan (11,0%), *A. flos-aquae* (15,9–33,0%), *D. spiroides* (31,5%), *M. pulvereae* (36,2%) та *Coelosphaerium kuetzingianum* Nägeli (15,9%).

Snowella lacustris (63,0%) та *Anabaena sp.* (11,8%) домінують за чисельністю у серпні 2025 р.

Також спостерігається виражене домінування відомих азотфіксаторів. Серед них види родів *Anabaena*, *Aphanizomenon* тощо.

Загалом, впродовж 2022–2025 рр. *Cyanobacteria* формують за чисельністю моно-, оліго- або полідомінантний комплекс. Найвища загальна чисельність відділу *Cyanobacteria* виявлена у 2022 р., що змінюється від 150 тис. кл/дм³ (жовтень) до 4702 тис. кл/дм³ (серпень) (рис. 2).

За чисельністю фітопланктону екологічний стан оз. Задовже оцінено як «відмінний» та «добрий». Максимальної чисельності досягають види, що зумовлюють «цвітіння» води – *M. pulvereae* (3150 тис. кл/дм³) та *M. aeruginosa* (1040 тис. кл/дм³).

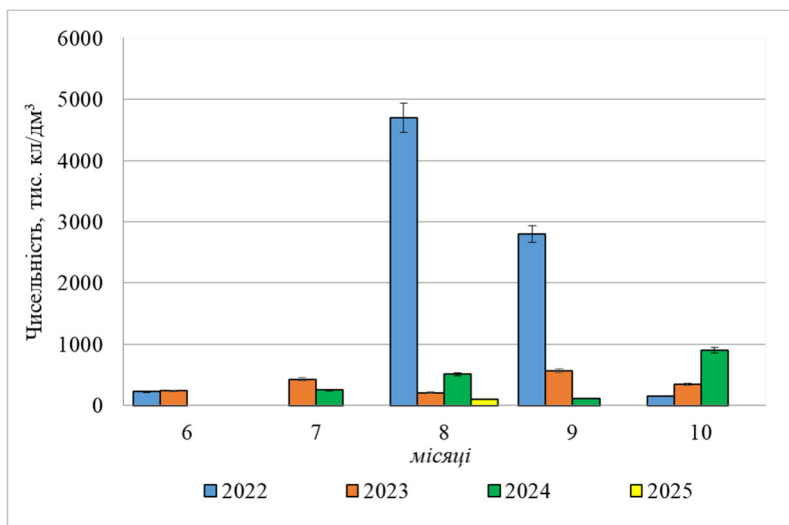


Рис. 2. Зміни загальної чисельності *Cyanobacteria* (оз. Задовже, 2022–2025 рр.)

У 2023 р. загальна чисельність відділу *Cyanobacteria* варіює від 207 тис. кл/дм³ (серпень) до 564 тис. кл/дм³ (вересень), що відповідає критеріям екологічного стану – «відмінний» та «добрий». Найбільша чисельність зафіксована для *Lyngbya sp.* (155–245 тис. кл/дм³), *M. pulverea* (120–175 тис. кл/дм³), *A. flos-aquae* (150, 170 тис. кл/дм³) та *L. planctonica* (100 тис. кл/дм³).

Впродовж 2024 р. мінімальна загальна чисельність відділу *Cyanobacteria* становить 108 тис. кл/дм³ (вересень), а максимальна – 899 тис. кл/дм³ (жовтень). За чисельністю фітопланктону встановлений «відмінний» та «добрий» екологічний стан озера. Найвища чисельність виявлена у *S. lacustris* (192, 224 тис. кл/дм³), *M. pulverea* (455 тис. кл/дм³), *A. flos-aquae* (200 тис. кл/дм³) та *C. kuetszingianum* (200 тис. кл/дм³).

Чисельність відділу *Cyanobacteria* у серпні 2025 р. становить 95 тис. кл/дм³, яку переважно формує вид *S. lacustris* (80 тис. кл/дм³). Екологічний стан за чисельністю *Cyanobacteria* відповідає категорії «відмінний».

Високої чисельності досягають види, що можуть викликати «цвітіння» води, проте, їхня біомаса досить низька (рис. 3).

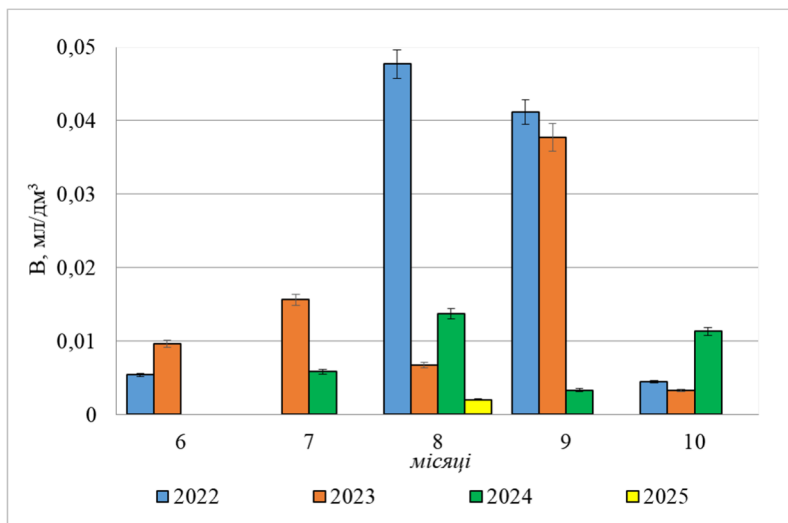


Рис. 3. Зміни загальної біомаси *Cyanobacteria* (оз. Задовже, 2022–2025 рр.)

Зокрема, у 2022 р. загальна біомаса відділу *Cyanobacteria* змінюється від 0,0054 мг/дм³ (червень) до 0,0477 мг/дм³ (серпень). У липні не виявлено *Cyanobacteria*. Максимальна біомаса сформована переважно видами *M. pulverea* та *M. aeruginosa*. Частка *Cyanobacteria* у загальній біомасі серед виявлених інших відділів коливається від 0,7% до 6,9%. Відповідно екологічний стан оз. Задовже можна класифікувати як «відмінний» (червень, жовтень) та «задовільний» (серпень, вересень).

Загальна біомаса у 2023 р. варіює від 0,0032 мг/дм³ (жовтень) до 0,0377 мг/дм³ (вересень). Значну частину біомаси у вересні формує вид домінант *G. magta* (0,0286 мг/дм³). Згідно частки *Cyanobacteria* у біомасі ідентифікованих відділів екологічний стан оз. Задовже змінюється від «доброго» (липень, серпень, жовтень) до «поганого» (вересень).

Мінімальне значення загальної біомаси відділу *Cyanobacteria* впродовж 2024 р. становить 0,0033 мг/дм³ (вересень), а максимальне – 0,0137 мг/дм³ (серпень). На формування біомаси у вересні найбільший вплив здійснює *D. spiroides* (0,0022 мг/дм³). У червні не виявлено видів відділу *Cyanobacteria*. Екологічний стан озера за часткою *Cyanobacteria* у біомасі варіює від «доброго» (липень, серпень, вересень) до «задовільного» (жовтень).

У серпні 2025 р. загальна біомаса відділу *Cyanobacteria* становить 0,0020 мг/дм³, яка сформована переважно *S. lacustris* (0,0014 мг/дм³). Екологічний стан оз. Задовже за часткою *Cyanobacteria* у біомасі оцінено як «задовільний» (серпень).

За часткою *Cyanobacteria* у загальній біомасі ідентифікованих відділів фітопланктону екологічний стан оз. Задовже у 2022 р. змінюється від «відмінного» до «задовільного», у 2023 р. – від «доброго» до «поганого», у 2024 р. від «доброго» до «задовільного», а у серпні 2025 р. – «задовільний». Проте за вегетаційні періоди 2022–2024 рр. середні значення частки *Cyanobacteria* у біомасі варіюють від 2,8% до 3,7%, що відповідає екологічному стану «добрий».

Для оцінювання якості води та стійкості водної екосистеми проаналізовано індивідуальні індекси чутливості видів індикаторів *Cyanobacteria* до різних екологічних чинників середовища.

Встановлено біотопічну приуроченість для 13 видів-індикаторів місцезростань (65,0% від загального видового багатства) Найбільший відсоток становлять планктонні (53,8%) та планктонно-бентосні (23,1%) форми (рис. 4, А).

Серед 12 видів *Cyanobacteria* (60,0% від загального видового багатства), які є індикаторами галобності переважають прісноводні види індиференти (50,0%). Галофоби становлять 41,7% та представлені *C. turgidus*, *G. aponina*, *M. aeruginosa*, *Eucapsis minima* (Keissler) Pliński & Komárek і *A. flos-aquae*. Серед галофілів виявлено один вид *Rhabdoderma lineare* Schmidle & Lauterborn (8,3%) (рис. 4, В).

Виявлено 10 видів (50,0% від загального видового багатства), що є індикаторами трофності. Найбільший відсоток мезоевтрофних видів (30,0%), які представлені *M. tranquilla*, *S. lacustri* та *C. issatschenkoi*. На другому місці оліго-мезотрофні (*E. minima*, *R. lineare*), мезотрофні (*C. kuetzingianum*) та евтрофні (*Dolichospermum spiroides* (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek та *M. aeruginosa*) види (по 20,0%). Також представлений оліготрофний вид (*G. aponina*) приурочений до водного середовища з низьким вмістом поживних речовин, що добре розвивається в чистій воді (рис. 4, С).

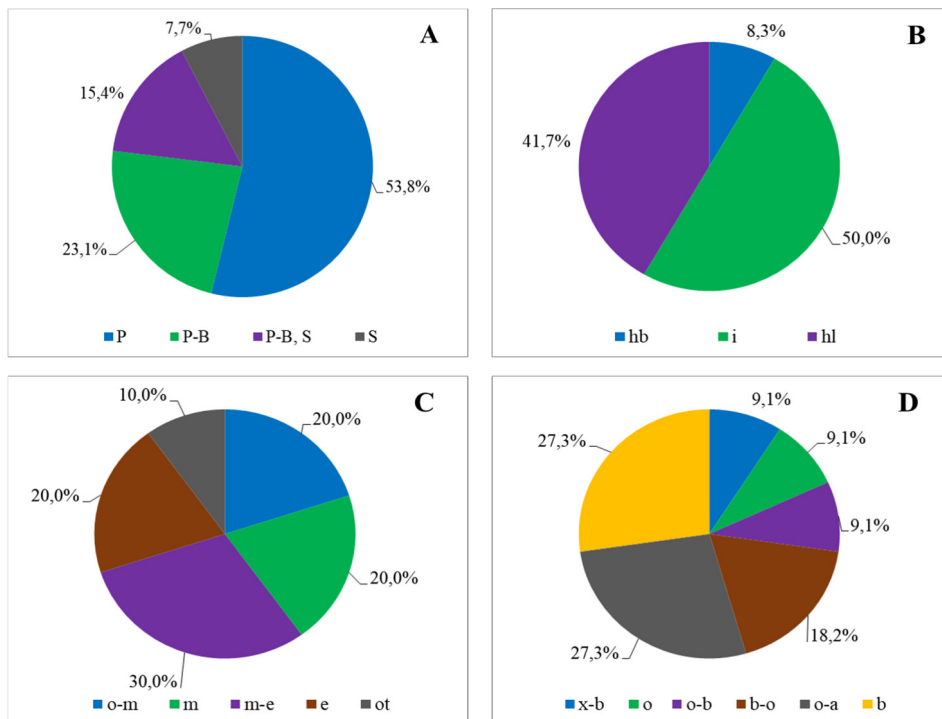


Рис. 4. Розподіл видів водоростей, що є індикаторами: А – місцезростань (В – бентосні; P-B – планктонно-бентосні; P – планктонні; S – ґрунтові); В – галообності (солоності) (hb – галофоби; i – індиференти; hl – галофіли); С – рівня трофності (o-m – оліго-мезотрофні; m – мезотрофні; me – мезоевтрофні; e – евтрофні; ot – оліготрофні види); D – органічного забруднення (за системою Пантле-Бук у модифікації Сладечека): x-b – ксено-бета-мезосапробіонти; o – олігосапробіонти; o-b – оліго-бета-мезосапробіонти; b-o – бета-олігосапробіонти; o-a – оліго-альфа-мезосапробіонти; b – бета-мезосапробіонти

Індикаторів сапробності за системою Пантле-Бук (в модифікації Сладечека) налічується 11 видів (55,0% від загального видового багатства). Найбільш численна група оліго-альфа-мезосапробіонти та бета-мезосапробіонти (по 27,3%), на другому місці бета-олігосапробіонти (18,2%). Також представлені ксено-бета-мезосапробіонти (*Chroococcus turgidus* (Kützinger) Nägeli), олігосапробіонти (*G. aponina*) та оліго-бета-мезосапробіонти (*M. pulverea*) (по 9,1%) (рис. 4, D).

Виявлені види, що є індикаторами різних зон самоочищення, належать до II та III класу якості води. Проте більш виражений III клас

якості води, що свідчить про помірне забруднення озера (рис. 5).

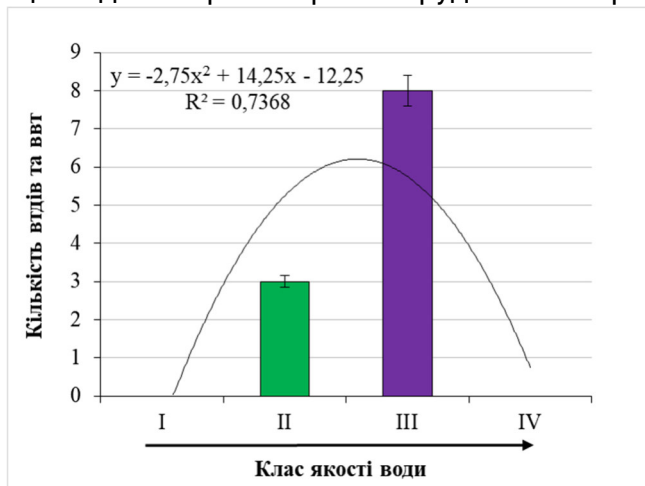


Рис. 5. Розподіл видів водоростей, що є індикаторами класу якості води

Загалом, виявлені особливості показників *Cyanobacteria* (зростання чисельності внаслідок розвитку 2–3, рідше 1 виду водоростей, зниження біомаси, частка відділу у загальній біомасі, відсутність видимих ознак «цвітіння» води влітку, види-індикатори) відображають «добрий» екологічний стан оз. Задовже. Екосистема озера стійка до дії чинників середовища, в тому числі і кліматичних змін.

Висновки. У фітопланктоні оз. Задовже впродовж 2022–2025 рр. ідентифіковано 20 видів *Cyanobacteria*, які належать до 16 родів, 8 родин та 6 порядків. За систематичною структурою усі види входять до класу *Cyanophyceae*. Найбільша кількість видів (9) представлена порядком *Chroococcales*. Найвище видове багатство встановлено для родин *Aphanizomenonaceae* та *Microcystaceae*. Високі показники домінування за чисельністю встановлено для *M. pulvereae* – 56,1–59,1% (2022 р.), *A. flos-aquae* – 11,2–39,4% (2023 р.), *S. lacustris* – 14,4–38,9% (2024 р.) та 63,0% (2025 р.), а за біомасою для *G. magma* – 10,4% (2023 р.). Домінантний комплекс найчастіше представлений полідомінантною структурою.

Загальна чисельність відділу *Cyanobacteria* становить 150–4702 тис. кл/дм³ (2022 р.), 207–564 тис. кл/дм³ (2023 р.), 108–899 тис. кл/дм³ (2024 р.) та 95 тис. кл/дм³ (2025 р.). Максимальні збільшення чисельності характерні для *M. pulvereae* (2022 р., 2024 р., 2025 р.) та *Lyngbya sp.* (2023 р.), а біомаси – для *G. magma* (2023 р.). За чисельністю *Cyanobacteria* екологічний стан оз. Задовже оцінено як «відмінний» та «добрий», що свідчить про високий рівень стійкості екосистеми.

Загальна біомаса представлена наступним чином: 0,0054–0,0477 мг/дм³ (2022 р.) → 0,0032–0,0377 мг/дм³ (2023 р.) → 0,0033–0,0137 мг/дм³ (2024 р.) → 0,0020 мг/дм³ (2025 р.). Екологічний стан оз. Задовже за часткою *Cyanobacteria* у біомасі змінюється від «відмінного», до «задовільного» у 2022 р., від «доброго» до «поганого» у 2023 р., від «доброго» до «задовільного» у 2024 р. та «задовільний» у серпні 2025 р. Однак середні значення частки *Cyanobacteria* у біомасі за вегетаційні періоди 2022–2024 рр. змінюється від 2,8% до 3,7%, що відповідає екологічному стану «добрий». Відповідно за показниками *Cyanobacteria* оз. Задовже оцінено як стійку екосистему.

За біотопічною приуроченістю найбільш представлені планктонні, а за трофністю – мезоевтрофні види. За галобністю переважають прісноводні види індіференти. За системою Пантле-Бук (в модифікації Сладечека) найбільша кількість оліго-альфа-мезосапробіонтів та бета-мезосапробіонтів (по 27,3%). За рівнем органічного забруднення згідно системи Пантле-Бук (в модифікації Сладечека) якість води оз. Задовже змінюється від II до III класу якості (чиста, помірно забруднена).

За показниками *Cyanobacteria* оз. Задовже переважно відповідає екологічному стану «добрий», що свідчить про стійкість екосистеми до дії чинників середовища.

1. Thakur R. K., Jindal R., Singh U. B., & Ahluwalia A. S. Plankton diversity and water quality assessment of three freshwater lakes of Mandi (Himachal Pradesh, India) with special reference to planktonic indicators. *Environmental monitoring and assessment*. 2013. Vol. 185(10). P. 8355–8373. URL: <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3178-3>.
2. Давидов О. А., Щербак В. І., Семенюк Н. Є., Козійчук Е. Ш. Таксономічний склад фітопланктону різнотипних континентальних гідроекосистем України. *Альгологія*. 2024. Vol. 34(4). С. 273–293. URL: <https://doi.org/10.15407/alg34.04.273>.
3. Teta R., Esposito G., Casazza M. et al. Bioindicators as a tool in environmental impact assessment: Cyanobacteria as a sentinel of pollution. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. 2019. Vol. 14. Issue 1. P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.2495/SDP-V14-N1-1-8>.
4. Mateo P., Leganés F., Perona E. et al. Cyanobacteria as bioindicators and bioreporters of environmental analysis in aquatic ecosystems. *Biodiversity and Conservation*. 2015. Vol. 24(4). Pp. 909–948. URL: <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0903-y>.
5. Zaghloul A., Saber M., Gadow S., & Awad F. Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. *Bulletin of the National Research Centre*. 2020. Vol. 44(1). Pp. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00385-x>.
6. Щербак В. І. Методи досліджень фітопланктону. Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. Київ, 2002. С. 41–48.
7. Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. 2025. URL: <https://www.algaebase.org> (дата звернення:

10.09.2025). **8.** Barinova S. S., Bilous O. P., Tsarenko P. M. Algal indication of water bodies in Ukraine: methods and perspectives. Haifa, Kiev : University of Haifa Publisher, 2019. 367 p. **9.** Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal Aquatic Ecology*. 1994. Vol. 28. P. 117–133.

REFERENCES:

1. Thakur R. K., Jindal R., Singh U. B., & Ahluwalia A. S. Plankton diversity and water quality assessment of three freshwater lakes of Mandi (Himachal Pradesh, India) with special reference to planktonic indicators. *Environmental monitoring and assessment*. 2013. Vol. 185(10). P. 8355–8373. URL: <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3178-3>. **2.** Davydov O. A., Shcherbak V. I., Semeniuk N. Ye., Koziichuk E. Sh. Taksonomichniy sklad fitoplanktonu riznotypnykh kontynentalnykh hidroekosystem Ukrainy. *Alholohiia*. 2024. Vyp. 34(4). S. 273–293. URL: <https://doi.org/10.15407/alg34.04.273>. **3.** Teta R., Esposito G., Casazza M. et al. Bioindicators as a tool in environmental impact assessment: Cyanobacteria as a sentinel of pollution. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. 2019. Vol. 14. Issue 1. P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.2495/SDP-V14-N1-1-8>. **4.** Mateo P., Leganés F., Perona E. et al. Cyanobacteria as bioindicators and bioreporters of environmental analysis in aquatic ecosystems. *Biodiversity and Conservation*. 2015. Vol. 24(4). Pp. 909–948. URL: <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0903-y>. **5.** Zaghloul A., Saber M., Gadow S., & Awad F. Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. *Bulletin of the National Research Centre*. 2020. Vol. 44(1). Pp. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00385-x>. **6.** Shcherbak V. I. Metody doslidzhen fitoplanktonu. Metodychni osnovy hidrobiolohichnykh doslidzhen vodnykh ekosystem. Kyiv, 2002. S. 41–48. **7.** Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. 2025. URL: <https://www.algaebase.org> (дата звернення: 10.09.2025). **8.** Barinova S. S., Bilous O. P., Tsarenko P. M. Algal indication of water bodies in Ukraine: methods and perspectives. Haifa, Kiev : University of Haifa Publisher, 2019. 367 p. **9.** Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal Aquatic Ecology*. 1994. Vol. 28. P. 117–133.

Sukhodolska I. L. [1; ORCID ID: 0000-0001-7502-3061],

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

¹*Rivne State University for the Humanities, Rivne*

THE USE CHARACTERISTICS OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL INDICATORS OF *CYANOBACTERIA* IN ASSESSING THE ECOLOGICAL STATE AND STABILITY OF AQUATIC ECOSYSTEMS

The study presents the structural and functional indicators of *Cyanobacteria* of Lake Zadovzhe during 2022–2025. A systematic list of detected phytoplankton species is provided. It is shown that *Cyanobacteria* are

represented by 20 species, 16 genera, 8 families and 6 orders. The largest number of species, genera and families belongs to the order *Chroococcales*. The families *Microcystaceae* (2022, 2024–2025) and *Aphanizomenonaceae* (2023, 2025) are characterized by significant species richness. The highest abundance was established for *Microcystis pulverea* (56.1–59.1% – 2022), *Aphanizomenon flos-aquae* (11.2–39.4% – 2023), *Snowella lacustris* (14.4–38.9% – 2024 and 63.0% – 2025), and biomass for *Gloeocapsopsis magma* (10.4% – 2023). A common dominant species (*Snowella lacustris*) was identified in terms of abundance during 2022 and 2024–2025. The predominance of the polydominant structure of *Cyanobacteria* was confirmed. The total number of *Cyanobacteria* varies from 95 thousand cells/dm³ to 4702 thousand cells/dm³, and the biomass – from 0.0020 mg/dm³ to 0.0477 mg/dm³. In terms of the number of *Cyanobacteria*, the ecological state of Lake Zadovzhe corresponds to the categories of “excellent” and “good”, which indicates a high level of ecosystem stability. The ecological state of Lake Zadovzhe was assessed by the share of *Cyanobacteria* in the total biomass of all identified sections (2022 – “excellent”, “satisfactory”, 2023 – “good”, “bad”, 2024 – “good”, “satisfactory”, August 2025 – “satisfactory”). Individual sensitivity indices of *Cyanobacteria* indicator species to various environmental factors were analyzed. Planktonic forms predominate by biotopic limitation, indifferent by halophyte, mesoeutrophic by trophic level, oligo-alpha-mesosaprobionts and beta-mesosaprobionts by organic pollution. The identified species correspond to the II and III classes of water quality (clean, moderately polluted). Lake Zadovzhe is assessed as a stable ecosystem by *Cyanobacteria* indicators.

Keywords: indicator algae; dominants; *Cyanobacteria*; stable state; hydroecosystem; stability; abundance; biomass.

Отримано / Received: 07.04.2026
Прийнято до друку / Accepted: 10.05.2026
Опубліковано / Published: 29.05.2026



© 2026 [Sukhodolska I. L.]. Licensee {NUWEE}. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license (creativecommons.org)