ЩЕРБАК В.І., СЕМЕНЮК Н.Є. *, ДАВИДОВ О.А., КОЗІЙЧУК Е.Ш.

Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ 04210, Україна

Адреса для листування: *natasemenyuk@gmail.com*

ОСОБЛИВОСТІ РІЗНОМАНІТТЯ ФІТОПЛАНКТОНУ ТА МІКРОФІТОБЕНТОСУ РІЗНОТИПНИХ ОЗЕР МІСТА КИЄВА (УКРАЇНА)

Реферат. Встановлено особливості таксономічного й кількісного різноманіття, домінуючих комплексів фітопланктону й мікрофітобентосу різнотипних озер м. Києва: Вербне та Йорданське. Озеро Вербне — безстічна заплавна водойма, озеро Йорданське — найнижча водойма в каскаді озер системи Опечень, колишньої стариці р. Почайна. У літньо-осінньому фітопланктоні озер Вербне та Йорданське ідентифіковано 68 і 50 внутрішньовидових таксонів (ввт) водоростей відповідно, у мікрофітобентосі — 58 і 63 ввт. Загальний список водоростей планктону та бентосу оз. Вербне налічував 111 ввт, оз. Йорданське — 99 ввт. За період досліджень у фітопланктоні та мікрофітобентосі обох озер було ідентифіковано 147 ввт з восьми відділів. Чисельність фітопланктону оз. Вербне складала 14344–120242 тис. кл/дм^3, біомаса 2,756–12,703 мг/дм^3, оз. Йорданське — 134670–358654 тис. кл/дм^3 та 12,634–15,757 мг/дм^3 відповідно. Чисельність мікрофітобентосу оз. Вербне становила 2169–10371 тис. кл/10 см^2, біомаса 0,657–4,544 мг/10 см^2, оз. Йорданське — 1593–5548 тис. кл/10 см^2 та 0,976–1,873 мг/10 см^2 відповідно. Спільною закономірністю для досліджених озер було те, що показники чисельності та біомаси планктонних і донних альгоугруповань зростали від літа до осені. Високі величини біомаси *Cyanobacteriophyta* у фітопланктоні в осінній сезон (1,950 мг/дм^3 в оз. Вербне і 12,010 мг/дм^3 в оз. Йорданське) відповідали рівням «цвітіння» води, що

Надійшла до редакції 17.08.2026. Після доопрацювання 18.08.2026. Опублікована 20.09.2026

Цитування. Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. 2026. Особливості різноманіття фітопланктону та мікрофітобентосу різнотипних озер міста Києва (Україна). *Альгологія*. 36(3): 133–162. https://doi.org/10.15407/alg36.03.133

This is open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 2026
© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2026

спостерігається у водосховищах Дніпровського каскаду. Домінуючий комплекс фітопланктону та мікрофітобентосу за чисельністю нараховував 17 видів, за біомасою — 29, коефіцієнт видової подібності Серенсена між ними становив 0,40. Значну частку домінуючого комплексу фітопланктону озер формували представники *Cyanobacteriophyta*, які викликали «цвітіння» води: *Aphanizomenon gracile* Lemmermann, *Microcystis pulverea* (H.C.Wood) Forti, *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, *Limnothrix redekei* (Goor) Meffert тощо. Деякі зазначені планктонні види також входили до складу домінуючого комплексу мікрофітобентосу, що вочевидь було пов'язано з явищем «мас ефекту». Оцінка трофності озер за фітопланктоном і мікрофітобентосом показала, що оз. Вербне характеризується як евтрофне, оз. Йорданське — як евтрофно-політрофне. Незважаючи на близьке географічне розташування, досліджувані озерні екосистеми суттєво відрізнялися за таксономічним складом, кількісним розвитком, домінуючим комплексом альгоугруповань, структурною організацією та трофічним статусом.

Ключові слова: фітопланктон, мікрофітобентос, таксономічне різноманіття, кількісні показники, *Cyanobacteriophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, різнотипні озера, «цвітіння» води

Вступ

Важливою складовою ландшафту м. Києва є близько 430 різнотипних водних екосистем (річок, струмків, ставків, озер) загальною площею 6,7 тис. га, з яких на акваторію озер припадає 0,9 тис. га (Arrangement…, 2016).

Життєдіяльність водних екосистем, зокрема озерних, зумовлена структурно-функціональними характеристиками фотосинтетичної ланки, вагому частку якої складають фітопланктон і мікрофітобентос.

Інформаційний пошук виявив значну кількість публікацій щодо кожного з вищезазначених компонентів автотрофної ланки, в тому числі й роботи авторів даної статті, виконані упродовж останніх десятиліть.

Водночас менша увага приділяється комплексним паралельним дослідженням фітопланктону та мікрофітобентосу. Зокрема, необхідно відзначити роботи, виконані на різних типах екосистем: морських (Minicheva et al., 2025), річкових (Shcherbak et al., 2025), озерних (Hilt, 2015), водосховищах (Shcherbak et al., 2023; Semeniuk et al., 2024; Shcherbak et al., 2024a). У роботі Hrygor'yeva (2025) наведено результати комплексного дослідження контурних альгоугруповань в оз. Вербному, але вони охоплюють лише осінній період 2023 р.

Отже, актуальність комплексних досліджень структурно-функціональної організації фітопланктону та мікрофітобентосу озерних екосистем мегаполісів є актуальною проблемою сьогодення.

Мета роботи — встановити особливості таксономічного, кількісного різноманіття й домінуючих комплексів фітопланктону та мікрофітобентосу різнотипних озер міської агломерації (на прикладі м. Києва).

Матеріали та методи

Матеріалом слугували оригінальні дані, отримані в ході паралельного дослідження фітопланктону та мікрофітобентосу упродовж літньо-осіннього сезону 2022 р. на двох озерах київської агломерації — Вербному та Йорданському.

Проби водоростей відбирали з різних ділянок літоралі, де глибина не перевищувала 0,5 м й інтенсивність сонячної інсоляції для планктонних та бентосних альгоугруповань була співставною. Зразки фітопланктону відбирали з поверхневого горизонту, зразки мікрофітобентосу — у місцях, вільних від заростей вищих водних рослин, у трьох повторностях трубкою Владимирової. Проби фіксували 40%-ним розчином формальдегіду у співвідношенні 1:100. Камеральне опрацювання проб, визначення чисельності і біомаси (об'ємно-розрахунковим методом) проводили згідно з загальноприйнятими гідробіологічними методами (Shcherbak, 2006).

Під час відбору альгологічних проб проводили вимірювання температури води та вмісту розчиненого кисню за допомогою польового оксиметра AZ8403.

Таксономічну номенклатуру водоростей наведено відповідно до міжнародного електронного каталогу AlgaeBase станом на липень 2026 р. (Guiry, Guiry, 2026). Величини чисельності та біомаси фітопланктону наведені в тис. кл/дм^3 і мг/дм^3, а мікрофітобентосу — в тис. кл/10 см^2 і мг/10 см^2 відповідно.

Домінантами вважали види, чисельність чи біомаса яких становили від 10% і вище загальної чисельності чи біомаси проби, субдомінантами — від 5 до 9% відповідно. Дендрограми видової подібності за Серенсеном побудовані згідно з методом «*single linkage*» (Larose, Larose, 2015).

Результати та обговорення

Гідроморфологічна характеристика озер. Озера Вербне та Йорданське розташовані в північній частині м. Києва, в Оболонському районі, в правобережній частині водозбірного басейну Канівського вдсх.

Оскільки озера розташовані на незначній відстані одне від одного, вони характеризуються подібним температурним режимом, інсоляцією, кількістю опадів і розою вітрів (Climate…, 2010). Водночас кожне з них має свої особливості.

Озеро Вербне (50°29'23" п.ш., 30°30'57" с.д.). В історичному аспекті це заплавне озеро прадавньої київської р. Почайна, з якого в 60-х рр. минулого століття інтенсивно видобувався пісок для гідронамиву масиву Оболонь. На сьогодні це водойма видовженої форми, 1,1 км завд., 60–240 м завш., з максимальною глибиною 14 м, площею водного дзеркала 16,4 га (Morozova, 2009). Використовується для рекреації, любительського рибальства, входить до природно-заповідних акваландшафтів м. Києва. Озеро є безстічною водоймою, гідрологічний режим якої формується атмосферними опадами, стоком із прибережних територій та підземним живленням. На останнє впливає весняне водопілля на Дніпрі, тоді в озері відбувається незначний 2–4-тижневий підйом рівня води (Romanenko et al., 2015).

Озеро Йорданське (Опечень Нижнє) (50°29'27"29" п.ш., 30°30'11" с.д.) є шостою (останньою в каскаді) водоймою системи озер Опечень, що є старицями колишнього русла р. Почайна. На початку 1970-х рр. озеро використовувалось як кар'єр для видобування піску з метою намиву території Оболонського району (Romanenko et al., 2015). Площа водного дзеркала становить 16,2 га, довжина 800 м, ширина 260 м, середня глибина 6,4 м, максимальна — 14,2 м (Lynnyk et al., 2023).

Озеро є проточною водоймою, в яку через два дюкера вода надходить із вище розміщеного оз. Кирилівського й витікає в затоку Вовкувата Канівського вдсх. У формуванні водного балансу також певну роль відіграють атмосферні опади, поверхневий стік із водозбірної площі, ґрунтові води, рівень яких залежить від коливання рівня Канівського вдсх. Також на гідрологічний режим озер системи Опечень впливає впадіння в них струмка Сирець та інших струмків і джерел.

Серед гідроморфологічних характеристик, що впливають (чи можуть побічно впливати) на фітопланктон і мікрофітобентос, є досить значні середні глибини озер, які утворилися після видобутку піску. За таких глибин та прозорості води (S) за диском Секі всього 1,2–2,2 м практично унеможливлюється фотосинтез фітопланктону та мікрофітобентосу в придонних горизонтах. Відповідно, роль літоралі у функціонуванні автотрофної ланки та забезпеченні життєздатності досліджуваних озерних екосистем є найбільш значущою.

Абіотичні складові

Температурний режим. У період проведення досліджень температурний режим досліджуваних озер суттєво не відрізнявся, що зумовлено їхнім близьким географічним розміщенням та відсутністю точкових чи розсіяних джерел впливу теплих вод (табл. 1).

У період дослідження літні й осінні температури були дещо вищими за кліматичну норму відповідних сезонів для даного регіону (Climate…, 2010), що може впливати на особливості формування автотрофної ланки озер.

Таблиця 1. **Температурний режим озер у період досліджень**

Озеро	Сезон	*T*, °C
Вербне	Літо	22,3–23,1
	Осінь	12,8–13,2
Йорданське	Літо	22,1–23,4
	Осінь	12,6–13,5

Гідрохімічна характеристика озер. Вода озер характеризується як прісна вода гідрокарбонатного класу, групи кальцію другого-третього типу (C_{II}^{CA}-$_{III}$). Мінералізація води оз. Вербне коливалася в межах 327,2–444,0 мг/дм^3 (Morozova, 2009). В оз. Йорданське цей показник був дещо вищим — 357,7–551,4 мг/дм^3, що зумовлено акумуляцією іонів у нижньому (шостому) озері в каскаді системи Опечень і суттєвішим впливом (ніж в оз. Вербному) більш мінералізованих підземних вод (Lynnyk et al., 2023).

Аналіз біогенного режиму, проведений за літературними даними (Romanenko et al., 2015; Lynnyk et al., 2023), показав, що для озерної води характерною є наявність «залишкових» концентрацій неорганічних форм азоту та фосфору, які не були поглинуті водоростевими угрупованнями (табл. 2, 3), а отже біогенні елементи в обох озерах не є чинниками, що лімітують вегетацію фітопланктону та мікрофітобентосу.

Водночас порівняння фактичних даних, наведених в табл. 2 і 3, показує, що в оз. Йорданське амплітуда коливань вмісту амонійного та нітритного азоту й фосфору фосфатів була більшою, ніж в оз. Вербне. Також, згідно з розрахунками, виконаними авторами статті на основі наведених літературних даних, максимальні концентрації сумарного азоту в оз. Йорданське (1,98 мг N/дм^3) були вищими, ніж в оз. Вербне (1,73 мг N/дм^3).

Узагальнення наведених вище даних дозволило провести оцінку трофності озер як енергетичного базису, на основі якого функціонують фітопланктон і фітомікробентос. Можна стверджувати, що в оз. Йорданське первинний біопродукційний потенціал є вищим, ніж в оз. Вербне. Вочевидь, основний чинник його формування — акумуляція біогенних елементів, які надходять в оз. Йорданське з вище розташованого каскаду

п’яти озер системи Опечень. Також певну частку в загальний баланс біогенних елементів озерної екосистеми вносить їхнє надходження зі струмка Сирець, що впадає у вище розташоване оз. Кирилівське.

Наведені літературні та оригінальні дані щодо величин pH (табл. 2, 3) показують, що впродовж двох десятиліть озерній воді притаманна лужна реакція.

Таблиця 2. **Мінімальні–максимальні показники гідрохімічного режиму оз. Вербне в різні періоди досліджень**

Показник	Рік		Оригінальні дані
	2001–2006*	2007–2012*	
Азот амонійний, мг N/дм^3	0,08–0,45	0,05–0,30	–
Азот нітритний, мг N/дм^3	××–0,01	0,01–0,03	–
Азот нітратний, мг N/дм^3	0,07–0,90	0,09–1,40	–
Фосфор фосфатів, мг P/дм^3	0,03–0,08	0,08–0,20	–
Розчинений кисень, мг O_2/дм^3	8,50–10,20	0,90–14,20	4,89–7,07
% насичення киснем, O_2	–	–	57–67
pH	7,50–8,90	7,20–9,10	7,70–7,90

* — згідно: Romanenko et al., 2015; ×× — значно менше 0,01 мг/дм^3; «–» — дані відсутні.

Таблиця 3. **Мінімальні–максимальні показники гідрохімічного режиму оз. Йорданське в різні періоди досліджень**

Показник	2015–2022*	Оригінальні дані
Азот амонійний, мг N/дм^3	0,04–1,66	–
Азот нітритний, мг N/дм^3	0,01–0,18	–
Азот нітратний, мг N/дм^3	0,02–0,14	–
Фосфор фосфатів, мг P/дм^3	0,03–2,60	–
Розчинений кисень, мг O_2/дм^3	7,10–17,40	6,65–7,19
% насичення киснем, O_2	68,10–221,00	69,00–78,00
pH	7,60–8,00	7,74–8,39

* Дані наведені для поверхневих горизонтів (Lynnyk et al., 2023); «–» — дані відсутні.

За більш ніж двадцятилітній період досліджень мінімальні величини pH становили 7,5–7,6, максимальні — 8,4–9,1. Подібними величинами (за літературними та оригінальними даними) характеризувалися вміст розчинного кисню та кисневе насичення води (див. табл. 2, 3).

Отже, наведені абіотичні характеристики досліджуваних озерних екосистем показують, що в літоралі озер Вербне та Йорданське сформувались оптимальні умови для вегетації фітопланктону та мікрофітобентосу.

Різноманіття і структура альгоугруповань

Ретроспективний аналіз

Озеро Вербне. *Фітопланктон.* Попередні дослідження озерного фітопланктону були проведені упродовж вегетаційних сезонів 2004 р. (Shcherbak, 2005). Встановлено, що весняний фітопланктон представлений 29 видовими та внутрішньовидовими таксонами в основному з *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Cyanobacteriophyta* та *Euglenophyta* — по 9 та 6 ввт відповідно. Величини чисельності й біомаси становили 5,71 млн кл/дм^3 і 23,5 мг/дм^3. У літньому фітопланктоні домінував комплекс *Bacillariophyta–Chlorophyta* з загальною кількістю 22 ввт, чисельністю 3,32 млн кл/дм^3 і біомасою 2,04 мг/дм^3. Осінній період характеризувався зниженням видового багатства планктонних водоростей до 13 ввт, але на відміну від весняно-літнього періоду значно зросла частка дрібноклітинних *Cyanobacteriophyta*. Відповідно, чисельність фітопланктону збільшилася до 10,12 млн кл/дм^3 при біомасі 1,49 мг/дм^3.

Мікрофітобентос. Дослідження мікрофітобентосу оз. Вербне було розпочато в 2013 р. Флористичний спектр його в літоралі формувався переважно за рахунок діатомових водоростей. Рівень розвитку мікрофітобентосу в літній період залежав від інтенсивності вегетації планктонних синьозелених водоростей, які, осідаючи з товщі води, суттєво впливали на кількісні показники, утворюючи від 39 до 79% чисельності водоростей на дні (Davydov, Larionova, 2015).

За результатами досліджень 2013–2014 рр. було встановлено еколого-морфологічну структуру мікрофітобентосу (Davydov, 2019) та оцінено автохтонні компоненти мікрофітобентосу оз. Вербне (Larionova, Davydov, 2018).

Результати досліджень мікрофітобентосу 2022 р. показали, що в порівнянні з 2017 р. відбулося певне погіршення стану водної екосистеми (клас якості вод змінився з 2-го на 3-й, категорія якості вод — в діапазоні від 3 до 4, сапробність з β’ до β’’ (Davydov, Hrygor’yeva, 2024).

У подальшому мікрофітобентос озера досліджувався в аспекті структурних взаємозв’язків альгоугруповань літоралі (Davydov et al., 2024; Hrygor’yeva, 2025).

Озеро Йорданське. *Фітопланктон.* За результатами досліджень, проведених у 2015 р. (Lynnyk et al., 2023), встановлено, що озерний

фітопланктон був представлений 36 ввт, які відносилися до 8 відділів. Домінували *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* та *Cyanobacteriophyta*. Величини чисельності коливалися в широких межах (1,56–71,56 тис. кл/10 см²), що в основному було зумовлено масовим розвитком дрібноклітинних форм *Cyanobacteriophyta* з родів *Aphanizomenon* і *Oscillatoria*. Показники біомаси складали 2,10–3,10 мг/10 см². Домінування *Cyanobacteriophyta* зумовило також досить низькі значення індексу Шеннона 1,01–2,96 біт/мг. Результати подальших досліджень (Medved', Kharchenko, 2022) в основному узгоджувались із наведеними вище.

Мікрофітобентос. Дослідження мікрофітобентосу, розпочаті в 2011 р. (Davydov, Larionova, 2012), показали що за чисельністю, біомасою та домінуючим комплексом мікрофітобентосу трофічний статус озера відповідає категорії «гранично низька, ранговий показник 1». Було проаналізовано сезонну динаміку кількісних показників *Bacillariophyta* (бентонтів та алохтонів) та оцінено вплив антропогенного навантаження на розвиток мікрофітобентосу (Davydov, Larionova, 2012, 2013).

У 2018–2019 рр. було досліджено мікрофітобентос як індикатор зміни гідроморфометричних параметрів оз. Йорданське. Встановлено, що зміна гідроморфометричних параметрів озера призвела до зростання ступеня антропогенного навантаження і, як наслідок, зменшення частки індикаторної еколого-морфологічної групи бентосних ниткуватих синьозелених водоростей у видовому багатстві, чисельності та біомасі бентонтів, що свідчить про погіршення умов існування резидентної альгофлори на дні (Davydov, Larionova, 2019).

З узагальнених опублікованих даних видно, що фітопланктон і мікрофітобентос є важливими біотичними компонентами досліджуваних озерних екосистем. Водночас відсутність комплексних паралельних досліджень не дозволяє провести порівняння фітопланктону та мікрофітобентосу для оцінки їхньої ролі у таксономічному й кількісному різноманітті автотрофної ланки та проаналізувати наявність чи відсутність взаємозв'язків між планктонними та контурними альгоугрупованнями.

Характеристика фітопланктону та мікрофітобентосу в сучасний період

Таксономічне різноманіття. У фітопланктоні оз. Вербне упродовж літньо-осіннього періоду було ідентифіковано 68 ввт, які відносилися до семи відділів (рис. 1). Основу таксономічного різноманіття формували *Chlorophyta–Bacillariophyta–Cyanobacteriophyta* — 36(53), 11(16) і 9 ввт (13%) відповідно. При зростанні загальної кількості ввт від літа до осені спостерігалися суттєві відмінності в сезонній динаміці окремих відділів.

Так, частка *Chlorophyta* від літа до осені знижувалася від 75 до 49%, у той час як частки *Bacillariophyta* та *Cyanobacteriophyta*, навпаки, зростали від 4 до 18% та від 7 до 15% відповідно. Аналогічні закономірності характерні для таксономічного багатства та структурної організації фітопланктону оз. Йорданське (див. рис. 1).

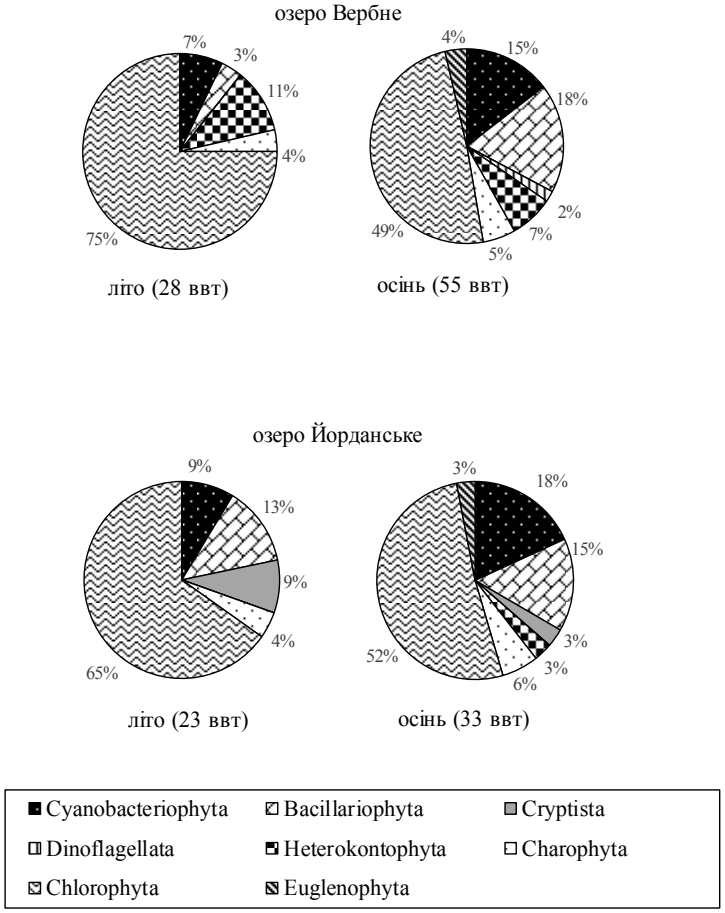


Рис. 1. Таксономічне різноманіття фітопланктону озер Вербне та Йорданське

У цілому таксономічний склад і структура фітопланктону оз. Йорданське характеризується аналогічними закономірностями (див. рис. 1). Але його різноманіття упродовж періоду дослідження показало дещо меншу величину, ніж в оз. Вербне — 50 ввт, що зумовлено меншою кількістю представлених *Chlorophyta* і *Bacillariophyta*, при практично однаковій кількості видів *Cyanobacteriophyta*.

Отже, фітопланктон досліджених озер упродовж літньо-осіннього періоду характеризувався високим таксономічним різноманіттям, полідомі-

нантним комплексом *Chlorophyta–Bacillariophyta–Cyanobacteriophyta* з вираженою сезонною динамікою.

Встановлений феномен зростання таксономічного різноманіття фітопланктону від літа до осені, на наш погляд, зумовлений наступним:

- літні температури значно перевищували температурний оптимум *Bacillariophyta* їхній (Semeniuk, Shcherbak, 2016; Shcherbak, 2019; Shcherbak et al., 2022);
- осінні температури озерних вод не були критичними для таких представників *Cyanobacteriophyta*, як *Oscillatoria*, і особливо *Aphanizomenon*, для видів якого притаманне навіть «зимове цвітіння», встановлене на одній із озерних екосистем заплави Канівського вдсх (Shcherbak et al., 2019).

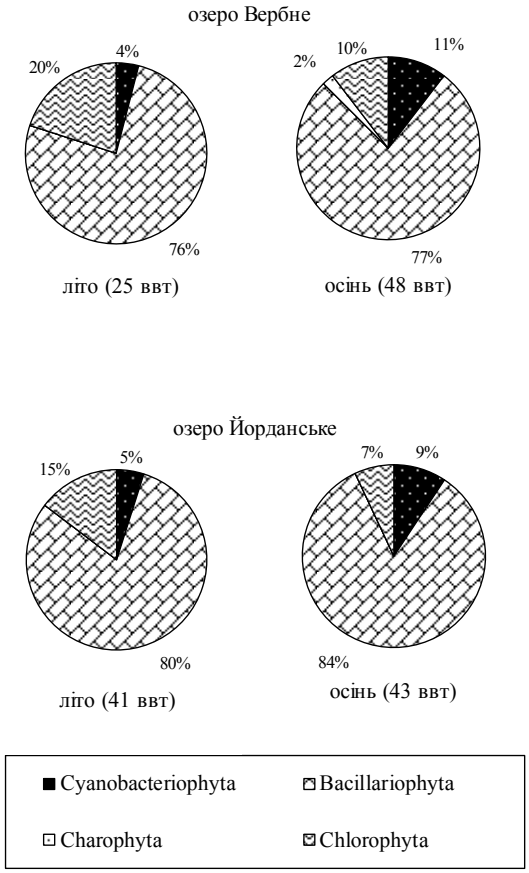


Рис. 2. Таксономічне різноманіття мікрофітобентосу озер Вербне та Йорданське

В оз. Вербне *мікрофітобентос* був представлений 58 ввт, які відносилися до чотирьох відділів з олігодомінантним комплексом *Bacillariophyta–Chlorophyta* — 44(76) і 31 ввт (31%) відповідно. У сезонній

динаміці простежується зростання видового багатства *Bacillariophyta* від літа до осені (від 19 до 37 ввт), і *Cyanobacteriophyta* (від 1 до 5 ввт) (рис. 2).

Видове багатство мікрофітобентосу оз. Йорданського було дещо вищим, ніж оз. Вербне, — 63 ввт, які відносилися до трьох відділів з монодомінуванням *Bacillariophyta* — 50 ввт (79% від загальної кількості). В озерах Йорданське та Вербне кількість внутрішньовидових таксонів зростала від літа до осені (рис. 2).

У цілому отримані закономірності для мікрофітобентосу озер Вербне та Йорданське узгоджуються з результатами, отриманими авторами для Київського і Канівського водосховищ (Shcherbak et al., 2023; Davydov et al., 2025) та для великої транскордонної р. Західний Буг з допливами (Shcherbak et al., 2025).

Таблиця 4. **Чисельність і структурна організація фітопланктону озер Вербне та Йорданське**

Відділ	Фітопланктон, тис. кл/дм^3				Мікрофітобентос, тис. кл/10 см^2			
	оз. Вербне		оз. Йорданське		оз. Вербне		оз. Йорданське	
	Літо	Осінь	Літо	Осінь	Літо	Осінь	Літо	Осінь
Cyanobacteriophyta	3217 22	100128 83	2640 2	355278 99	133 6	6931 67	153 10	3332 60
Bacillariophyta	124 1	8962 7	336 *	1088 *	1726 80	2732 26	633 40	1616 29
Cryptista	–	–	60 *	544 *	–	–	–	–
Dinoflagellata	–	6 *	–	–	–	–	–	–
Heterokontophyta	651 5	490 *	–	32 *	–	–	–	–
Charophyta	31 *	226 *	30 *	18 *	–	8 *	–	–
Chlorophyta	10321 72	9726 8	131604 98	1662 *	310 14	700 7	806 51	600 11
Euglenophyta	–	704 1	–	32 *	–	–	–	–

Примітка. Над рискою — чисельність даного відділу фітопланктону чи мікрофітобентосу, під рискою — % даного відділу від загальної чисельності фітопланктону чи мікрофітобентосу; * — чисельність даного відділу менше 1% від загальної.

Кількісні показники. Упродовж літньо-осіннього сезону фітопланктон оз. Вербне характеризувався високими показниками чисельності (14344–120242 тис. кл/дм^3) і біомаси (2,756–12,703 мг/дм^3). Основну частку чисельності та біомаси формував олігодомінантний комплекс *Cyanobacteriophyta–Chlorophyta*, але співвідношення між цими відділами

суттєво змінювалося залежно від сезону. Так, влітку провідна роль у формуванні чисельності та біомаси належала *Chlorophyta*, а восени — *Cyanobacteriophyta* (табл. 4, 5).

Кількісні показники фітопланктону оз. Йорданське були значно вищими порівняно з оз. Вербне як за чисельністю (134670–358654 тис. кл/дм^3), так і біомасою (12,634–15,757 мг/дм^3) (див. табл. 4, 5).

Таблиця 5. **Біомаса та структурна організація фітопланктону та мікрофітобентосу озер Вербне та Йорданське**

Відділ	Фітопланктон, мг/дм^3				Мікрофітобентос, мг/10 см^2			
	оз. Вербне		оз. Йорданське		оз. Вербне		оз. Йорданське	
	Літо	Осінь	Літо	Осінь	Літо	Осінь	Літо	Осінь
Cyanobacteriophyta	0,013 *	1,950 15	0,011 *	12,010 76	–	0,238 5	0,003 *	0,108 6
Bacillariophyta	0,126 5	5,386 42	0,240 2	0,768 5	0,566 86	4,088 90	0,760 78	1,684 90
Cryptista	–	–	0,021 *	0,057 *	–	–	–	–
Dinoflagellata	–	0,022 *	–	–	–	–	–	–
Heterokontophyta	0,065 2	0,048 *	–	0,017 *	–	–	–	–
Charophyta	0,078 3	0,178 1	0,029 *	0,026 *	–	0,067 1	–	–
Chlorophyta	2,475 90	3,236 25	12,333 98	2,746 17	0,091 14	0,151 3	0,213 22	0,081 4
Euglenophyta	–	1,883 15	–	0,134 1	–	–	–	–

Примітка. Над рискою — біомаса даного відділу фітопланктону чи мікрофітобентосу, під рискою — % даного відділу від загальної біомаси фітопланктону чи мікрофітобентосу; * — біомаса даного відділу менше 1% від загальної.

Спільними закономірностями для обох озер було зростання чисельності та біомаси від літа до осені, а також домінування за чисельністю та біомасою *Cyanobacteriophyta* та *Chlorophyta*, представлених переважно дрібноклітинними формами (див. табл. 4, 5).

Відмічено високі показники біомаси *Cyanobacteriophyta* в осінній сезон в озерах Вербне (1,950 мг/дм^3) та Йорданське, (12,010 мг/дм^3), які

відповідають рівням «цвітіння» води, що спостерігається у водосховищах Дніпровського каскаду (Shcherbak et al., 2022, 2026).

Отже, фітопланктон досліджуваних озер характеризувався домінуванням комплексу *Cyanobacteriophyta–Chlorophyta*, зі зростанням кількісних показників від літа до осені. Аналогічні зміни відбувались у його структурній організації. За величинами чисельності та біомаси, часткою *Cyanobacteriophyta* у фітопланктоні екосистему оз. Вербне можна охарактеризувати як евтрофно-гіпертрофну, а оз. Йорданське — гіпертрофно-політрофну.

Величини чисельності мікрофітобентосу оз. Вербне коливалися в межах 2169–10371 тис. кл/10 $см^2$ та біомаси 0,657–4,544 мг/10 $см^2$. У літній період основні кількісні показники розвитку мікрофітобентосу формувались олігодомінантним комплексом *Bacillariophyta–Chlorophyta*, а восени — *Cyanobacteriophyta–Chlorophyta* (див. табл. 4).

Для оз. Йорданське чисельність мікрофітобентосу зростала від 1593 тис. кл/10 $см^2$ влітку до 5548 тис. кл/10 $см^2$ восени, а біомаса від 0,976 до 1,873 мг/10 $см^2$ відповідно. Структура та сезонна динаміка домінуючого комплексу були подібними до відповідних показників оз. Вербне.

За величинами чисельності, біомаси мікрофітобентосу та часткою *Cyanobacteriophyta* трофічний статус озер Вербне та Йорданське можна охарактеризувати як слабоевтрофний–евтрофний.

В цілому літоральній зоні досліджених озер притаманний досить потужний біопродукційний потенціал як у товщі води, так і на дні, який суттєво впливає на біопродуктивність всієї озерної екосистеми.

Домінуючий комплекс. Важливою складовою різноманіття альгоугруповань є домінуючий комплекс, який в основному й визначає структурно-функціональні характеристики автотрофної ланки екосистеми. Існують різні методичні підходи до виділення домінуючих комплексів, але доведено, що найбільш інформативним є їхнє виділення за чисельністю ($Д_N$) та біомасою ($Д_B$) (Shcherbak et al., 2024b).

Відмінності у видовому складі та структурній організації домінуючого комплексу за чисельністю та біомасою є основою адаптаційного потенціалу, який дозволяє водоростевим угрупованням функціонувати в умовах значного антропогенного тиску на водні екосистеми (Romanenko et al., 2019).

Домінуючий комплекс фітопланктону та мікрофітобентосу озер Вербне та Йорданське, виділений за чисельністю, налічував 17 ввт (табл. 6), а за біомасою — 29 (табл. 7). Порівняння видового складу домінуючих комплексів за чисельністю та біомасою за коефіцієнтом Соренсена ($К_S$) (Sørensen, 1948) показало, що для фітопланктону величина коефіцієнту подібності складала 0,44, для мікрофітобентосу — 0,33, тоді як

при порівнянні загальних списків величина K_S дорівнювала 0,40. Отже, об'єктивна, різнобічна й репрезентативна характеристика фітопланктону та мікрофітобентосу неможлива без аналізу складу домінуючого комплексу як за чисельністю, так і за біомасою.

Таблиця 6. **Склад і структура домінуючого комплексу за чисельністю фітопланктону та мікрофітобентосу озер Вербне та Йорданське**

Вид-домінант	Фітопланктон, тис. кл/дм^3				Мікрофітобентос, тис. кл/10 см^2			
	оз. Вербне		оз. Йорданське		оз. Вербне		оз. Йорданське	
	Літо	Осінь	Літо	Осінь	Літо	Осінь	Літо	Осінь
Aphanizomenon gracile Lemmermann	–	9064 8	–	149920 42	–	–	–	–
Microcystis pulverea (H.C.Wood) Forti	2976 21	17248 14	*	–	133 6	–	–	–
Planktothrix agardhii (Gomont) Anagnostidis & Komárek	–	11594 10	–	*	–	4082 39	–	1666 30
Anagnostidinema amphibium (C.Agardh ex Gomont) Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen & J.Komárek	–	8514 7	–	17440 5	–	*	–	500 9
Limnothrix planctonica (Wołoszyńska) Meffert	–	26224 22	–	71840 20	–	500 5	100 6	666 12
Limnothrix redekei (Goor) Meffert	–	15516 13	–	86531 24	–	*	–	500 9
Oscillatoria ucrainica Vladimirova	–	11616 10	–	18027 5	–	–	–	–
Nodosilinea foveolarum (Gomont) Drímalová & Hasler	–	–	–	–	–	1833 18	–	–

Encyonopsis microcephala (Grunow) Krammer	–	–	–	–	–	–	–	541 10
Staurosira binodis (Ehrenberg) Lange-Bertalot	–	–	–	–	1333 61	*	–	–
Staurosira venter (Ehrenberg) Grunow	–	–	–	–	167 8	*	–	–
Coelastrum astroideum De Notaris	3565 25	*	*	–	*	*	367 23	–
Coelastrum microporum Nägeli	3224 22	*	122100 91	–	–	–	–	–
Desmodesmus communis (E.Hegewald) E.Hegewald	–	–	*	*	*	*	213 13	*
Mucidosphaerium pulchellum (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz	–	–	–	*	–	*	–	533 10
Oocystis lacustris Chodat	1023 7	–	*	–	–	–	–	–
Pseudopediastrum boryanum (Turpin) E.Hegewald	*	–	*	–	213 10	–	107 7	–

Примітка. Над рискою — чисельність виду-домінанта фітопланктону чи мікрофітобентосу, під рискою — % даного виду від загальної чисельності фітопланктону чи мікрофітобентосу; * — вид виявлений, але до складу домінуючого комплексу не входив; «–» — вид не виявлений.

Застосований методичний підхід дозволяє більш повноцінно характеризувати домінуючий комплекс, оскільки за чисельністю домінують переважно дрібноклітинні форми з *Cyanobacteriophyta*, *Chlorophyta* та *Ochrophyta*, а за біомасою — менш численні крупноклітинні форми з *Bacillariophyta*, *Euglenophyta*, *Dinoflagellata* та *Charophyta*.

Таблиця 7. **Склад і структура домінуючого комплексу за біомасою фітопланктону та мікрофітобентосу озер Вербне та Йорданське**

Вид-домінант	Фітопланктон, мг/дм^3				Мікрофітобентос, мг/10 см^2			
	оз. Вербне		оз. Йорданське		оз. Вербне		оз. Йорданське	
	Літо	Осінь	Літо	Осінь	Літо	Осінь	Літо	Осінь
Aphanizomenon gracile Lemmermann	–	*	–	7,496 / 48	–	–	–	–
Limnothrix redekei (Goor) Meffert	–	*	–	2,942 / 19	–	*	–	*
Trachelomonas intermedia P.A.Dangeard	–	1,106 / 9	–	*	–	–	–	–
Trachelomonas volvocina (Ehrenberg) Ehrenberg	–	0,777 / 6	–	–	–	–	–	–
Cyclotella sp.	–	1,487 / 12	–	*	–	–	–	–
Amphora libyca Ehrenberg	–	–	–	–	*	*	*	0,167 / 9
Amphora ovalis (Kützing) Kützing	–	–	–	–	*	*	0,067 / 7	*
Aneumastus tusculus (Ehrenberg) D.G.Mann & Stickle	–	*	–	–	–	0,251 / 6	–	*
Cocconeis pediculus Ehrenberg	–	–	–	–	–	*	0,070 / 7	*
Surirella librile (Ehrenberg) Ehrenberg	–	–	–	–	–	–	–	0,283 / 15
Cymbella cymbiformis C.Agardh	–	*	–	–	–	0,406 / 9	–	*
Cymbella lanceolata C.Agardh	–	–	–	–	–	0,583 / 13	–	–

Encyonopsis microcephala (Grunow) Krammer	–	–	–	–	–	–	–	0,135 7
Encyonema elginense (Krammer) D.G.Mann	–	–	–	–	*	*	0,064 7	*
Melosira varians C.Agardh	–	–	–	–	0,035 5	*	0,127 13	–
Navicula cryptocephala Kützing	–	*	–	*	–	*	*	0,137 7
Navicula radiosa Kützing	–	*	–	–	–	0,630 14	–	–
Navicula reinhardtii (Grunow) Grunow	–	–	–	–	–	–	0,167 17	0,417 22
Nitzschia vitrea G.Norman	–	–	–	–	–	0,933 21	–	–
Staurosira binodis (Ehrenberg) Lange-Bertalot	–	–	–	–	0,333 51	*	–	–
Staurosira venter (Ehrenberg) Grunow	–	–	–	–	0,042 6	*	–	–
Stephanodiscus hantzschii Grunow	–	3,456 27	–	*	*	–	*	*
Microglena monadina Ehrenberg	0,254 9	1,800 14	–	2,356 15	–	–	–	–
Coelastrum astroideum De Notaris	0,952 35	*	*	–	*	*	0,073 8	–
Coelastrum microporum Nägeli	0,242 9	*	9,158 72	–	–	–	–	–
Desmodesmus armatus var. *bicaudatus* (Guglielmetti) E.H.Hegewald	*	–	0,696 6	–	–	–	–	–

Desmodesmus communis (E.Hegewald) E.Hegewald	–	–	*	*	*	*	0,082 8	*
Neglectella solitaria (Wittrock) Stenclová & Kaštovský	0,409 15	*	*	*	–	–	–	–
Pseudopediastrum boryanum (Turpin) E.Hegewald	0,146 5	–	*	–	0,064 10	–	*	–

Примітка. Над рискою — біомаса виду-домінанта фітопланктону чи мікрофітобентосу, під рискою — % даного виду від загальної біомаси фітопланктону (мікрофітобентосу); * — вид виявлений, але до складу домінуючого комплексу не входив; «–» — вид не виявлений.

Так, у домінуючому комплексі досліджуваних альгоугруповань за чисельністю частка дрібноклітинних *Cyanobacteriophyta–Chlorophyta* є значно вищою, ніж *Bacillariophyta*, тоді як за біомасою на *Bacillariophyta* припадає більша частка домінування, ніж на дрібноклітинні форми (див. табл. 6, 7).

Ще однією характеристикою, яка визначає адаптаційний потенціал альгоугруповання до впливу на нього негативних чинників різної природи, є співвідношення: вид-домінант ↔ вид-субдомінант. Так, для фітопланктону оз. Вербне співвідношення домінант–субдомінант становить 8:3, а для мікрофітобентосу — 7:4, для оз. Йорданське — 6:6 і 7:10 відповідно. Конкретний вид, який входить до складу домінуючого комплексу досліджуваного альгоугруповання, може бути в різні сезони (літо/осінь) як домінантом, так і субдомінантом (див. табл. 6, 7).

Отже, наведена характеристика домінуючих комплексів фітопланктону та мікрофітобентосу, виділених за чисельністю й біомасою, вказує на значний адаптаційний потенціал автотрофної ланки біоти, що суттєво впливає на життєдіяльність екосистем озер Вербне та Йорданське в умовах існуючого антропогенного тиску урбанізованих територій м. Києва.

До складу домінуючого комплексу фітопланктону озер входили представники *Cyanobacteriophyta*, які викликають «цвітіння» води: *Aphanizomenon gracile*, *Microcystis pulverea*, *Planktothrix agardhii*, *Limnothrix redekei* тощо. Деякі з них, зокрема *P. agardhii* та *L. redekei*, також були відмічені в складі домінуючого комплексу мікрофітобентосу,

що вочевидь було пов’язано з явищем «мас ефекту» — осідання планктонних форм із товщі води на дно під час «цвітіння» води (Shcherbak et al., 2024a; Semeniuk et al., 2024).

Порівняльна характеристика альгоугруповань озер Вербне та Йорданське

Порівняльний аналіз альгоугруповань проводили в різні сезони за таксономічною структурою та кількісним розвитком.

На основі матриці коефіцієнтів Серенсена (табл. 8) було побудовано дендрограму (рис. 3), яка показує, що незалежно від вегетаційного сезону в кожній озерній екосистемі виділяються два кластери — фітопланктон і мікрофітобентос (K_S = 0,50 та K_S = 0,63 відповідно). Водночас подібність видового складу між фітопланктоном і мікрофітобентосом є низькою не тільки в межах кожного з озер (K_S = 0,25–0,26), але й при порівнянні двох озер (K_S = 0,21–0,24). Це є проявом явища «сортування видів», коли види займають найбільш сприятливі для них біотопи: планктонні форми — товщу води, бентосні форми — поверхню донних відкладів (Semeniuk et al., 2024).

Таблиця 8. **Матриця подібності видового складу за коефіцієнтом Серенсена для фітопланктону (ФПл) та мікрофітобентосу (МФБ) озер Вербне та Йорданське (узагальнені дані)**

	ФПл оз. Йорданське	ФПл оз. Вербне	МФБ оз. Йорданське	МФБ оз. Вербне
ФПл оз. Йорданське	1	0,58	0,25	0,26
ФПл оз. Вербне	–	1	0,21	0,24
МФБ оз. Йорданське	–	–	1	0,63
МФБ оз. Вербне	–	–	–	1

Аналогічний кластерний аналіз альгоугруповань у сезонному аспекті також показав наявність двох кластерів, кожен з яких об’єднує окремо літній та осінній фітопланктон і мікрофітобентос (табл. 9, 10, рис. 4, 5). Цікаво, що сезонність є більш вагомим чинником, ніж гідроморфологічні та гідрохімічні характеристики озер Вербне та Йорданське. Хоча для детального пояснення отриманих результатів необхідні подальші більш поглиблені альгологічні та гідробіологічні дослідження.

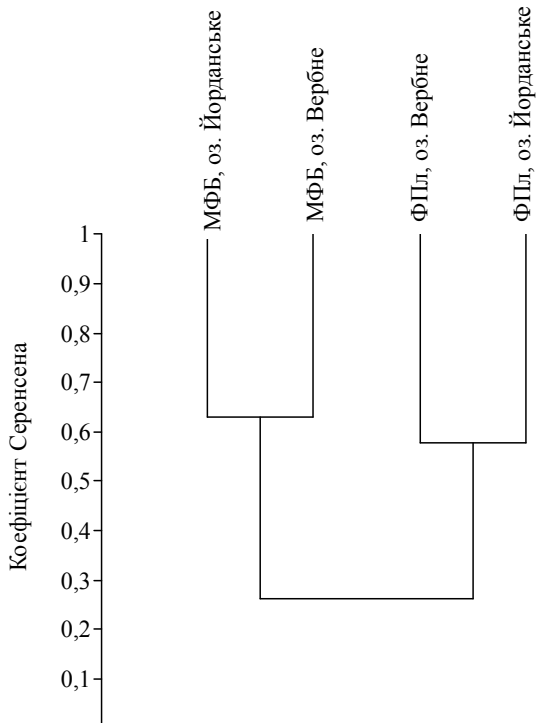


Рис. 3. Дендрограма подібності видового складу фітопланктону та мікрофітобентосу озер Вербне та Йорданське (узагальнені дані) за коефіцієнтом Серенсена

Таблиця 9. **Матриця подібності видового складу за коефіцієнтом Серенсена для фітопланктону озер Вербне та Йорданське в різні сезон**

	ФПл оз. Йорданське, літо	ФПл оз. Йорданське, осінь	ФПл оз. Вербне, літо	ФПл оз. Вербне, осінь
ФПл оз. Йорданське, літо	1	0,21	0,59	0,21
ФПл оз. Йорданське, осінь	–	1	0,16	0,48
ФПл оз. Вербне, літо	–	–	1	0,36
ФПл оз. Вербне, осінь	–	–	–	1

Вважаємо, що основним чинником, який визначає просторову градацію між планктонними та донними альгоугрупованнями, а також встановлені сезонні особливості, є певна стабільність гідрологічного режиму озер, ідентичні кліматичні умови, відсутність виражених точкових джерел надходження теплих вод тощо.

Водночас між фітопланктоном і мікрофітобентосом в обох озерних екосистемах відбувається обмін видами (Yuryshynets et al., 2024), на що вказує, зокрема, наявність спільних видів-домінантів для альгоугруповань товщі води і дна (див. табл. 6, 7).

Таблиця 10. **Матриця подібності видового складу за коефіцієнтом Серенсена для мікрофітобентосу озер Вербне та Йорданське в різні сезони**

	МФБ оз. Йорданське, літо	МФБ оз. Йорданське, осінь	МФБ оз. Вербне, літо	МФБ оз. Вербне, осінь
МФБ оз. Йорданське, літо	1	0,50	0,55	0,52
МФБ оз. Йорданське, осінь	–	1	0,26	0,53
МФБ оз. Вербне, літо	–	–	1	0,41
МФБ оз. Вербне, осінь	–	–	–	1

Більш інтенсивний кількісний розвиток фітопланктону та мікрофітобентосу був притаманний оз. Йорданському. Відповідно й трофічний статус озера, який визначається за чисельністю, біомасою та часткою *Cyanobacteriophyta*, був значно вищим, ніж для оз. Вербне (див. табл. 4, 5).

Вважаємо, що за близького географічного розташування озер, подібних кліматичних умов, сонячного та температурного режимів тощо основним чинником, що визначає відмінності між озерами, є надходження фітостоку в оз. Йорданське з вище розташованих озер системи Опечень (Lynnyk et al., 2023), що збагачує локальні планктонні та донні альгоугруповання. Вочевидь інтенсивність цього процесу залежить від гідрологічних, сезонних і кліматичних чинників та потребує в подальшому спеціальних альгологічних і гідрологічних досліджень.

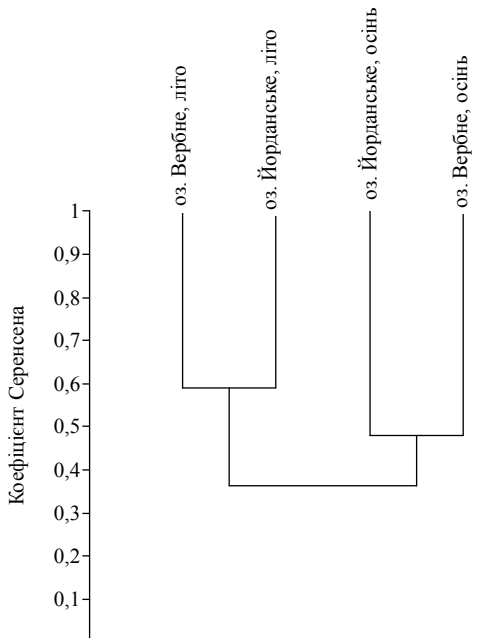


Рис. 4. Дендрограма подібності видового складу фітопланктону озер Вербне та Йорданське в різні сезони за коефіцієнтом Серенсена

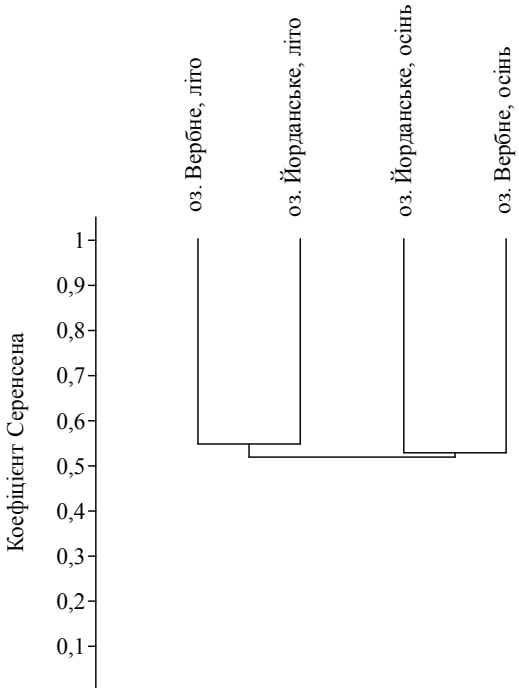


Рис. 5. Дендрограма подібності видового складу мікрофітобентосу озер Вербне і Йорданське в різні сезони за коефіцієнтом Серенсена

Заключення

Узагальнюючий аналіз абіотичних складових озер Вербне та Йорданське показав, що вони знаходяться в правобережній заплаві Канівського вдсх, їм притаманні близькі географічні координати і, відповідно, кліматичний, температурний та сонячний режими майже не відрізняються.

За гідроморфологічними показниками оз. Вербне — це безстічна заплавна водойма, гідрологічний режим якої залежить від атмосферних опадів, поверхневого стоку та динаміки підземних вод, на рівень яких впливає рівень Канівського вдсх: максимальний — у період повені, мінімальний — в осінньо-зимовий період. Озеро Йорданське — це найнижча водойма в каскаді озер системи Опечень, колишньої стариці р. Почайна. Поряд із чинниками, що визначають гідрологічний режим оз. Вербне, в оз. Йорданське через два дюкера надходить водний стік п'яти розташованих вище водойм системи Опечень. Через таку саме систему озеро з'єднано із затокою Вовкувата, яка є елементом придаткової мережі Канівського вдсх. Також певну роль відіграє стік струмка Сирець. Більш різноманітні гідрологічні характеристики оз. Йорданське, а особливо надходження стоку з розташованих вище озер системи Опечень, зумовлюють вищу мінералізацію води та вищий вміст біогенних елементів, а відповідно, і його вищу трофність, ніж в оз. Вербне. Загалом за абіотичними складовими в досліджених озерних екосистемах формуються сприятливі умови для вегетації фітопланктону та мікрофітобентосу в літоральній зоні.

Основу таксономічного різноманіття фітопланктону та мікрофітобентосу досліджених озер формував комплекс *Chlorophyta–Bacillariophyta–Cyanobacteriophyta*. Роль двох останніх суттєво зростала від літа до осені, оскільки в літній сезон температура води перевищувала середньобагаторічні показники, що негативно вплинуло на функціонування як планктонних, так і донних *Bacillariophyta*. Водночас температура води восени в межах 12–13 ºС є позитивним чинником не тільки для *Bacillariophyta*, а й для *Cyanobacteriophyta*, особливо для представників родів *Aphanizomenon* і *Oscillatoria*, здатних вегетувати в широких температурних інтервалах. Встановлено, що від літа до осені таксономічне різноманіття фітопланктону в оз. Вербне зростало від 28 до 55 ввт, в оз. Йорданське — від 23 до 33 ввт. Загалом у літньо-осінньому фітопланктоні озер Вербне та Йорданське ідентифіковано 68 і 50 ввт, у мікрофітобентосі — 58 і 63 ввт відповідно.

Загальний список водоростей планктону та бентосу для оз. Вербне налічував 111 ввт, для оз. Йорданське — 99 ввт. У цілому за період

досліджень у фітопланктоні та мікрофітобентосі досліджених озер було ідентифіковано 147 ввт з восьми відділів.

Загальною закономірністю для цих озер було те, що показники чисельності та біомаси альгоугруповань зростали від літа до осені.

Домінуючий комплекс фітопланктону та мікрофітобентосу, виділений за чисельністю, нараховував 17 видів, за біомасою — 29, коефіцієнт видової подібності Серенсена між ними становив 0,40.

Вважаємо, що значні відмінності у видовому складі й структурній організації водоростей домінуючих комплексів за чисельністю та біомасою є ознакою високого адаптаційного потенціалу фітопланктону й мікрофітобентосу до вегетації за значного антропогенного тиску на озерні екосистеми в умовах міської агломерації. Оцінка трофності озер за фітопланктоном і мікрофітобентосом показала, що оз. Вербне характеризується як евтрофне, оз. Йорданське — як евтрофно-політрофне.

Дендрограми видової подібності за коефіцієнтом Серенсена демонструють наявність двох окремих кластерів, що об’єднують озерний фітопланктон і мікрофітобентос. Встановлена закономірність характерна як для літа, так і для осені.

Таким чином, незважаючи на близьке географічне розташування, досліджувані озерні екосистеми суттєво відрізняються за таксономічним складом, структурною організацією, кількісним розвитком, домінуючим комплексом фітопланктону і мікрофітобентосу, структурною організацією та трофічним статусом.

Дослідження озер з різними гідроморфологічними характеристиками, походженням, гідрологічним і гідрохімічним режимами показало, що кожне з них характеризується своєрідними альгоугрупованнями, що є надзвичайно важливим для збереження біологічного та ландшафтного різноманіття м. Києва.

ДОТРИМАННЯ ЕТИЧНИХ НОРМ

Автори повідомляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

ORCID

В.І. Щербак: https://orcid.org/0000-0002-1237-6465

Н.Є. Семенюк: https://orcid.org/0000-0003-4447-3507

О.А. Давидов: https://orcid.org/0009-0004-2381-723X

Е.Ш. Козійчук: https://orcid.org/0009-0002-5762-938X

Список літератури

Arrangement of water-protection areas of urban waterbodies on the grounds of ecological assessment of water quality. 2016. Ed. I.V. Panasiuk. Kyiv. 94 p. [*Упорядкування водоохоронних зон міських водойм на основі екологічної оцінки якості вод*. 2016. Під заг. редакцією І.В. Панасюка. Київ. 94 с.]

Climate of Kyiv. 2010. Ed. V.I. Osadchyi, V.M. Kosovets, V.M. Babichenko. Kyiv: Ukrainian Research Hydrometeorological Institute, Central Geophysical Observatory. 320 p. [*Клімат Києва.* 2010. За ред. В.І. Осадчого, В.М. Косовця, В.М. Бабіченко. Київ: Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, Центральна гідрофізична обсерваторія. 320 с.]

Davydov O.A. 2019. Ecological and morphological structure of microphytobenthos in Verbne Lake (Ukraine). In: *Advances in Modern Phycology*: *Book of Abstracts of the VI International Conference* (Kyiv, 15–17 May, 2019). Kyiv. Pp. 28–29.

Davydov O.A., Hrygor'yeva G.Ye. 2024. Quantitative indices of autumn microphytobenthos development in Verbne Lake (Ukraine). In: *State and diversity of ecosystems of Shatsk National Natural Park and other nature protection areas: Proceedings of the 20th All-Ukrainian scientific conference* (Lviv – Shatsk – Vorokhta, 5–8 Sept., 2024). Lviv: SPOLOM. Pp. 52–54. [Давидов О.А., Григор'єва Г.Є. 2024. Кількісні показники розвитку осіннього мікрофітобентосу озера Вербне (Україна). У кн..: *Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій: Матеріали XX Всеукраїнської наукової конференції* (Львів – Шацьк – Ворохта, 5–8 вер. 2024 р.). Львів: СПОЛОМ. С. 52–54.]

Davydov O.A., Larionova D.P. 2012. Assessment of trophic status of the water bodies of lentic type of the urbanized territories by degree of microphytobenthos development. *The Scientific Issue of Ternopil National Pedagogical University.* Ser.: Biology. 4(53): 42–45. [Давидов О.А., Ларіонова Д.П. 2012. Оцінка трофічного статусу водних об'єктів лентичного типу урбанізованих територій за рівнем розвитку мікрофітобентосу. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету.* Сер.: Біологія. 4(53): 42–45.]

Davydov O.A., Larionova D.P. 2013. Impact of anthropogenic pressure upon microphytobenthos development in urban waterbodies. In: *Integrated management of water resources.* Kyiv: DIA. Pp. 100–104. [Давидов О.А., Ларіонова Д.П. 2013. Вплив антропогенного навантаження на розвиток мікрофітобентосу водойм урбанізованих територій. У кн.: *Інтегроване управління водними ресурсами*. Київ: ДІА. С. 100–104.]

Davydov O.A., Larionova D.P. 2015. Microphytobenthos of an urban waterbody with high recreational pressure. In: *State and biodiversity of Shatsk National Natural Park ecosystems: Proceedings of the Scientific conference* (10–13 Sept., 2015). Lviv: SPOLOM. P. 23. [Давидов О.А., Ларіонова Д.П. 2015. Мікрофітобентос водойми мегаполісу з високим рекреаційним навантаженням. У кн.:*Стан і біорізноманіття екосистем Шацького*

національного природного парку: Матеріали наукової конференції (10–13 вересня 2015 р.). Львів: СПОЛОМ. С. 23.]

Davydov O.A., Larionova D.P. 2019. Microphytobenthos as biological indicator of changes in hydromorphometric parameters of water bodies of Kyiv. *The Scientific Issue of Ternopil National Pedagogical University.* Ser.: Biology. 78 (4): 30–35. [Давидов О.А., Ларіонова Д.П. 2019. Мікрофітобентос як біоіндикатор зміни гідроморфометричних параметрів водного об'єкту міста Києва. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету.* Сер.: Біологія. 4(78): 30–35.] https://doi.org/10.25128/2078-2357.19.4.5

Davydov O.A., Koziychuk E.Sh., Hrygor'yeva G.Ye., Zhorova A.V. 2024. Dominant complexes of microphytobenthos and phytoepiphyton in the bays of the Kaniv Reservoir's upper section. In: *Science and society: modern trends in a changing world: Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference*. Vienna, Austria: MDPC Publishing. Pp. 61–64. [Давидов О.А., Козійчук Е.Ш., Григор'єва Г.Є., Жорова А.В. 2024. Домінуючі комплекси мікрофітобентосу та фітоепіфітону заток Верхньої ділянки Канівського водосховища. In: *Science and society: modern trends in a changing world: Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference*. Vienna, Austria: MDPC Publishing. Pp. 61–64.]

Davydov O.A., Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Koziychuk E.Sh. 2025. Structure of microphytobenthos in the pelagic and littoral areas of Kyiv Reservoir. *Algologia.* 35(3): 173–179. [Давидов О.А., Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Козійчук Е.Ш. Структура мікрофітобентосу пелагіалі та літоралі Київського водосховища. *Альгологія.* 35(3): 173–179.] https://doi.org/10.15407/alg35.03.173

Guiry M.D., Guiry G.M. 2026. *AlgaeBase.* World-wide electron. Publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. Available from: https://www.algaebase.org

Hilt S. 2015. Regime shifts between macrophytes and phytoplankton – concepts beyond shallow lakes, unravelling stabilizing mechanisms and practical consequences. *Limnetica.* 34(2): 467–480. https://doi.org/10.23818/LIMN.34.35

Hrygor'yeva G.Ye. 2025. Characterization of the autumn microphytobenthos and phytoepiphyton of the littoral of Lake Verbne (Kyiv, Ukraine). *Algologia*. 35(1): 58–72. [Григор'єва Г.Є. 2025. Характеристика осіннього мікрофітобентосу та фітоепіфітону літоралі оз. Вербне (м. Київ, Україна). *Альгологія*. 35(1): 58–72.] https://doi.org/10.15407/alg35.01.058

Larionova D.P., Davydov O.A. 2018. Autochthonous components of Lake Verbne. In: *Biological research – 2018. Collect. Sci. Papers.* Zhytomyr: Ruta. Pp. 181–182. [Ларіонова Д.П., Давидов О.А. 2018. Автохтонні компоненти озера Вербне. У кн.: *Біологічні дослідження – 2018. Збірник наукових праць.* Житомир: Рута. С. 181–182.]

Larose D.T., Larose C.D. 2015. Hierarchical and *k*-mean clustering. In: *Data mining and predictive analytics.* John Wiley & Sons, Inc. Pp. 523–530.

Lynnyk P.M., Zhezheria V.A., Zhezheria T.P., Osypenko V.P., Batog S.V., Kipnis L.S., Starosila E.V., Goncharova M.T., Konovets I.M., Gorbatyuk L.O., Pasichna O.O. Zadorozhna G.M., Klochenko P.D., Shevchenko T.F. 2023. *State of urban waterbodies, lakes of Opechen system*. Kyiv. 172 p. [Линник П.М., Жежеря В.А., Жежеря Т.П., Осипенко В.П.,

Батог С.В., Кіпніс Л.С., Старосила Є.В., Гончарова М.Т., Коновець І.М., Горбатюк Л.О., Пасічна О.О., Задорожна Г.М., Клоченко П.Д., Шевченко Т.Ф. 2023. *Стан водних об'єктів урбанізованих територій, озера системи Опечень*. Київ. 172 с.]

Medved' V.O., Kharchenko G.V. 2022. Pigment and quantitative indices of phytoplankton of megalopolis lakes and assessment of their trophic status. *Hydrobiological Journal.* 58(3): 54–67.

Minicheva G.G., Garkusha O.P., Kalashnik K.S., Marinets G.V., Sokolov Y.V. 2025. Response of the Black Sea planktonic and benthic algae to the consequences of the Kakhovka Reservoir dam on the Dnipro River (Ukraine) destruction. *International Journal on Algae.* 27(2): 157–176. https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v27.i2.50

Morozova A.A. 2009. To the issue of anaerobic zone formation and their impact upon the water quality in the urban lake ecosystems. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology.* 16: 169–177.

Romanenko O.V., Arsan O.M., Kipnis L.S., Sytnik Yu.M. 2015. *Ecological problems of Kyiv Reservoir and adjacent territories*. Kyiv: Naukova Dumka. 190 p. [Романенко О.В., Арсан О.М., Кіпніс Л.С., Ситник Ю.М. 2015. *Екологічні проблеми Київського водосховища і прилеглих територій*. Київ: Наукова думка. 190 с.]

Romanenko V.D., Yakushin V.M., Shcherbak V.I et al. 2019. *Biodiversity and bioresource potential of the Dnieper water reservoirs under conditions of climate change and biological invasion.* Kyiv: Naukova Dumka. 275 p. [Романенко В.Д., Якушин В.М., Щербак В.І. та ін. 2019. *Біорізноманіття та біоресурсний потенціал екосистем дніпровських водосховищ в умовах кліматичних змін і розвитку біологічної інвазії.* Київ: Наукова думка. 275 с.]

Semenyuk N.Ye., Shcherbak V.I. 2016. Structural and functional organization of phytoepiphyton of the Dnieper reservoirs and factors influencing its development. Rep. 1. Role of some hydrophysical factors. *Hydrobiological Journal.* 52(5): 3–17. https:/doi.org/10.1615/HydrobJ.v52.i5.10

Semeniuk N.Ye., Shcherbak V.I., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh., Yuryshynets V.I. 2024. Spatial dynamics of planktonic and contour algal metacommunities in lotic and lentic ecosystems. *The Scientific Issue of Ternopil National Pedagogical University.* Ser.: Biology. 84(2): 40–50. [Семенюк Н.Є., Щербак В.І., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш., Юришинець В.І. 2024. Просторова динаміка планктонних і контурних альгометаугруповань лотичних і лентичних екосистем. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету.* Сер.: Біологія. 84(2): 40–50.] https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.2.5

Shcherbak V.I. 2005. Structural and functional organization of phytoplankon in some diverse waterbodies within Kyiv territory. In: *Ecological State of Kyiv waterbodies.* Kyiv: Fitosotsiotsentr. Pp. 97–109. [Щербак В.І. 2005. Структурно-функціональна організація фітопланктону деяких різнотипних водойм м. Києва. У кн.: *Екологічний стан водойм м. Києва*. Київ: Фітоцентр. С. 97–109.]

Shcherbak V.I. 2006. Phytoplankton. Phytomicrobenthos. In: *Methods of hydroecological studies of surface waters*. Kyiv: Logos. Pp. 8–32. [Щербак В.І. 2006. Фітопланктон.

Фітомікробентос. В кн.: *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод*. Київ: Логос. С. 8–32.]

Shcherbak V.I. 2019. Response of phytoplankton of the Kiev Reservoir to the increase in summer temperatures. *Hydrobiological Journal.* 55(1): 18–35. https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v55.i1.20

Shcherbak V.I., Semenyuk N.Ye., Linchuk M.I. 2019. Winter under the ice water bloom formed by *Aphanizomenon gracile* Lemmermann. *Hydrobiological Journal.* 55(5): 20–34. https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v55.i5.20

Shcherbak V.I., Semenyuk N.Ye., Yakushin V.M. 2022. Phytoplankton structural and functional organisation in a large lowland reservoir under the global climate change (case study of the Kaniv Reservoir). *Hydrobiological Journal.* 58(6): 3–27. https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v58.i6.10

Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A. 2024a. Studying spatial distribution of planktonic, benthic and periphytic algal metacommunities in aquatic ecosystems of different types. *Ecology and Noospherology.* 35(2): 112–120. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А. 2024а. Дослідження просторового розподілу метаугруповань водоростей планктону, бентосу, перифітону в різнотипних гідроекосистемах. *Ecology and Noospherology.* 35(2): 112–120.] https://doi.org/10.15421/032418

Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Maistrova N.V. 2026. Harmful algal blooms in upper-cascade Dnieper reservoirs under present conditions. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine.* 1: 62–73. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Майстрова Н.В. «Цвітіння» води верхньокаскадних дніпровських водосховищ у сучасних умовах. *Доповіді НАН України.* 1: 62–73.] https://doi.org/10.15407/dopovidi2026.01.062

Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. 2024b. Dominant species complexes in planktonic, benthic and periphytic algal metacommunities. *The Scientific Issue of Ternopil National Pedagogical University.* Ser.: Biology. 84(3–4): 35–45. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. 2024b. Домінуючі комплекси видів у метаугрупованнях водоростей планктону, бентосу, перифітону. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету.* Сер.: Біологія. 84(3–4): 35–45.] https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.3–4.5

Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Larionova D.P. 2023. Present-day characteristics of phytoplankton, microphytobenthos and phytoepiphyton of the Kaniv Reservoir. Report 1: Taxonomic, ecological diversity and spatial patterns. *Algologia*. 33(3): 147–184. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Ларіонова Д.П. 2023. Сучасна характеристика фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону Канівського водосховища. Повідомлення 1: Таксономічне, екологічне різноманіття та просторовий розподіл. *Альгологія*. 33(3): 147–184.] https://doi.org/10.15407/alg33.03.147

Shcherbak V.I., Semenyuk N.Ye., Davydov O.A. Koziychuk E.Sh. 2025. Planktonic and contour algal communities in the Ukrainian section of the Western Bug River and its tributaries. Report 1. *International Journal on Algae*. 27(2): 117–138. https:/doi.org/10.1615/InterJAlgae.v27.i2.30

Sørensen T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation of Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.* 5(4): 1–46.

Yuryshynets V.I., Semeniuk N.Ye., Shcherbak V.I., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh., Shelyuk Yu.S. 2024. Some issues and challenges of applying metacommunity theory in complex studies of phytoplankton, phytobenthos and phytoperiphyton of continental aquatic ecosystems. *Ukrainian Journal of Natural Sciences.* 9: 56–73. [Юришинець В.І., Семенюк Н.Є., Щербак В.І., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш., Шелюк Ю.С. 2024. Деякі актуальні проблеми застосування теорії метаугруповань при комплексному вивченні фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоперифітону континентальних водних екосистем. *Український журнал природничих наук.* 9: 56–73.] https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.6

Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh.

Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
12 Prosp. Volodymyra Ivasiuka, Kyiv 04210, Ukraine

Features of phytoplankton and microphytobenthos diversity in various lakes within Kyiv city (Ukraine)

The paper considers the features of the taxonomic, quantitative diversity and dominant complexes of phytoplankton and microphytobenthos in various of two Kyiv lakes – Verbne and Iordanske. Verbne Lake is a closed floodplain lake, and Iordanske Lake is the lowest waterbody in the Opechen lakes cascade — the former old river bed of Pochaina River. A total of 68 and 50 species and intraspecific taxa have been identified in the summer-autumn phytoplankton of Verbne Lake and Iordanske Lake respectively, and 58 and 63 species and intraspecific taxa — in microphytobenthos, respectively. A total species list of planktonic and benthic algae for Verbne Lake comprised 111 species and intraspecific taxa, and for Iordanske Lake — 99 species and intraspecific taxa respectively. A total of 147 species and intraspecific taxa from eight phyla have been identified in phytoplankton and microphytobenthos of the lakes under study over the summer-autumn period. The phytoplankton cell count in Verbne Lake made up 14344–120242 thous. cells/dm^3, biomass — 2.756–12.703 mg/dm^3, in Iordanske Lake — 134670–358654 thous. cells/dm^3 and 12.634–15.757 mg/dm^3 respectively. The microphytobenthos cell count in Verbne Lake made up 2169–10371 thous. cells/10 sm^2, biomass 0.657–4.544 mg/10 sm^2, in Iordanske Lake — 1593–5548 thous. cells/10 sm^2 and 0.976–1.873 mg/10 sm^2 respectively. An increase in algal communities' cell count and biomass from summer to autumn was the common pattern for the two lakes under study. High values of *Cyanobacteriophyta* biomass in autumn phytoplankton (1.950 mg/dm^3 in Verbne Lake and 12.010 mg/dm^3 in Iordanske Lake) correspond to algal blooms levels usually observed in the Dnieper Cascade reservoirs. The phytoplankton and microphytobenthos dominant complexes according to the cell count comprised 17 species,

according to biomass — 29 species, the Sorensen similarity index between them made up 0.40. Bloom-forming *Cyanobacteriophyta*, such as *Aphanizomenon gracile* Lemmermann, *Microcystis pulverea* (H.C.Wood) Forti, *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, *Limnothrix redekei* (Goor) Meffert, made up a significant portion of the lake phytoplankton dominant complex. Some of the aforementioned planktonic species were also a part of microphytobenthos dominant complex, which was evidently caused by mass effect. Assessment of the lakes' trophic state according to phytoplankton and microphytobenthos has shown that Verbne Lake is eutrophic and Iordanske Lake is eutrophic-polytrophic. Therefore, notwithstanding close geographic location, the lake ecosystems under study differ significantly in their algal communities' taxonomic composition, quantitative development, dominant complexes, structure and trophic state.

K e y w o r d s : phytoplankton, microphytobenthos, taxonomic, quantitative diversity, *Cyanobacteriophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, various lakes, algal blooms

C i t a t i o n . Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. 2026. Features of phytoplankton and microphytobenthos diversity in various lakes in Kyiv city (Ukraine). *Algologia*. 36(3): 133–162. https://doi.org/10.15407/alg36.03.133