

ГРИГОР'ЄВА Г.Є. (<https://orcid.org/0000-0002-6406-1166>)

Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ 04210, Україна
annanika2930@gmail.com

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСІННЬОГО МІКРОФІТОБЕНТОСУ ТА ФІТОЕПІФІТОНУ ЛІТОРАЛІ ОЗЕРА ВЕРБНЕ (М. КИЇВ, УКРАЇНА)

Реферат. Вперше для літоралі екосистеми оз. Вербне в осінній період (2023 р.) встановлено таксономічне різноманіття, кількісний розвиток, структурну організацію, домінуючі комплекси та трофічний статус за мікрофітобентосом та фітоепіфітоном. Їхнє таксономічне багатство сформовано 117 видами (135 внутрішньовидових таксонів, ввт) з 7 відділів, та 79 видами (87 ввт) з 6 відділів. Серед відділів провідна роль у флористичному спектрі належала *Bacillariophyta* (52; 64%), дещо менша — *Chlorophyta* (27; 20%) та *Cyanobacteria* (6; 8%). Коефіцієнт Серенсена між мікрофітобентосом і фітоепіфітоном становив 0,48, на рівні відділів: *Bacillariophyta* > 0,57 > *Cyanobacteria* > 0,53 > *Chlorophyta* > 0,42, що підтверджує певну специфіку таксономічного складу компонентів контурних угруповань, які досліджувалися. Кількісне різноманіття формували олігодомінантні комплекси *Cyanobacteria*—*Bacillariophyta* (за чисельністю) та *Bacillariophyta*—*Cyanobacteria* (за біомасою). Трофічний статус літоралі озерної екосистеми за мікрофітобентосом відповідає евтрофному типу, а за фітоепіфітоном — оліготрофному. Індекси інформаційного різноманіття Шеннона, розраховані з урахуванням біомаси — енергетичної основи первинних потоків енергії, для мікрофітобентосу були вищими, ніж для фітоепіфітону. Домінував оліго- чи полідомінантний комплекс *Cyanobacteria*—*Bacillariophyta* (за чисельністю) та *Bacillariophyta*—*Cyanobacteria* (за біомасою), представлений дрібноклітинними і крупноклітинними формами. Отримані оригінальні дані зі структурної організації мікрофітобентосу та фітоепіфітону свідчать про важливу роль в осінній період контурних альгоугруповань у формуванні біорізно-

Надійшла до редакції 16.01.2025. Після доопрацювання 31.01.2025. Підписана до друку 30.01.2025.
Опублікована 20.03.2025

Ц и т у в а н н я . 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>

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

маніття літоралі оз. Вербне, що є гідроекосистемою мегаполісу та відноситься до природно-заповідного фонду України.

Ключові слова: мікрофітобентос, фітоепіфітон, біотопічна приуроченість, контурні угруповання, озеро Вербне

Вступ

Проблема охорони навколишнього середовища та біорізноманіття є важливим і актуальним напрямком сучасних наукових досліджень. Серед численних водойм (більше ніж 300), які розташовані на території м. Києва, різних за генезисом, морфометричними параметрами та ступенем антропогенного навантаження на їхні екосистеми (Afanasyeva et al., 2010), на особливу увагу заслуговує оз. Вербне. Воно з 1994 р. входить до складу іхтіолого-ботанічного ландшафтного заказника місцевого значення природно-заповідного фонду України (Decision..., 1994, Regulations..., 2023) і відіграє важливу роль у збереженні біорізноманіття, утворюючи унікальний ландшафт мегаполісу. При дослідженні водних об'єктів, що мають відповідний статус, одним з першочергових завдань є детальне вивчення їхньої біоти.

З огляду на те, що серед основних продуцентів первинних потоків енергії, кисню та органічної речовини в літоралі оз. Вербне важлива роль належить водоростям контурних угруповань, дослідження їхнього таксономічного різноманіття, структурної організації, кількісного розвитку за показниками чисельності та біомаси є актуальним.

Дані щодо вивчення водоростей різних екологічних груп оз. Вербне представлені в низці публікацій. Дослідження фітопланктону водойми було розпочато в 1986 р. (Afanasyev et al., 1991), в подальшому продовжено В.І. Щербак (Shcherbak, 2005), який у 2004 р. ґрунтовно вивчав фітопланктон у сезонному аспекті. Фітоепіфітон описаний П.Д. Ключенком, Т.Ф. Шевченко та Г.В. Харченко (Shevchenko et al., 2021). Мікрофітобентос з 2018 р. досліджувався О.А. Давидовим і Д.П. Ларіоною (Larionova, Davydov, 2018), а в 2023–2024 рр. — О.А. Давидовим і Г.Є. Григор'євою (Davydov, Hrygor'yva, 2024; Hrygor'yva, Davydov, 2024a).

Даних щодо синхронних досліджень фітоепіфітону та мікрофітобентосу озерної літоралі мегаполісу в осінній період у вітчизняних та доступних іноземних літературних джерелах автором не виявлено.

Мета роботи — вперше для літоралі озерної екосистеми мегаполісу (на прикладі оз. Вербне) встановити таксономічне різноманіття, кількісний розвиток, структурну організацію домінуючих комплексів мікрофіто-

бентосу та фітоепіфітону й оцінити трофічний статус водного об'єкта в осінній період за даними угрупованнями.

Матеріали та методи

В роботі представлені дані оригінальних досліджень мікрофітобентосу та фітоепіфітону, отриманих в осінній (жовтень–листопад) період 2023 р. у літоральній частині екосистеми оз. Вербне, що знаходиться в Оболонському районі міста Києва за географічними координатами 50°29'23'' пн. ш., 30°30'57'' сх. д. Озеро Вербне розташоване в заплаві р. Дніпро, яке раніше мало з ним гідравлічний зв'язок (Romanenko et al., 2015). У 1960-ті рр. внаслідок видобування піску способом гідронамиву для розбудови на той час нового житлового масиву Оболонського району м. Києва водойма була відмежована від основної частини заплави. Це призвело до зміни її морфометричних параметрів, зокрема суттєво зменшилася площа мілководь. Сучасні морфометричні характеристики оз. Вербне наступні: довжина 1,1 км, ширина 60–240 м, середня глибина 14 м, площа водного дзеркала 16,4 га, площа прибережної смуги 16,1 га (Khilchevsky, Boyko, 2001).

Дно озерної літоралі переважно піщане, зарості вищої водної рослинності займають близько третини мілководь акваторії (Afanasyeva et al., 2010; Romanenko et al., 2015). Наявність чи відсутність чітко виражених точкових джерел забруднення та різних типів плям на поверхні водойми, колір води визначали візуально під час маршрутних обстежень озера.

Безпосередньо перед відбором альгологічних проб вимірювали температуру води, абсолютний вміст кисню та величини рН за допомогою ртутного польового гідробіологічного термометра, оксиметра (модель 8403, рН-метр DELFA-PH2). Насичення води киснем розраховували з урахуванням температури води на момент відбору проб.

Проби мікрофітобентосу відбирали мікробентометром МБ-ТЕ в трьох повторностях з піщаного субстрату на глибині 0,5 м (в місцях, вільних від заростей вищих водних рослин) та фіксували 40%-ним розчином формальдегіду з розрахунку 1:10 (Shcherbak, 2006a).

Проби фітоепіфітону відбирали з поширеного на літоралі оз. Вербне *Typha angustifolia* L. методом зрізання під водою фрагменту рослини довжиною 5–8 см, яку поміщали в склянку об'ємом 100 см³ і заливали дистильованою водою. У лабораторії з відібраних зразків рослини щіточкою зчищали фітообростання та фіксували 40%-ним розчином формальдегіду у розрахунку 1:10 (Davydov, 2006; Shcherbak et al., 2023a).

Камеральне опрацювання водоростей бентосу та обростань проводили в камері Нажотта (об'ємом $0,02 \text{ см}^3$) за допомогою світлового мікроскопа МБИ-3 з використанням окулярів 7X, 15X та об'єктивів 20X, 40X, 90X (імерсійний) (Shcherbak, 2006a).

Для більш точної ідентифікації представників *Bacillariophyta* виготовляли постійні препарати (Topachevskyi, Oksiyuk, 1960) з використанням синтетичної діатомової смоли Naphrax з показником заломлення світла 1,74.

Таксономічна номенклатура водоростей приведена згідно з *AlgaeBase* (Guiry, Guiry, 2023).

Кількісні показники водоростей (чисельність, біомаса), визначали загальноприйнятими методами (Davydov, 2006; Shcherbak, 2006a, b).

Біотопічну приуроченість характеризували згідно: Oksiyuk et al. (2008) та Barinova et al. (2019). Індекс інформаційного різноманіття Шенонна розраховували за видовим складом та біомасою (H_B) (Pashkova, 2006), індекс видової подібності Серенсена — згідно: Sørensen (1948).

Домінуючий комплекс, представлений видами-домінантами та субдомінантами, визначали за чисельністю і біомасою (Shcherbak et al., 2024).

Абіотичні характеристики

Водний баланс водойми пов'язаний з атмосферними опадами, випаровуванням води з її поверхні, притоком поверхневих і ґрунтових вод (Romanenko et al., 2015). За критеріями іонного складу вода оз. Вербного належить до прісних вод гідрокарбонатно-кальцієвого типу (Romanenko et al., 2015). Згідно оригінальних даних, температура води літоралі озера в жовтні становила $12,8\text{--}13,7^\circ\text{C}$, в листопаді — $4,3\text{--}11,5^\circ\text{C}$.

Наведені величини відповідають критеріям температур, характерним для “біологічної осені” (Shcherbak, 2019). Вміст розчинного кисню коливався в межах $5,96\text{--}12,6 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$, а розраховане насичення водного середовища літоралі розчинним киснем, з урахуванням температури води під час досліджень, становило від $57,7\text{--}72,6\%$ до $99,3\text{--}107,58\%$. Величини рН мали тенденцію лужного характеру та змінювалися в межах $7,74\text{--}7,85$.

За даними (Zhezherya et al., 2021), концентрації неорганічних форм нітрогену, фосфору та розчиненого силіцію у поверхневих горизонтах озерної літоралі впродовж вегетаційного сезону коливались у широких межах — $0,03\text{--}1,57 \text{ мг N}/\text{дм}^3$, $0,02\text{--}0,32 \text{ мг P}/\text{дм}^3$; $0,04\text{--}4,4 \text{ мг}/\text{дм}^3$ відповідно.

Вміст органічних речовин за перманганатною окиснюваністю водної літоралі у жовтні–листопаді становив $9,3\text{--}10,4 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$; біхроматної — $34,6\text{--}35,2 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ (Osypenko, Morozova, 2020).

Проведені маршрутні обстеження водойми показали відсутність у прибережній зоні точкових джерел забруднень і різних плям на поверхні води. Вода була досить прозорою і, відповідно, потужність фотичної зони сягала дна озерної літоралі, що в повній мірі забезпечувало контурні угруповання сонячною енергією для процесів фотосинтезу й формування первинних потоків енергії для життєзабезпечення функціонування біорізноманіття озерної екосистеми в межах мегаполісу.

Отже результати маршрутних досліджень, оригінальних результатів вимірів (температури, кисневого режиму, величини рН) і літературних даних щодо вмісту неорганічних форм нітрогену, фосфору, розчинного силіціюму, органічних речовин за перманганатною та біхроматною окиснюваністю вказують на те, що в осінній період у літоралі оз. Вербне формуються досить сприятливі умови для розвитку мікрофітобентосу та фітоепіфітону.

Результати та обговорення

Таксономічне різноманіття

В осінньому мікрофітобентосі було ідентифіковано 117 видів, представлених 135 ввт, включаючи номенклатурний тип виду, які відносяться до 7 відділів. Найбільш різноманітно представлені *Bacillariophyta* — 71 ввт (52% загальної кількості ввт), в основному це пенатні форми. В якості субдомінантів виступали: *Chlorophyta* — 36 ввт (27%); *Cyanobacteria* — 8 ввт (6%). 3 фонових видів відмічені представники *Euglenozoa*, *Miozoa*, *Cryptista* — 3–5 ввт (2–4%) відповідно.

Значно меншою кількістю — 79 видів (87 ввт) серед 6 відділів характеризувався таксономічне багатство фітоепіфітону. Його структурна організація була аналогічна мікрофітобентосу. Так, провідна роль 56 ввт (64%) належала переважно пенатним формам *Bacillariophyta*, субдомінантами виступали *Chlorophyta* — 17 (20%) і *Cyanobacteria* — 7 ввт (8%). Фоновими видами визначені представники *Cryptista* — 1 (1%), *Euglenozoa* — 2 (2%) та *Charophyta* — 4 ввт (5%) (Григор'єва, Davydov, 2024b).

Отже, в осінній період 2023 р. основою контурних угруповань були *Bacillariophyta*, представлені переважно пенатними формами, в якості субдомінантів виступали *Chlorophyta* та *Cyanobacteria*. При цьому таксономічне різноманіття мікрофітобентосу було вище, ніж фіто-епіфітону.

Розрахований індекс подібності видового складу за коефіцієнтом Серенсена становив у середньому 0,48, а для провідних відділів характеризувався наступною закономірністю:

$$Bacillariophyta > 0,57 > Cyanobacteria > 0,53 > Chlorophyta > 0,42.$$

Виходячи з наведених даних, можна стверджувати, що:

- на рівні альгоугруповань подібність видового складу мікрофітобентосу та фітоепіфітону досить відмінна;
- на рівні відділів найбільш подібними є *Bacillariophyta*, на які в обох альгоугрупованнях припадає найбільша кількість ввт.

Результати аналізу біотопічної приуроченості видового складу та структурної організації досліджуваних контурних угруповань представлені на рисунку.

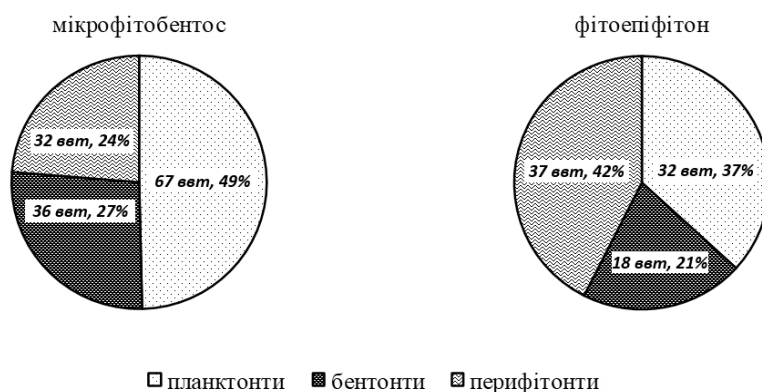


Рисунок. Біотопічна приуроченість видового складу та відносне (%) значення різних екологічних груп водоростей у мікрофітобентосі та фітоепіфітоні оз. Вербне в жовтні–листопаді 2023 р.

Проведений порівняльний аналіз вказує на суттєві відмінності у співвідношенні різних екологічних груп у фітоепіфітоні та мікрофітобентосі. Так, у фітоепіфітоні провідна роль за кількістю видів та їхньою часткою належала перифітонтам, а у мікрофітобентосі — бентонтам і планктонтам (див. рисунок). Високими показниками розвитку у фітоепіфітоні вирізнялись: *Amphora pediculus* (Kütz.), *Halamphora veneta* (Kütz.) Levkov, *Heteroleibleinia kossinskajae* (Elenkin) Anagnostidis & Komárek, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Melosira varians* C.Agardh, тоді як у мікрофітобентосі — *Gomphonema micropus* Kütz., *Gogorevia heterovalva* (Krasske) Tseplik & Chudaev, *Cocconeis euglypta* Ehrenberg та *Planothidium lanceolata* (Bréb. in Kütz.) Round et Bukht.

Отже, результати біотопічного аналізу підтверджують як таксономічну, так і екологічну специфіку мікрофітобентосу та фітоепіфітону літоралі оз. Вербне в осінній період 2023 р.

Кількісний розвиток угруповань

Порівняльний аналіз оригінальних даних з кількісного розвитку мікрофітобентосу та фітоепіфітону показує, що вегетація цих двох контурних угруповань в оз. Вербне в осінній період має низку спільних рис та відмінностей.

Так, спільним є те, що *Cyanobacteria* належить провідна роль у чисельності фітоепіфітону (320,0 тис. кл/10 см²) (52 %) і мікрофітобентосу (10944,0 тис. кл/10 см²) (70%), менш значуща роль *Bacillariophyta* — 227,0 та 3385,0 тис. кл/10 см² (37 та 22%).

Обернена закономірність характерна при формуванні біомаси, де перше місце займають вже *Bacillariophyta* (0,155 та 1,761 мг/10 см², 87 та 68%), а *Cyanobacteria* посідає підпорядковане місце.

Спільним є також те, що як за чисельністю (4,0–977,0 тис. кл/10 см², 1–6%), так і біомасою (0,049–0,459 мг/10 см², 1–5%) зберігається наступна послідовність у кількісних показниках розвитку представників відділів: *Chlorophyta*, *Cryptista*, *Charophyta* та *Miozoa*.

Основною відмінністю є вищі показники сумарної чисельності та біомаси мікрофітобентосу — до 15610 тис. кл/10 см², 2,608 мг/10 см², порівняно до фітоепіфітону — до 618,2 тис. кл/10 см²; 0,179 мг/10 см².

Отже, в осінній період за кількісними характеристиками контурних угруповань літоралі оз. Вербне домінують олігодомінатні комплекси *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta* (за чисельністю) та *Bacillariophyta* – *Cyanobacteria* (за біомасою), при цьому величини чисельності та біомаси у мікрофітобентосі вищі, ніж у фітоепіфітоні.

Таким чином, потоки енергії альгоугруповань, що досліджувалися в літоралі оз. Вербне в осінній період, формуються мікрофітобентосом і, меншою мірою, фітоепіфітоном. Зарості вищих водних рослин з поширеним едифікатором фітоепіфітону *Typha angustifolia* займають третину акваторії літоралі (Afanasyeva et al., 2010; Romanenko et al., 2015).

Трофічний статус літоралі оз. Вербне в жовтні–листопаді 2023 р. за чисельністю та біомасою мікрофітобентосу відповідає евтрофному типу, а фітоепіфітону — оліго- мезотрофному (Methods ..., 2006). Цікаво, що аналогічні закономірності отримані також для контурних угруповань дніпровських водосховищ (Shcherbak et al., 2023b).

Відповідно, й індекс інформаційного різноманіття Шеннона H_B, розрахований за видовим складом і біомасою, яка є енергетичною основою потоків енергії, для мікрофітобентосу становить 5,21 біт/екз і є більшим, ніж для фітоепіфітону — 4,23 біт/екз.

Таблиця. Видовий склад і структурна організація домінуючого комплексу мікрофітобентосу та фітоепіфітону літоралі оз. Вербне в жовтні–листопаді 2023 р.

Контурне угруповання	Таксон	Структурна організація за відносним значенням виду (% загальної кількості)	
		за чисельністю	за біомасою
Мікрофітобентос	<i>Limnithrix redekei</i> (Goor) Meffert	42	8
	<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	18	–
	<i>Gomphonema micropus</i> Kütz.	–	8
	<i>Halamphora veneta</i> (Kütz.) Levkov	–	12
	<i>Tabularia tabulate</i> (C.Agardh) Snoeijs	–	5
	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	–	5
	<i>Limnithrix redekei</i> (Goor) Meffert	25	–
	<i>Heteroleibleinia kossinskajae</i> (Elenkin) Anagnostidis & Komárek	12	–
Фітоепіфітон	<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg	11	13
	<i>Amphora pediculus</i> (Kütz.) Grun. in A.S. et al.	–	12
	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	–	17
	<i>Melosira varians</i> C.Agardh	–	8

Примітка: домінуючий комплекс представлений як домінантами (> 10%), так і субдомінантами від 5 до 9,9% загальної чисельності чи біомаси.

Позначення: «–» даний вид траплявся в мікрофітобентосі чи(та) фітоепіфітоні, але в ДК не входив.

Домінуючий комплекс (ДК)

Оскільки у формуванні кількісних показників мікрофітобентосу та фітоепіфітону провідна роль належала відділам, які зазвичай представлені крупними формами *Bacillariophyta* чи дрібноклітинними *Cyanobacteria*, визначення ДК здійснювали паралельно за чисельністю та біомасою. За іншими також важливими методичними підходами було визначено види-домінанти (> 10%) і види-субдомінанти. Це обумовлено тим, що в процесі вегетації водорості характеризуються високою мінливістю та можуть відноситися до домінантів чи субдомінантів. Таке

явище спостерігається, коли проводять паралельне визначення ДК за чисельністю та біомасою (Shcherbak et al., 2024). У цілому ДК контурних угруповань екосистеми оз. Вербне формувався з 12 видів, 54% якого становили *Cyanobacteria*, 46% — *Bacillariophyta* (див. таблицю).

Більш різноманітним виявився ДК мікрофітобентосу та фітоепіфітону, визначений за біомасою. У цілому в осінній період в екосистемі оз. Вербне ДК комплекс контурних угруповань формувався оліго- чи полідомінантним комплексом *Cyanobacteria*—*Bacillariophyta*.

Очевидно, що діалектичне поєднання в ДК як дрібноклітинних, так і крупноклітинних форм є характерною ознакою сукцесії контурних альгоугруповань оз. Вербне. Отримані закономірності в структурі та функціональній організації ДК оз. Вербне в певній мірі відповідають закономірностям, встановленим як на лентичних екосистемах (Канівське вдсх) (Shcherbak et al., 2023b), так і лотичних, зокрема на транскордонній р. Західний Буг і її чисельних заплавах (Shcherbak et al., 2023a,b; 2025).

Заключення

Озеро Вербне розташоване в межах іхтіолого-ботанічного заказника та відноситься до природно-заповідного фонду України. Важливою складовою біорізноманіття літоралі озерної екосистеми є контурні альгоугруповання — мікрофітобентос та фітоепіфітон.

Отримані оригінальні дані щодо деяких абіотичних складових літоралі озерної екосистеми (температура, кисневий режим, величина рН) та літературні дані останніх років з біогенного режиму, вмісту розчинного силіцію та органічних речовин, відсутність точкових джерел забруднення з прилеглої міської агломерації свідчать про сприятливі умови для вегетації на мілководді мікрофітобентосу та фітоепіфітону в жовтні–листопаді 2023 р.

Так, таксономічне багатство мікрофітобентосу формувалося 117 видами (135 ввт) з 7 відділів, а фітоепіфітону на *Typha angustifolia* притаманні дещо менші значення — 79 видів (87 ввт) з 6 відділів. В обох контурних угрупованнях провідна роль у флористичному спектрі належала *Bacillariophyta* (52; 64%), дещо менша — *Chlorophyta* (27; 20%) та *Cyanobacteria* (6; 8%). Представники інших відділів — *Cryptista*, *Miozoa*, *Ochrophyta*, *Charophyta* та *Euglenozoa* — були представлені поодинокими видами, їхні частки коливалися в межах 1–5%. Розраховані коефіцієнти Серенсена альгоугруповань становили 0,48, а провідних відділів: *Bacillariophyta* > 0,57 > *Cyanobacteria* > 0,53 > *Chlorophyta* > 0,42, що свідчить про певну специфіку таксономічного складу мікрофітобентосу та фітоепіфітону.

Кількісне різноманіття формувалося олігодомінантними комплексами *Cyanobacteria*—*Bacillariophyta* (чисельність) і *Bacillariophyta*—*Cyanobacteria* (біомаса) з більш високими значеннями для мікрофітобентосу, ніж для фітоепіфітону.

Проведена оцінка трофічного спектру за мікрофітобентосом в осінній період характеризувалася як евтрофна, а за фітоепіфітоном — оліготрофна, що цілком співпадає з аналогічними закономірностями для лентичних і лотичних екосистем України.

Відповідно, індекси інформаційного різноманіття Шеннона, розраховані з урахуванням біомаси (H_B) — енергетичної основи первинних потоків енергії, для мікрофітобентосу були вищі, ніж для фітоепіфітону.

Домінуючий комплекс, який визначається видами-домінантами та субдомінантами, був оліго- чи полідомінантним *Cyanobacteria*—*Bacillariophyta* (за чисельністю) та *Bacillariophyta*—*Cyanobacteria* (за біомасою), представлених поєднанням дрібноклітинних і крупноклітинних форм.

Очевидно, це є особливістю сучасного етапу сукцесії озерних контурних угруповань, що співпадає з аналогічними даними, отриманими як для лентичних (Канівське вдсх), так і лотичних (трансгортонна р. Західний Буг) водних екосистем.

Отримані в осінній період оригінальні дані дослідження мікрофітобентосу та фітоепіфітону свідчать про важливу роль цих альгоугруповань у формуванні біорізноманіття літоралі оз. Вербне.

Список літератури

- Afanasyev S.A., Kolesnyk M.P., Davydenko T.V., Siderskyi A.V., Shatokhina A.V., Osadchaya N.N., Frynovskaya T.V., Tarasova O.G., Sadovskaya S.N., Tsvetkova A.M. 1991. Sanitary and hydrological condition of lakes and bays of the Obolon housing estate in Kyiv. In: *Hydroecological problems of internal water bodies of Ukraine*. Kyiv: Nauk. Dumka. Pp. 98–109. [Афанасьев С.А., Колесник М.П., Давиденко Т.В., Сидерский А.В., Шатохина А.В., Осадчая Н.Н., Фриновская Т.В., Тарасова О.Г., Садовская С.Н., Цветкова А.М. 1991. Санитарно-гидрологическое состояние озер и заливов жилого массива Оболонь г. Киева. В кн.: *Гидроэкологические проблемы внутренних водоемов Украины*. Киев: Наук. думка. С. 98–109]
- Afanasyeva O.A., Bagatska T.S., Olyanytska L.G., Nebogatkin I.V., Khrokalo L.A., Petrenko A.A., Nazarenko V.Yu., Lyashenko A.V., Zorina-Sakharova K.E., Sanzhak Yu.O., Shcherbak V.I., Kundiev V.A., Holub O.O., Klochenko P.D., Klenus V.G., Kaglyan O.E., Arsan O.M., Sytnyk Yu.M., Belyaev V.V. 2010. *Ecological state of Kyiv water bodies*. Kyiv: Phytosociotsentr. 256 p. [Афанасьєва О.А., Багацька Т.С., Оляницька Л.Г., Небогаткін І.В.,

- Хрокало Л.А., Петренко А.А., Назаренко В.Ю., Ляшенко А.В., Зоріна-Сахарова К.Є., Санжак Ю.О., Щербак В.І., Кундієв В.А., Голуб О.О., Клоченко П.Д., Кленус В.Г., Каглин О.Є., Арсан О.М., Ситник Ю.М., Беляєв В.В. 2010. *Екологічний стан київських водойм*. Київ: Фітосоціоцентр. 256 с.]
- Barinova S.S., Bilous O.P., Tsarenko P.M. 2019. *Algal indication of water bodies in Ukraine: methods and perspectives*. Haifa, Kiev: Univ. Haifa Publ. 367 p. [Барінова С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. 2019. *Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы*. Хайфа, Киев: Изд-во Ун-та Хайфы. 367 с.]
- Davydov O.A. 2006. Epiphytic algae communities. In: *Methods of hydroecological investigations of surface waters*. Ed. V.D. Romanenko. Kyiv: Logos. Pp. 33–37. [Давидов О.А. 2006. Епіфітні угруповання водоростей. У кн.: *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод*. За ред. В.Д. Романенка. Київ: Логос. С. 33–37]
- Davydov O.A., Hrygor'yeva A.Y. 2024. Quantitative parameters of autumn microphytobenthos in Lake Verbne (Ukraine). In: *Materials of the XX All-Ukrainian Scientific Conference "State and Biodiversity of Ecosystems of the Shatsk National Nature Park and Other Protected Areas"* (Lviv – Shatsk – Vorokhta, Sept. 5–8, 2024). Lviv: Spolom. Pp. 52–54. [Давидов О.А., Григор'єва Г.Є. 2024. Кількісні показники розвитку осіннього мікрофітобентосу озера Вербне (Україна). У кн.: *Матеріали XX Всеукраїнської наукової конференції «Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій»* (Львів – Шацьк – Ворохта, 5–8 вер. 2024 р.). Львів: Сполом. С. 52–54]
- Decision of the Kyiv City Council of People's Deputies. XVI session of the XXI convocation decision. Dated February 17, 1994 N 14 «On the creation, reservation and preservation of territories and objects of the nature reserve fund in the city of Kyiv». [Рішення Київської міської ради народних депутатів XVI сесії XXI скликання від 17 лютого 1994 р. № 14 «Про створення, резервування та збереження територій і об'єктів природно-заповідного фонду в м. Києві»]
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2023. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Univ. Ireland, Galway.
- Hrygor'yeva A.Y., Davydov O.A. 2024a. *Bacillariophyta* of winter microphytobenthos in Lake Verbne (Ukraine). In: *Prospects for hydroecological research in the context of local and global consequences of military operations*: Proc. IX Congr. Hydrol. Soc. Ukraine. Dnipro. Pp. 26–27. [Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. 2024. *Bacillariophyta* зимового мікрофітобентосу в озері Вербне (Україна). У кн.: *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій*: Зб. мат. IX з'їзду Гідрол. тов-ва України. Дніпро. С. 26–27]
- Hrygor'yeva A.Y., Davydov O.A. 2024b. Structural components of the phytoepiphyton *Typha angustifolia* L. in the late autumn period of Lake Verbne (Ukraine). In: *Biological Research – 2024: Mat. XV All-Ukr. Sci.-Pract. Conf. Zhytomyr*. Pp. 37–38. [Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. 2024б. Структурні компоненти фітоепіфітону *Typha angustifolia* L. в

- пізньоосінній період оз. Вербне (Україна). У кн.: *Біологічні дослідження – 2024: Мат. XV Всеукр. наук.-практ. конф.* Житомир. С. 37–38]
- Khilchevsky V.K., Boyko O.V. 2001. Hydrological and hydrochemical characteristics of lakes and ponds in the territory of Kyiv. In: *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology: Collect. Sci. Papers.* Kyiv: Nika-center. Pp. 529–535. [Хільчевський В.К., Бойко О.В. 2001. Гідролого-гідрохімічна характеристика озер і ставків території м. Києва. У кн.: *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Зб. наук. праць.* Київ: Ніка-центр. С. 529–535]
- 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. Зб. наук. праць.* Житомир: Рута. С. 181–182]
- Methods of hydroecological investigations of surface waters.* 2006. Ed. V.D. Romanenko. Kyiv: Logos. 408 p. [*Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод.* За ред. В.Д. Романенка. Київ: Логос. 408 с.]
- Oksiyuk O.P., Davydov O.A., Karpezo Yu.I. 2008 Ecological and morphological structure of microphytobenthos. *Hydrobiol. J.* 44(6): 15–28. [Оксиук О.П., Давыдов О.А., Карпезо Ю.И. 2008. Эколого-морфологическая структура микрофитобентоса. *Гидробиол. журн.* 44(6): С. 15–28]
- Osyenko V.P., Morozova A.O. 2020. Intraannual distribution of organic and biogenic substances in the water of Lake Verbny (Kyiv). *Hydrol., Hydrochem., Hydroecol.* 1(56): 41–47. [Осипенко, В.П., Морозова, А.О. 2020. Внутрішньорічний розподіл органічних та біогенних речовин у воді озера Вербного (м. Київ). *Гідрол., гідрохім., гідроеколог.* 1(56): 41–47]. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.1.4>
- Pashkova O.V. 2006. Zooplankton. In: *Methods of hydroecological investigations of surface waters.* Ed. V.D. Romanenko. Kyiv: Logos. Pp. 85–100. [Пашкова О.В. 2006. Зоопланктон. У кн.: *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод.* За ред. В.Д. Романенка. Київ: Логос. С. 85–100]
- Regulations on the ichthyological and botanical reserve of local importance «Lake Verbne». Order of the Kyiv City Military Administration of October 05, 2023, No. 782.* [Положення про іхтіологічно-ботанічний заказник місцевого значення «Озеро Вербне». Розпорядження Київської міської військової адміністрації від 05 жовтня 2023 р. №782]. https://kyivcity.gov.ua/npa/pro_zatverdzhennya_polozhennya_pro_ikhtiologichno-botanichniy_landshaftniy_zakaznik_mistsevogo_znachennya_ozero_verbne/kmva_782/
- Romanenko O.V., Arsan O.M., Kipnis L.S., Sytnyk Y.M. 2015. *Ecological problems of Kyiv reservoirs and adjacent territories.* Kyiv: Nauk. Dumka. 192 p. [Романенко О.В., Арсан О.М., Кіпніс Л.С., Ситнік Ю.М. 2015. *Екологічні проблеми Київських водойм і прилеглих територій.* Київ : Наук. думка. 192 с.]
- Shcherbak V.I. 2005. Structural and functional organization of phytoplankton in Kyiv water bodies. In: *Ecological state of Kyiv water bodies.* Kyiv: Phytosociocenter. Pp. 97–109.

- [Щербак В.І. 2005. Структурно-функціональна організація фітопланктону водойм м. Києва. У кн.: *Екологічний стан київських водойм*. Київ: Фітосоціоцентр. С. 97–109]
- Shcherbak V.I. 2006a. Phytomicrobenthos. In.: *Methods of hydroecological investigations of surface waters*. Ed. V.D. Romanenko. Kyiv: Logos. Pp. 28–32. [Щербак В.І. 2006а. Фітомікробентос. У кн.: *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод*. За ред. В.Д. Романенка. Київ: Логос. С. 28–32]
- Shcherbak V.I. 2006b. Phytoplankton. In.: *Methods of hydroecological investigations of surface waters*. Ed. V.D. Romanenko. Київ: Логос. С. 8–27. [Щербак В.І. 2006б. Фітопланктон. У кн.: *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод*. За ред. В.Д. Романенка. Київ: Логос. С. 8–27]
- Shcherbak V.I. 2019. Principal patterns underlying water reservoirs ecosystems' response to climate change and biological invasion. In: *Biodiversity and bioresource potential of the Dnieper water reservoirs' ecosystems under conditions of climate change and biological invasion*. [monograph]. Kiev: Nauk. Dumka. Pp. 178–193. [Щербак В.І. 2019. Основні закономірності реакції екосистем водосховищ на зміни клімату та розвиток біологічної інвазії. У кн.: *Біорізноманіття та біоресурсний потенціал екосистем дніпровських водосховищ в умовах кліматичних змін і розвитку біологічної інвазії*. Київ : Наук. думка. С. 178–193]
- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Larionova D.P. 2023a. 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. 2023а. 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., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Larionova D.P. 2023b. Present-day characteristics of phytoplankton, microphytobenthos and phytoepiphyton of the Kaniv Reservoir. Report 2: Abiotic variables, quantitative diversity, dominant species complex, trophic state, water quality. *Algologia*. 33(4): 247–277. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Ларіонова Д.П. 2023б. Сучасна характеристика фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону Канівського водосховища. Повідомлення 2: Абіотичні чинники, кількісне різноманіття, домінуючий комплекс, трофічність та оцінка якості водного середовища. *Альгологія*. 33(4): 247–277]. <https://doi.org/10.15407/alg33.04.247>
- Shcherbak V.I., Semeniuk N. Ye., Davydov O.A., Koziyshuk E.Sh. 2024. Dominant species complexes in planktonic, benthic, and periphytic algal metacommunities. *Sci. Not. Ternop. Nat. Ped. Univ. Ser. Biol.* 84(3–4): 25–36. [Щербак В. І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. 2024. Домінуючі комплекси видів у метагрупуваннях водоростей планктону, бентосу, перифітону. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. біол.* 84(3–4). С. 25–36]

- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Kutishchev P.S., Lutsenko D.A., Koziychuk E.Sh. 2025. Phytoplankton patterns in various ecosystems: of the Dnieper River: quantitative development, dominant species complex, response of algae to some environmental factors and water quality. *Hydrobiol. J.* 61(1): 3–29. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Кутіщев П.С., Луценко Д.А., Козійчук Е.Ш. 2025. Характеристика фітопланктону різнотипних дніпровських екосистем: кількісний розвиток, домінуючий комплекс, реакція водоростей на вплив певних екологічних чинників і якість водного середовища. *Гідробиол. журн.* 61(1): 3–29]
- Shevchenko T.F., Klochenko P.D., Kharchenko G.V., Gorbunova Z.N. 2021. Phytoepiphyton of lakes of a megacity under anthropogenic influence. *Hydrobiol. J.* 57(2): 53–69. [Шевченко Т.Ф., Клоченко П.Д., Харченко Г.В., Горбунова З.Н. 2021. Фітоепіфітон озер мегаполісу в умовах антропогенного впливу. *Гідробиол. журн.* 57(2): 53–69]
- 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. *Kong. Dansk. Vidensk. Selskab Biol. Skrift.* 5(4): 1–46.
- Topachevskiy O.V., Oksiyuk O.P. 1960. Diatoms – *Bacillariophyta*. In: *Identification manual of the freshwater algae of Ukrainian RSR*. Issue 9. Kyiv: Nauk. Dumka. 411 p. [Топачевський О.В., Оксіюк О.П. Діатомові водорості – *Bacillariophyta*. У кн.: *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Вип. 9. Київ: Наук. думка. 411 с.]
- Zhezherya V.A., Zhezherya T.P., Linnyk P.M. 2021. The influence of higher aquatic vegetation on the content of biogenic elements in limnic systems of an urbanized area. *Hydrol., Hydrochem., Hydroecol.* 1(59): 50–58. [Жежеря В.А., Жежеря Т.П., Линник П.М. 2021. Вплив вищої водної рослинності на вміст біогенних елементів у лімнічних системах урбанізованої території. *Гідролог., гідрохім., гідроекол.* 1(59). 50–58]

Hrygor'yeva G.Ye. (<https://orcid.org/0000-0002-6406-1166>)

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

Characterization of the autumn microphytobenthos and phytoepiphyton of the littoral of Lake Verbne (Kyiv, Ukraine)

For the first time, the taxonomic diversity, quantitative development, structural organization, dominant complexes, trophic status of microphytobenthos and phytoepiphytos were determined for the littoral of the Lake Verbne ecosystem in the autumn period (2023). The taxonomic richness of the microphytobenthos and phytoepiphyton was formed by 117 species (135 intraspecific taxa, ist) from 7 divisions, and 79 species (87 ist) from 6 divisions. Among the divisions, the leading role in the floristic spectrum belonged to *Bacillariophyta* (52; 64%), followed by *Chlorophyta* (27; 20%) and *Cyanobacteria* (6; 8%), respectively. The Sørensen coefficient between microphytobenthos

and phytoepiphyton was 0.48, at the level of divisions: *Bacillariophyta* > 0.57 > *Cyanobacteria* > 0.53 > *Chlorophyta* > 0.42, which confirms a certain specificity of the taxonomic composition of the components of the studied contour communities. The quantitative diversity of these algal communities was formed by the oligodominant complexes *Cyanobacteria*—*Bacillariophyta* (by number) and *Bacillariophyta*—*Cyanobacteria* (by biomass). The trophic status of the lake ecosystem littoral according to microphytobenthos corresponds to the eutrophic type, and according to phytoepiphyton — to the oligotrophic type. Shannon's indices of information diversity, calculated taking into account the biomass (the energy basis of primary energy flows), were higher for microphytobenthos than for phytoepiphyton. The dominant complex of contour algal communities was oligo- or polydominant: *Cyanobacteria*—*Bacillariophyta* (by number) and *Bacillariophyta*—*Cyanobacteria* (by biomass), represented by both small-celled and large-celled forms. The original data on the structural organization of microphytobenthos and phytoepiphyton indicate an important role of contour algal communities in the autumn in the formation of biodiversity in the littoral of Lake Verbne, which is a hydroecosystem of the metropolis and belongs to the nature reserve fund of Ukraine.

Key words: microphytobenthos, phytoepiphyton, biotopic affiliation, contour communities, Lake Verbne