

СЕМЕНЮК Н.Є. (<https://orcid.org/0000-0003-4447-3507>)

ЩЕРБАК В.І. (<https://orcid.org/0000-0002-1237-6465>)

ДАВИДОВ О.А. (<https://orcid.org/0009-0004-2381-723X>)

КОЗІЙЧУК Е.Ш. (<https://orcid.org/0009-0002-5762-938X>)

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

natasemenyuk@gmail.com; ek424nat@ukr.net;

davydovoleg01@gmail.com; elina.kozychuk@gmail.com

КОНТИНУАЛЬНІСТЬ І ДИСКРЕТНІСТЬ ТАКСОНОМІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТУРНИХ АЛЬГОУГРУПОВАНЬ ДНІПРОВСЬКИХ ВОДОСХОВИЩ (УКРАЇНА)

Реферат. Таксономічне різноманіття контурних альгоугруповань (мікрофітобентосу та фітоепіфітону) Київського та Канівського водосховищ у літній сезон 2021 р. налічувало 327 видів (339 ввт) з 8 відділів. У Київському вдсх ідентифіковано 268 ввт, з яких на мікрофітобентос припадало 199 таксонів, на фітоепіфітон — 159. Для Канівського вдсх ці показники склали 202 і 147 таксонів відповідно. Основу видового різноманіття контурних альгоугруповань формували *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* та *Cyanobacteria*. До провідних родин належали *Bacillariaceae*, *Scenedesmaceae*, *Naviculaceae*, *Cymbellaceae* та *Gomphonemataceae*, до провідних родів — *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Desmodesmus*, *Navicula*, *Eunotia*. Кластерний аналіз альгоугруповань за коефіцієнтом Серенсена дозволив виділити три великі кластери: мікрофітобентос Київського вдсх, мікрофітобентос Канівського вдсх, фітоепіфітон досліджених водосховищ. Оцінено вплив просторового чинника на структуру мікрофітобентосу та фітоепіфітону за допомогою показника зниження подібності з відстанню, тобто залежності між видовою подібністю локальних угруповань та географічною відстанню між локалітетами. Отримані рівняння лінійної регресії вказують на те, що найвища швидкість зниження подібності з відстанню ($a = -0,001$) характерна для

Надійшла до редакції 17.10.2025. Після доопрацювання 10.11.2025. Підписана до друку 20.11.2025.

Опублікована 10.12.2025

Ц и т у в а н н я . Семенюк Н.Є., Щербак В.І., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. 2025. Континуальність і дискретність таксономічної характеристики контурних альгоугруповань Дніпровських водосховищ (Україна). *Альгологія*. 35(4): 253–270. <https://doi.org/10.15407/alg35.04.253>

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

фітоепіфітону, менша — для мікрофітобентосу мілководь ($a = -0,0007$) і найменша ($a = -0,0004$) — для мікрофітобентосу глибоководдя. Таким чином, найвищий рівень дискретності притаманний фітоепіфітону, що може бути зумовлено гетерогенними біотопічними умовами його існування (угруповання вищих водних рослин як субстрат). Натомість найвищий рівень континуальності властивий мікрофітобентосу глибоководних ділянок, які належать до «транзитних» зон, де водообмін сприяє обміну видами між локальними угрупованнями.

Ключові слова: контурні альгоугруповання, мікрофітобентос, фітоепіфітон, таксономічне різноманіття, структурна організація, континуальність, дискретність

Вступ

Раніше було зазначено (Davydov et al., 2025; Shcherbak et al., 2025a), що у вітчизняних гідробіологічних і альгологічних дослідженнях основна увага приділяється аналізу таксономічних, кількісних, структурних показників, біотопічної приуроченості фітопланктону (Barinova et al., 2019; Shcherbak et al., 2025a) чи водоростевих угруповань водної товщі (Shcherbak et al., 2023a; 2024b). У загальновідомій системі поділу водоростей за біотопічною приуроченістю на три групи: планктонні, бентосні і планктонно-бентосні форми (Barinova et al., 2019), на нашу думку, дещо штучно виділяється група «планктонно-бентосних форм». Можна припустити, що введення даної екологічної групи зумовлено узагальненням численних досліджень різних авторів, коли вид траплявся як у планктоні, так і у бентосі чи епіфітоні.

Водночас детальніший узагальнюючий аналіз наведеної схеми біотопічної приуроченості (Shcherbak et al., 2025a) дозволяє виділити дві групи водоростей — планктонні та контурні, які приурочені до певного субстрату (Passy, 2007; Oksiyuk et al., 2009; Zaytsev, 2015; Semenyuk et al., 2024). При цьому важливим і, на жаль, методично складним при диференціації біотопічної приуроченості виду є вибір «основної форми» існування конкретного виду в просторі. Для підкреслення важливості цієї дилеми на основі узагальнення численних авторських даних наведемо динаміку «зміни біотопічної приуроченості», «просторово-часової міграції» чи «обміну видів» між різними просторовими локалітетами, нішами, оселями тощо (Shcherbak et al., 2024a) для планктонних форм *Cyanobacteria* (роди *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microsystis*) і *Bacillariophyta* (*Stephanodiscus*, *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Melosira*) (рис. 1).

На сьогодні як у гідробіологічних, так і в альгологічних дослідженнях таксономічний склад водоростей поверхневої плівки такого цікавого біотопічного угруповання як плейстон – нейстон вивчений досить фрагментарно й потребує подальших досліджень.

Представлені на рис. 1 типи (варіанти) контурних угруповань, до яких входять типово планктонні форми, є альгологічними угрупованнями, які формуються у просторі й часі за низки певних біологічних, абіотичних, кліматичних та інших чинників. Наприклад, *Cyanobacteria* під час літньої інтенсивної вегетації формують «плями цвітіння», які є типовим альгонеїстоном. В осінній період вони можуть мігрувати у фітообростання, а після закінчення вегетації в зимовий період знаходитись у бентосі.

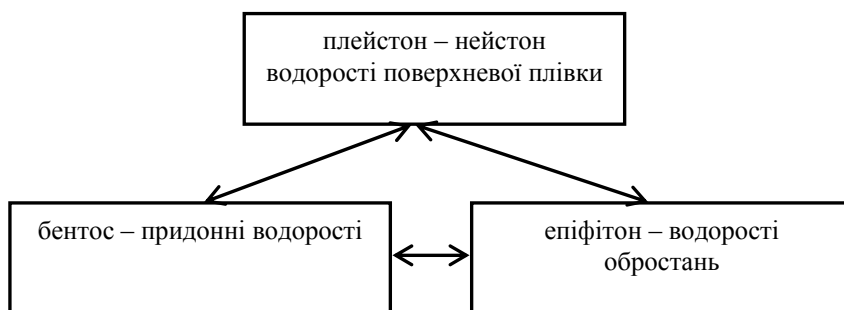


Рис. 1. Варіанти біотопічної приуроченості до певних субстратів типово планктонних форм *Cyanobacteria* і *Bacillariophyta* в різних контурних угрупованнях

При цьому міграція *Cyanobacteria* з планктонних угруповань у контурні та навпаки може бути зумовлена також зміною гідрологічного режиму, штормами чи антропогенним чинником (придонний забір води ГЕС та її скиди у розташоване нижче водосховище) (Semenyuk et al., 2025).

Варто зупинитися ще на одній важливій проблемі, пов'язаній з трактуванням альгоугруповань у міжнародному водогосподарському документі — Водній Рамковій Директиві ЄС 2000 (Directive 2000/60/EC, 2000). Так, із водоростевих угруповань до переліку біологічних елементів якості входять тільки фітопланктон і фітобентос, а поняття «фітоепіфітон» у ВРД відсутнє. Для того, щоб фітоепіфітон як важливий компонент альгофлори був врахований у ВРД, доречно, на нашу думку, використовувати термін «мікрофітобентос м'яких і твердих субстратів». Ретроспективним підтвердженням авторської думки є фундаментальна робота К.С. Влади-мирової (Vladimirova, 1978), яка розглядала фітоепіфітон як «перехідну біотопічну форму» водоростей, які, осідаючи з водної товщі (планктону), наприклад після закінчення інтенсивної вегетації, «затрималися» на поверхні вищих водяних рослин чи на інших твердих субстратах (затоплені дерева, каміння, греблі).

Отже, просторово-часова динаміка та біотопічна приуроченість водоростей контурних угруповань досліджені меншою мірою, ніж фіто-планктон (чи угруповання «водоростей водної товщі») (Shcherbak et al.,

2023а). Не менш важливим, особливо для каскаду дніпровських водосховищ, є встановлення континуальності й дискретності водоростевих угруповань на дні (мікрофітобентосу — МФБ) чи фітообростань вищих водяних рослин (фітоепіфітону — ЕФ).

Метою даної роботи є вивчення таксономічного різноманіття, структурної організації, оцінка наявності чи відсутності просторової континуальності — дискретності МФБ та ЕФ вищих водяних рослин верхньокаскадних дніпровських водосховищ — Київського та Канівського в літній період 2021 р.

Матеріали та методи

Робота базується на оригінальних матеріалах, отриманих у літній період (липень) на акваторіях Основного плеса (Київське) і верхньої ділянки (Канівське) дніпровських водосховищ. Важливо, що водні маси обох водосховищ являють собою єдину гідрологічну систему (гідрологічний континуум), характеризуються близькими кліматичними характеристиками, гідрофізичними та гідрохімічними показниками (Shcherbak et al., 2023b, 2024c, 2025b; Davydov, Koziyuchuk, 2024; Davydov et al., 2025). Не менш важливими були наступні методичні підходи:

- період отримання оригінальних даних припадав на липень — період інтенсивного розвитку водоростей і вегетації вищих водяних рослин;

- часовий інтервал відбору проб складав близько 15 днів, а це дозволяє стверджувати, що за цей час таксономічне різноманіття та його структурна організація не зазнали значних змін;

- на літоральних ділянках глибиною близько 0,5 м альгологічні проби мікрофітобентосу та фітоепіфітону відбиралися паралельно;

- надалі відбирали проби мікрофітобентосу в пелагіалі з глибини від 3,0 м і більше.

Карту-схему розміщення станцій спостереження та їхні географічні координати наведені раніше (Semenyuk et al., 2025).

Відбір водоростей бентосу й епіфітону в літоралі з горизонту 0,5 м був обґрунтований тим, що на цьому горизонті формуються найбільш сприятливі умови для вегетації водоростей (повна сонячна інсоляція, оптимальний температурний і гідрофізичний режим) і негативний вплив «раптових» спрацювань рівнів води на водосховищах є мінімальним.

Іншим, не менш важливим методичним підходом, який, на нашу думку, дозволяє отримувати більш об'єктивні дані, особливо при порівнянні таксономічного різноманіття МФБ та ЕФ літоралі, був відбір проб ЕФ лише з домінуючих у водосховищах занурених видів водяних рослин — куширу

зануреного (*Ceratophyllum demersum* L.), рдесника пронизанолистого (*Potamogeton perfoliatus* L.) та водопериці колосистої (*Myriophyllum spicatum* L.).

Методи відбору альгологічних проб, фіксації, камерального опрацювання детально описані раніше (Davydov, 2006; Shcherbak, 2006; Shcherbak et al., 2023b, 2024b). Номенклатуру водоростей наведено за Міжнародним електронним каталогом AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2023).

Подібність видового складу водоростевих угруповань визначали за коефіцієнтом Серенсена (Sørensen, 1948). Вплив просторового чинника на подібність локальних альгоугруповань оцінювали за допомогою показника «зниження подібності з відстанню» (*Distance Decay of Similarity*) (Wetzel et al., 2012).

У роботі обґрунтовано доцільність авторських методичних підходів до оцінки континуальності — дискретності контурних альгоугруповань МФБ та ЕФ. Для математичного опрацювання даних використовували комп'ютерні програми Past 4.03, MS Excel.

Результати та обговорення

Таксономічне різноманіття й структурна організація контурних альгоугруповань Київського і Канівського водосховищ

В електронному додатку до статті* наведено таксономічний список МФБ та ЕФ Київського і Канівського водосховищ відповідно до системи AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2023).

У цілому водорості контурних угруповань на найвищому таксономічному рівні були представлені 8 відділами, яких у Київському вдсх налічувалося 7, а в Канівському – 8 (табл. 1). Основу таксономічного різноманіття формували три відділи, які можна розташувати в такому ранжируваному порядку за кількістю внутрішньовидових таксонів: *Bacillariophyta* > *Chlorophyta* > *Cyanobacteria*. Такий ранжируваний ряд розподілу видів і внутрішньовидових таксонів був характерним для обох компонентів контурних альгоугруповань як у головному, так і внутрішньокаскадному водосховищах. Водорості інших відділів (*Cryptista*, *Ochrophyta*, *Charophyta*, *Miozoa*) траплялися зазвичай поодинокими видами, частки яких у загальному таксономічному різноманітті МФБ та ЕФ не перевищували 2–4%.

* Див.: <https://doi.org/10.15407/alg35.04.253>

Вважаємо, що присутність планктонних форм *Cyanobacteria* та *Chlorophyta* в МФБ та ЕФ вказує на просторовий континуум між планктонними та контурними угрупованнями. Водночас прикладом дискретності між компонентами контурних угруповань є переважання у МФБ діатомей з родів *Surirella*, *Pinnularia*, *Neidium* (Davydov, Koziychuk, 2024), тоді як у ЕФ — з родів *Cocconeis*, *Achnanthes* та *Planothidium* (Shcherbak et al., 2023b).

Таблиця 1. Таксономічне різноманіття й структурна організація мікрофітобентосу та фітоепіфітону Київського та Канівського водосховищ (липень 2021 р.)

Відділ	Водосховище			
	Київське		Канівське	
	Мікрофітобентос	Фітоепіфітон	Мікрофітобентос	Фітоепіфітон
<i>Cyanobacteria</i>	$\frac{22}{11}$	$\frac{11}{7}$	$\frac{22}{10}$	$\frac{10}{7}$
<i>Bacillariophyta</i>	$\frac{132\ (135)}{67}$	$\frac{109\ (111)}{69}$	$\frac{134\ (138)}{68}$	$\frac{115\ (116)}{78}$
<i>Cryptista</i>	$\frac{1}{1}$	—	$\frac{1}{1}$	—
<i>Miozoa</i>	—	—	—	$\frac{1}{1}$
<i>Ochrophyta</i>	$\frac{4}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	—
<i>Charophyta</i>	$\frac{1}{1}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$
<i>Chlorophyta</i>	$\frac{30\ (31)}{15}$	$\frac{26\ (27)}{17}$	$\frac{29\ (31)}{14}$	$\frac{17}{11}$
<i>Euglenozoa</i>	$\frac{5}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{1}{1}$

Примітка. Над рискою — кількість видів, у дужках — кількість внутрішньовидових таксонів; під рискою — частка (%) даного відділу в загальній кількості внутрішньовидових таксонів.

У якості видів, що відображають просторову дискретність між контурними та планктонними угрупованнями, можна розглядати представників *Miozoa* (родів *Peridinium*, *Glenodinium*), які формують до 61–84% біомаси літнього фітопланктону дніпровських водосховищ, а у МФБ трапляються поодинокі (Shcherbak et al., 2024b).

Вочевидь обмін (міграція) видів із різною біотопічною приуроченістю в системі «планктон↔контурні угруповання» потребує подальших альгологічних і гідробіологічних досліджень.

З *Euglenozoa*, більшість з яких є індикаторами органічного забруднення, у МФБ було ідентифіковано 5–6 видів, у ЕФ — 1–3 види (1–3%). Це свідчить про відсутність суттєвого органічного забруднення водосховищ, що також підтверджується раніше опублікованими даними (Shcherbak et al., 2023c).

У Київському вдсх загальна кількість внутрішньовидових таксонів контурних угруповань становила 286, з яких на МФБ припадало 199, на ЕФ — 159. У Канівському вдсх загальна кількість внутрішньовидових таксонів складала 249, з яких на МФБ та ЕФ припадало 202 та 147 ввт відповідно. Представлені узагальнені дані вказують на вище різноманіття в обох водосховищах МФБ, ніж ЕФ, що, вочевидь, було зумовлено дослідженням МФБ як на глибоководних, так і мілководних ділянках (Davydov, Koziychuk, 2024, 2025).

Таблиця 2. Провідні родини мікрофітобентосу та фітоепіфітону Київського та Канівського водосховищ (липень 2021 р.)

Родина	Мікрофітобентос				Фітоепіфітон			
	Київське вдсх	Ранг	Канівське вдсх	Ранг	Київське вдсх	Ранг	Канівське вдсх	Ранг
<i>Bacillariaceae</i>	16	2	16	2,5	6	8,5	10	4
<i>Scenedesmaceae</i>	14	3,5	16	2,5	13	1,5	7	7,5
<i>Naviculaceae</i>	19	1	19	1	9	5	16	1
<i>Cymbellaceae</i>	14	3,5	14	4	12	3,5	9	5,5
<i>Gomphonemataceae</i>	9	5,5	10	5	13	1,5	11	2,5
<i>Achnanthidiaceae</i>	9	5,5	8	6	12	3,5	11	2,5
<i>Microcystaceae</i>	7	7,5	5	*	1	*	4	*
<i>Stephanodiscaceae</i>	5	*	7	7,5	5	*	7	7,5
<i>Fragilariaceae</i>	5	*	6	10	6	8,5	5	9,5
<i>Tabellariaceae</i>	4	*	6	10	6	8,5	5	9,5
<i>Staurosiraceae</i>	7	7,5	7	7,5	8	6	9	5,5
<i>Eunotiaceae</i>	6	9	3	*	2	*	2	*

Пр и м і т к а . Жирним шрифтом виділено родини, які займають перші п'ять рангових місць;
* — рангове місце родини знаходиться після 10-го.

Загальне таксономічне різноманіття контурних альгоугруповань Основного плеса Київського і Верхньої ділянки Канівського водосховищ у липні 2021 р. становило 339 ввт, що вказує на важливу роль МФБ та ЕФ у

біорізноманітті екосистем верхньокаскадних дніпровських водосховищ. Для об'єктивної характеристики таксономічного різноманіття альгоугруповань важливим є визначення провідних родин і родів та їхній ранговий розподіл.

Серед 10 провідних родин контурних угруповань найвищі ранги (від 1-го до 5-го) займали *Bacillariaceae* (27) > *Scenedesmaceae* (26) > *Naviculaceae* (24) > *Cymbellaceae* (21) > *Gomphonemataceae* (17 ввт) відповідно (табл. 2). Провідна роль належала представникам *Bacillariophyta*.

Домінування останніх у МФБ та ЕФ обох водосховищ спостерігалось також на рівні провідних родів. Тільки два з них належали до *Chlorophyta* (табл. 3). Ранжирування родів у загальному списку МФБ та ФЕ Київського і Канівського водосховищ мало вигляд: *Nitzschia* (23) > *Gomphonema*, *Desmodesmus* (17) > *Navicula* (13) > *Eunotia* (9).

Таблиця 3. Провідні роди мікрофітобентосу та фітоепіфітону Київського та Канівського водосховищ (липень 2021 р.)

Рід	Мікрофітобентос				Фітоепіфітон			
	Київське вдсх	Ранг	Канівське вдсх	Ранг	Київське вдсх	Ранг	Канівське вдсх	Ранг
<i>Nitzschia</i>	15	1	13	1	6	5,5	9	2,5
<i>Gomphonema</i>	9	3,5	10	3	13	1	11	1
<i>Desmodesmus</i>	9	3,5	10	3	7	2,5	4	9
<i>Navicula</i>	12	2	10	3	7	2,5	9	2,5
<i>Eunotia</i>	6	5,5	3	*	2	*	2	*
<i>Cymbella</i>	6	5,5	6	6	6	5,5	5	5
<i>Placoneis</i>	5	7	7	5	4	9,5	4	9
<i>Planothidium</i>	4	*	4	*	6	5,5	6	4
<i>Fragilaria</i>	4	*	4	*	3	*	3	*
<i>Trachelomonas</i>	3	*	5	7	2	*	—	—
<i>Ulnaria</i>	3	*	4	*	6	5,5	4	9
<i>Ulothrix</i>	—	—	—	—	2	*	4	9
<i>Pinnularia</i>	4	*	2	*	—	—	1	*

Примітка. Жирним шрифтом виділено роди, які займають перші 5 рангових місць;
* — рангове місце роду знаходиться після 10-го; «—» — представників роду не виявлено.

Ще однією спільною закономірністю для провідних родин і родів є присутність у «першій трійці» ценобіальних форм із *Chlorophyta* і відсутність представників *Cyanobacteria*.

Водночас аналіз багаторічних авторських даних щодо мікрофітобентосу та фітоепіфітону дніпровських водосховищ (Shcherbak et al., 2023b, c) показує, що в осінній період, особливо після інтенсивного літнього «цвітіння», таксономічне багатство контурних альгоугруповань значно збільшується за рахунок видів з родів *Anabaena*, *Microcystis* тощо.

Отже, контурні альгоугруповання верхньокаскадних дніпровських водосховищ характеризуються високим таксономічним різноманіттям, структура якого в літній період 2021 р. формується комплексом *Bacillariophyta* – *Chlorophyta*. Угруповання водоростей на дні представлені більшою кількістю видів, ніж на вищих водних рослинах. Це зумовлено тим, що дослідження МФБ охоплювали різнотипні біотопи (глибоководні та мілководні), а ЕФ досліджували лише на одній екологічній групі рослин — занурених рослинах (*Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum*). Очевидно, що цей, до певної міри, суб'єктивний, але методично обґрунтований чинник, за якого не враховувалося фітообростання інших екологічних груп вищих водних рослин (повітряно-водні, рослини з плаваючим листям), дещо знизив значення ЕФ у формуванні таксономічного різноманіття контурних угруповань досліджених водосховищ.

Просторова континуальність — дискретність контурних альгоугруповань

Правомірність аналізу просторової континуальності — дискретності досліджуваних контурних угруповань обґрунтована наступними чинниками:

а) основне плесо Київського і верхня частина Канівського водосховищ характеризуються гідрологічним континуумом, за якого водні маси головного водосховища через придонний водозабір Київської ГЕС надходять до внутрішньокаскадного (Semenyuk et al., 2025);

б) часовий інтервал відбору проб не перевищував двох тижнів — періоду, упродовж якого таксономічний склад водоростевих угруповань не зазнавав суттєвих змін;

в) упродовж періоду досліджень не відбувалося значних змін інтенсивності сонячної інсоляції, температури і рівня води у водосховищах чи інших антропогенних впливів;

г) відбір проб МФБ та ЕФ на мілководді проводили паралельно, надалі відбирали проби МФБ на глибоководних ділянках.

Дослідження континуальності — дискретності водоростевих угруповань розпочалося досить давно (Sereda, 2008; Shcherbak et al., 2008; Shcherbak,

Korniychuk, 2005; Semeniuk, 2020; Shcherbak et al., 2023d). Але в цьому аспекті, як правило, описували лише якісні характеристики, без застосування кількісних показників.

У даній роботі пропонується використовувати такі методичні підходи для аналізу континуальності — дискретності:

– кластерний аналіз водоростевих угруповань за величинами індексу Серенсена (Sørensen, 1948). Якщо $K_S > 0,50$, то це континуальні угруповання, а якщо $K_S < 0,50$, то дискретні;

– оцінка швидкості зміни видової подібності з географічною відстанню, у тому числі наведення відповідних рівнянь лінійної регресії;

– порівняння величин коефіцієнта лінійної регресії (a), який відображає швидкість зниження подібності локальних угруповань зі збільшенням географічної відстані;

– побудова відповідних дендрограм і графіків зниження подібності з відстанню для більшої інформативності та наочності.

Результати кластерного аналізу, представлені на рис. 2, відображають просторовий континуально-дискретний розподіл контурних альгоугруповань досліджуваних водосховищ у липні 2021 р.

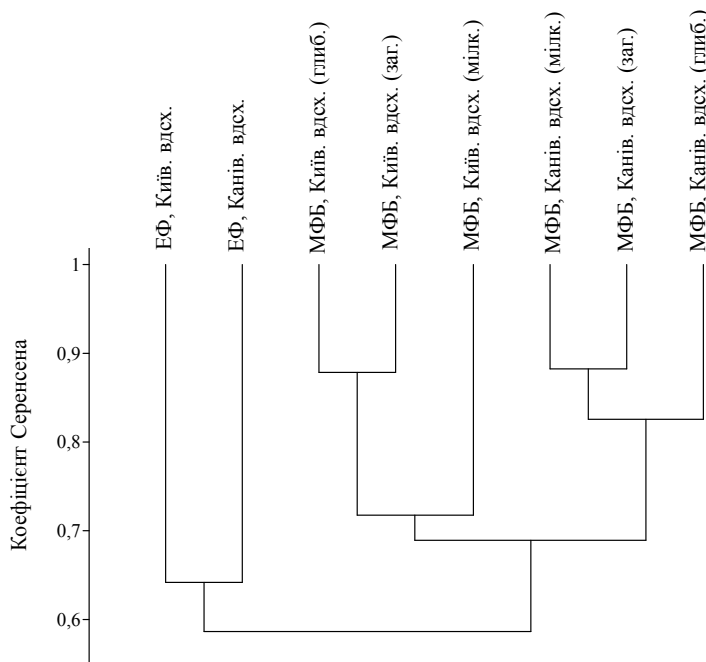


Рис. 2. Кластерний аналіз видового складу мікрофітобентосу та фітоепіфітону Київського та Канівського водосховищ (липень 2021 р.): МФБ — мікрофітобентос, ЕФ — епіфітон; мілк. — мілководні ділянки (літаль), глиб. — глибоководні ділянки (пелагіаль), заг. — загальний список видів для мілководних і глибоководних ділянок

Досліджені компоненти контурних угруповань сформували три кластери, кожен з яких характеризується вираженою континуальністю, про що свідчать високі показники коефіцієнта Серенсена ($K_S > 0,50$).

- а) кластер мікрофітобентосу Київського вдсх;
- б) кластер мікрофітобентосу Канівського вдсх;
- в) кластер фітоепіфітону досліджених водосховищ.

Так, мінімальні величини коефіцієнта Серенсена становили 0,46–0,47 — між таксономічним складом фітоепіфітону обох водосховищ і мікрофітобентосу Київського вдсх, що вказує на дискретність цих альгоугруповань. Максимальні величини коефіцієнта Серенсена (0,80–0,88) характеризують континуум таксономічного різноманіття мікрофітобентосу в межах окремих водосховищ з їхніми мілководними та глибоководними локалітетами.

Отже, проведений кластерний аналіз показав досить складний просторовий розподіл окремих компонентів контурних угруповань, де діалектично поєднані континуальність мікрофітобентосу мілководних і глибоководних ділянок, дискретність мікрофітобентосу різних водосховищ та дискретність фітоепіфітону як окремого альгоугруповання.

Для поглибленого аналізу просторового розподілу контурних угруповань було оцінено зміни у видовій подібності локальних альгоугруповань за коефіцієнтом Серенсена (Sørensen, 1948) залежно від географічної відстані між локалітетами за оригінальними даними, отриманими в липні 2021 р. Досліджувані водосховища розглядалися як єдина гідрологічна система (гідрологічний континуум) у межах близько 70 км акваторії.

На рис. 3 (а, б, в) представлено графіки залежності між географічною відстанню та коефіцієнтами Серенсена, яка описується рівняннями лінійної регресії, наведеними на відповідних рисунках.

Отже, для контурних альгоугруповань Київського та Канівського водосховищ встановлена тенденція до зниження подібності видового складу при збільшенні географічної відстані між локалітетами. Це зумовлено тим, що чим більша відстань між локальними угрупованнями, тим менша ймовірність обміну чи міграції видів між ними.

Аналіз коефіцієнтів лінійної регресії (а), які відображають швидкість зниження подібності локальних угруповань з відстанню, показав, що найвищу величину коефіцієнта ($a = -0,001$) було зареєстровано для ЕФ, меншу — для МФБ мілководних ділянок ($a = -0,0007$) і найменшу — для МФБ глибоководних ($a = -0,0004$). Тобто швидкість зниження подібності з відстанню для фітоепіфітону була майже в півтора рази вищою, ніж для мікрофітобентосу мілководних ділянок, і майже в 2,5 рази вищою, ніж для мікрофітобентосу глибоководних ділянок.

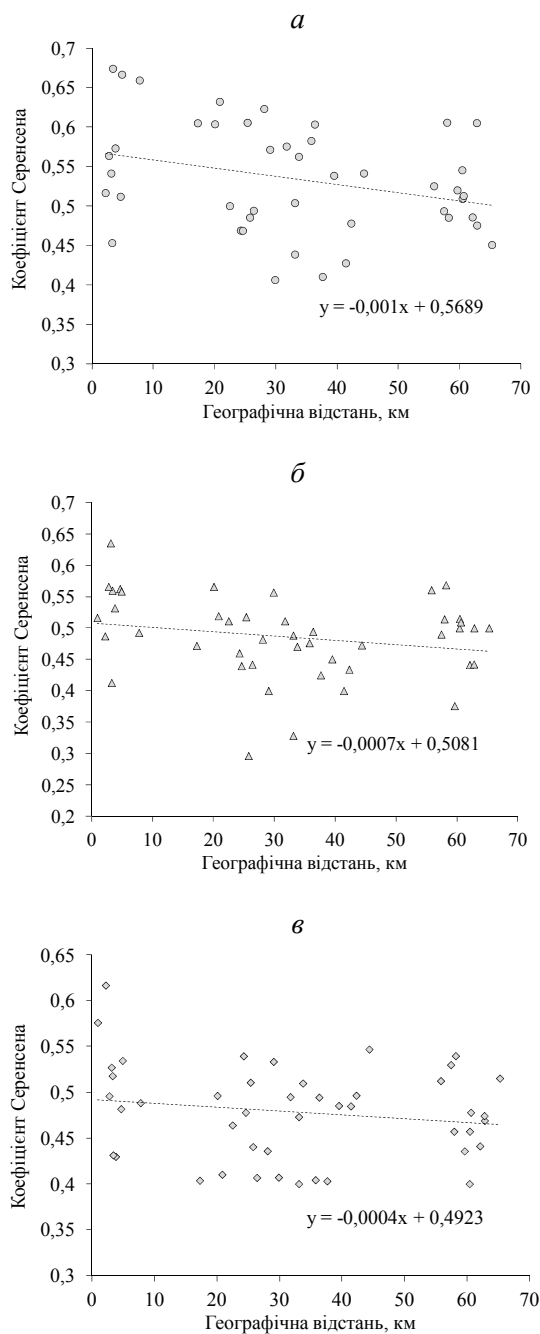


Рис. 3. Зниження видової подібності локальних альгоугруповань Київського та Канівського водосховищ за коефіцієнтом Серенсена зі збільшенням географічної відстані між локалітетами в липні 2021 р.: *а* — ЕФ; *б* — МФБ мілководних ділянок; *в* — МФБ глибоководних ділянок

З огляду на це можна стверджувати, що серед досліджуваних контурних угруповань найвищий рівень дискретності притаманний фітоепіфітону, що

може бути зумовлено гетерогенними біотопічними умовами його існування (угруповання вищих водних рослин як субстрат). Натомість найвищий рівень континуальності властивий мікрофітобентосу глибоководних ділянок. Можливо це пов'язано з тим, що глибоководні ділянки належать до так званих «транзитних зон» (Timchenko et al., 2013), де проходить основний водообмін в обох водосховищах, який апіорі сприяє обміну видами між локальними угрупованнями.

Отже, контурним угрупованням верхньокаскадних дніпровських водосховищ притаманний континуально-дискретний просторовий розподіл, що є важливою складовою їхньої біотопічної приуроченості та формування таксономічного різноманіття. Водночас, цей напрямок потребує більш детальної уваги як в альгологічних, так і в гідробіологічних дослідженнях.

Заключення

Аналіз альгологічних і гідробіологічних напрацювань показує, що контурні альгоугруповання відіграють важливу роль у біорізноманітті континентальних гідроекосистем, але на сьогодні їхньому вивченню приділяється менше уваги, ніж фітопланктону.

За оригінальними даними, отриманими в результаті комплексних досліджень у липні 2021 р., таксономічне різноманіття МФБ та ЕФ Київського та Канівського водосховищ налічує 327 видів (339 ввт) із восьми систематичних відділів. У Київському вдсх було ідентифіковано 268 ввт, з яких на МФБ припадало 199 таксонів, на ЕФ — 159. Відповідно, для Канівського вдсх ці показники складають 202 і 147 таксонів. МФБ водосховищ представлений більшою кількістю внутрішньовидових таксонів, оскільки його дослідження охоплювали як літораль, так і пелагіаль.

Основу видового різноманіття у МФБ та ЕФ формували *Bacillariophyta* (68–78% флористичного спектра), а в якості субдомінантів — *Chlorophyta* і *Cyanobacteria* (відповідно 11–17 і 7–11% флористичного спектра). Водночас *Cryptista*, *Miozoa*, *Ochrophyta*, *Charophyta* та *Euglenozoa* були представлені незначною кількістю видів, а їхні частки у флористичних спектрах не перевищували 1–4%.

Різноманіття провідних родин можна представити у вигляді наступного ранжируваного ряду: *Bacillariaceae* (27) > *Scenedesmaceae* (26) > *Naviculaceae* (24) > *Cymbellaceae* (21) > *Gomphonemataceae* (17 ввт), а провідних родів — *Nitzschia* (23) > *Gomphonema* (= *Desmodesmus*) (17) > *Navicula* (13) > *Eunotia* (9) відповідно.

Вперше застосовані кількісні методи оцінки просторової континуальності — дискретності як важливої характеристики біотопічної

приуроченості контурних альгоугруповань Київського та Канівського водосховищ.

Так, вперше для контурних альгоугруповань Київського та Канівського водосховищ застосовано кластерний аналіз, який дозволив виділити три великі кластери: МФБ Київського вдсх, МФБ Канівського вдсх, ЕФ досліджених водосховищ.

Іншим застосованим методом є оцінка змін видової подібності локальних альгоугруповань зі збільшенням географічної відстані в межах 70 км акваторії водосховищ. Були отримані рівняння лінійної регресії, які вказують на те, що найвища швидкість зниження подібності з відстанню ($a = -0,001$) характерна для ЕФ, а найменша ($a = -0,0004$) — для МФБ глибоководдя. Для МФБ мілководь ця величина у 2,5 раза більша ($a = -0,0007$), ніж для МФБ глибоководь.

Отже, просторова континуальність і дискретність контурних альгоугруповань у гідроекосистемах, між якими існує гідрологічний континуум водних мас, є важливою характеристикою їхнього таксономічного різноманіття, що можливо оцінити за допомогою запропонованих кількісних показників.

Список літератури

- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. 2006. *Biodiversity of algae – indicators of the environment*. Tel Aviv: PiliesStudio. 498 p.
- Davydov O.A. 2006. Epiphytic algal communities. In: *Methods of hydroecological investigations of surface waters*. Kyiv: Logos. Pp. 33–37. [Давидов О.В. 2006. Епіфітні угруповання водоростей. В кн.: *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод*. Київ: Логос. С. 33–37.]
- Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. 2024. Peculiarities of the formation of benthic algae communities in the Kyiv reservoir (Ukraine). *Hydrobiol. J.* 60(6): 22–32.
- Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. 2025. Taxonomic diversity of microphytobenthos in the shallow water zone of the Kyiv Reservoir (Ukraine). *Ukr. J. Nat. Sci.* 11: 27–34. [Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. 2025. Таксономічне різноманіття мікрофітобентосу мілководної зони Київського водосховища (Україна). *Укр. журн. природ. наук.* 11: 27–34.]
- 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): 173–193. [Давидов О.А., Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Козійчук Е.Ш. 2025. Структура мікрофітобентосу пелагіалі та літоралі Київського водосховища. *Альгологія*. 35(3): 173–193.] <https://doi.org/10.15407/alg35.03.173>

- Directive 2000/60/EC, 2000. Water Framework Directive of the European Parliament and the Council, of 23 October 2000, Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. *Offic. J. Eur. Commun.* L327: 1–72.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2023. *AlgaeBase*. World-wide electron. Publ. Nat. Univ. Ireland, Galway.
- Oksiyuk O.P., Davydov O.A., Karpezo Yu.I. 2009. Ecological and morphological structure of microphytobenthos. *Hydrobiol. J.* 45(2): 13–23.
- Passy S.I. 2007. Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquat. Bot.* 86(2): 171–178.
- Semeniuk N. 2020. *Epiphytic algal communities of the Dnieper basin waterbodies*: Dr. Sci. (Biol.) Abstract. Kyiv. 40 p. [Семенюк Н.Є. *Фітоеніфітон водних об'єктів басейну Дніпра*: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Київ. 40 с.]
- Semenyuk N.E., Shcherbak V.I., Shelyuk Yu.S. 2024. Patterns of contour algal communities' functioning in aquatic ecosystems of the Dnieper basin (Ukraine) under different alternative stable regimes. *Ukr. J. Nat. Sci.* 8: 231–244. [Semenyuk N.E., Shcherbak V.I., Shelyuk Yu.S. 2024. Закономірності функціонування контурних угруповань водоростей у водних екосистемах басейну Дніпра (Україна) за різних альтернативних стабільних режимів.] *Укр. журн. природ. наук.* 8: 231–244.]
- Semenyuk N.Ye., Shcherbak V.I., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. 2025. Dynamics of local phytoplankton communities in the upper-cascade Dnieper reservoirs under present conditions. *Algologia.* 35(1): 30–57. [Семенюк Н.Є., Щербак В.І., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. 2025. Динаміка локальних угруповань фітопланктону верхньокаскадних дніпровських водосховищ за сучасних умов. *Альгологія.* 35(1): 30–57.] <https://doi.org/10.15407/alg35.01.030>
- Sereda T.M. 2008. *Phytoplankton of the Desna River as an indicator of the river ecosystem state*: PhD (Biol.) Abstract. Kyiv. 23 p. [Середа Т.М. *Фітопланктон Десни як показник стану річкової екосистеми*: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ. 23 с.]
- Shcherbak V.I. 2006. Phytomicrobenthos. In: *Methods of hydroecological investigations of surface waters*. Kyiv: Logos. Pp. 28–32. [Щербак В.І. 2006. Фітомікробентос. В кн.: *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод*. Київ: Логос. С. 28–32.]
- Shcherbak V.I., Korniychuk N.N. 2005. Continuity and discreteness of the river phytomicro-epiphyton. *Rep. NAS Ukraine.* 9: 208–212. [Щербак В.І., Корнійчук Н.М. 2005. Континуальність та дискретність річкового фітомікроепіфітону. *Доп. НАН України.* 9: 208–212.]
- Shcherbak V.I., Maistrova N.V., Semeniuk N.Ye. 2008. Continuity and discreteness of algal communities in the human-modified bay of the Kaniv Reservoir. *Hydrol., Hydrochem., Hydroecol.* 15: 158–168. [Щербак В.І., Майстрова Н.В., Семенюк Н.Є. 2008. Континуальність і дискретність водоростевих угруповань антропогенно порушеної затоки Канівського водосховища. *Гідрол., гідрохім., гідроекол.* 15: 158–168.]

- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Lutsenko D.A. 2023a. Diveristy and ecological characteristics of algae in the water column in the subbasin of the large Danube lakes during the autumn-winter period (Ukraine). *Int. J. Algae*. 25(1): 71–94. <https://10.1615/InterJAlgae.v25.i1.50>
- 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 1: Taxonomic, ecological diversity and spatial patterns. *Algologia*. 33(3): 147–184. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Ларіонова Д.П. 2023б. 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. 2023c. 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. 2023с. 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., Liashenko A.V., Semeniuk N.Ye., Zorina-Sakharova K.Ye., Lutsenko D.A. 2023d. Continuity and discreteness of the communities of hydrobionts in the lotic-lentic ecosystem of the Danube River Delta: Phytoplankton. *Hydrobiol. J.* 59(3): 3–27.
- 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. *Ecol. Noospher.* 35(2): 112–120. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А. 2024а. Дослідження просторового розподілу метагруповань водоростей планктону, бентосу, перифітону в різнотипних гідроекосистемах. *Екол. ноосфер.* 35(2): 112–120.]
- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. 2024b. Plankton and contour algal communities in the Ukrainian section of the Western Bug River and its tributaries. Report 1: Abiotic variables, taxonomic, ecological characteristics and floristics specifics of phytoplankton, microphytobenthos, phytoperiphyton. *Algologia*. 34(2): 130–159. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. 2024б. Планктонні та контурні угруповання водоростей української ділянки р. Західний Буг та її допливів. Повідомлення 1. Абіотичні складові, таксономічна, екологічна характеристика та флористичні особливості фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоперифітону. *Альгологія*. 34(2): 130–159.] <https://doi.org/10.15407/alg34.02.130>
- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Kutishchev P.S., Lutsenko D.A., Koziychuk E.Sh. 2024c. Phytoplankton characteristics in various ecosystems of the Dnieper River: Abiotic factors and phytoplankton taxonomic diversity. *Hydrobiol. J.* 60(4): 3–23.
- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. 2025a. Specifics of biotopic preference of algae in the water column in the freshwater ecosystems of different types.

- Algologia*. 35(2): 104–127. [Щербак В.І., Семенюк Н.С., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. 2025a. Особливості біотопічної приуроченості водоростей водної товщі прісноводних гідроєкосистем різного типу. *Альгологія*. 35(2): 104–127.]
<https://doi.org/10.15407/alg35.02.104>
- Shcherbak V.I., Semenyuk N.Ye., Kutishchev P.S., Lutsenko D.A., Koziychuk E.Sh. 2025b. Phytoplankton characteristics in various ecosystems of the Dnieper River: quantitative indices, dominant complex, response of algae to the influence of certain ecological factors, and water quality. *Hydrobiol. J.* 61(3): 3–29.
- 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. Danske Videnskab. Selskab. Biol. Skrift.* 5(4): 1–46.
- Timchenko V.M., Lynnyk P.M., Kholodko O.P. et al. 2013. *Abiotic components of the Kyiv Reservoir ecosystem*. Kyiv: Logos. 59 p. [Тімченко В.М., Линник П.М., Холодько О.П. та ін. 2013. *Абіотичні компоненти екосистеми Київського водосховища*. Київ: Логос. 59 с.]
- Vladimirova K.S. 1978. *Phytomicrobenthos of the Dnieper, its reservoirs and the Dnieper-Bug Estuary*. Kyiv: Nauk. Dumka. 365 p. [Владимирова К.С. 1978. *Фитомикробентос Дняпра, его водохранилищ и Днепровско-Бугского лимана*. Киев: Наук. думка. 365 с.]
- Wetzel C.E., Bicudo D. de C., Ector L., Lobo E.A., Soininen J., Landeiro V.L., Bini L.M. 2012. Distance decay of similarity in neotropical diatom communities. *PLoS ONE*. 7(9): e45071.
- Zaytsev Yu.P. 2015. On contour structure of biosphere. *Hydrobiol. J.* 51(3): 3–24.

Semeniuk N.Ye. (<https://orcid.org/0000-0003-4447-3507>)

Shcherbak V.I. (<https://orcid.org/0000-0002-1237-6465>)

Davydov O.A. (<https://orcid.org/0009-0004-2381-723X>)

Koziychuk E.Sh. (<https://orcid.org/0009-0002-5762-938X>)

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

Continuity and discreteness of taxonomic structure of contour algal communities in the Dnipro reservoirs (Ukraine)

Taxonomic diversity of contour algal communities (microphytobenthos and phytoepiphyton) of Kyiv and Kaniv reservoirs in the summer of 2021 comprised 327 species (339 infraspecies taxa, ist) from 8 phyla. In Kyiv Reservoir 268 ist were identified, with microphytobenthos represented by 199 taxa, and phytoepiphyton represented by 159 taxa. For Kaniv Reservoir these values make 202 and 147 taxa respectively. The contour algal communities were dominated by *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* and *Cyanobacteria*. The leading families were *Bacillariaceae*, *Scenedesmeceae*, *Naviculaceae*, *Cymbellaceae*, *Gomphonemataceae*; the leading genera — *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Desmodesmus*,

Navicula, *Eunotia*. Cluster analysis of algal communities according to Sorensen similarity coefficient distinguished three large clusters: microphytobenthos of Kyiv Reservoir, microphytobenthos of Kaniv Reservoir, phytoepiphyton of the reservoirs under study. The effect of spatial factor on algal communities has been assessed with the Distance Decay of Similarity, that is the relation between the species similarity of local communities and the geographic distance between the localities. The linear regression equations show, that the highest degree of distance decay of similarity ($a = -0.001$) had phytoepiphyton, the lower — microphytobenthos of the shallow water areas ($a = -0.0007$) and the lowest ($a = -0.0004$) — microphytobenthos of the deep water areas. Thus, phytoepiphyton had the highest degree of discreteness. It can be explained by heterogeneity of the habitat conditions (aquatic vascular plants as substrata). On the contrary, the highest degree of continuity was observed for microphytobenthos of the deep water areas, referring to «transit» areas, where water turnover facilitates exchange of species among the local algal communities.

Key words: contour algal communities, microphytobenthos, phytoepiphyton, taxonomic diversity, structural organization, continuity, discreteness