

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

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

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

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

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

* Адреса для листування: davydovoleg01@gmail.com

СТРУКТУРА МІКРОФІТОБЕНТОСУ ПЕЛАГІАЛІ ТА ЛІТОРАЛІ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Реферат. Встановлено спільності та відмінності в структурній організації мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі Київського вдсх у сучасний період. Оцінено можливість використання отриманих результатів для більш точного визначення якості води в придонних шарах мілководних і глибоководних ділянок. За результатами ретроспективного аналізу показано, що впродовж 60-річного періоду існування Київського вдсх мікрофітобентос був представлений полідомінантним комплексом *Bacillariophyta—Chlorophyta—Cyanobacteria*. Упродовж досліджень мікрофітобентосу з 1966 по 1984 рр. його видове і внутрішньовидове багатство коливалося в межах 104 видів (146 внутрішньовидових таксонів, ввт) — 165 видів (234 ввт), а за оригінальними даними 2021 р. нараховує 194 види (199 ввт), що свідчить про багаторічну стабільність структури донних альгоугруповань. На найвищих щаблях таксономічної ієрархії (відділ—порядок) структурна організація мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі є аналогічною, а відмінності реєструються на рівні родин — видів (ввт). Найвищою частотою трапляння в літоралі (17–100%) та пелагіалі (33–100%) характеризувалися 22 види, серед яких переважали *Bacillariophyta*, представлені в основному пенатними формами. Із загальної кількості видів лише 4 види характеризувалися 100%-вою частотою трапляння як у літоралі, так і в пелагіалі. Це свідчить про своєрідність таксономічного складу мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі

Надійшла до редакції 21.05.2025. Після доопрацювання 16.06.2025. Підписана до друку 12.08.2025.

Опублікована 20.09.2025

Цитування. 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>

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

й гетерогенність його структури. Відмінності в частоті трапляння, величинах множинних індексів видової подібності Серенсена, коефіцієнтів Кендела свідчать про більш виражену гетерогенність мікрофітобентосу пелагіалі. За співвідношенням видів-індикаторів мікрофітобентосу та за індексами Пантле-Букк у модифікації Сладечека якість водного середовища досліджених ділянок у цілому характеризується як помірно забруднені води, β -мезосапробна зона, III клас якості води. Результати паралельного дослідження таксономічної структури донних альгоугруповань Київського вдсх свідчать про їхню своєрідність у літоралі та пелагіалі, високе різноманіття та важливу роль у функціонуванні автотрофної ланки екосистеми водосховища.

Ключові слова: мікрофітобентос, Київське водосховище, літораль, пелагіаль, таксономічне різноманіття, якість води

Вступ

У публікаціях, присвячених вивченню гідробіологічного режиму Дніпра та його водосховищ, починаючи з етапу незарегульованої річки, наголошується, що важливим компонентом автотрофної ланки головного в Дніпровському каскаді Київського вдсх є угруповання донних мікроскопічних водоростей — мікрофітобентосу (Hydrobiological..., 1967; Kyiv Reservoir, 1972; Vegetation..., 1989). Упродовж останніх трьох десятиліть основна увага гідробіологів була приділена вивченню фітопланктону та фітоепіфітону Київського вдсх, а дослідження мікрофітобентосу було поновлено лише в останні роки (Davydov, Koziyuchuk, 2024, 2025).

Мікрофітобентос в екологічному сенсі — складне альгоугруповання, яке включає як автохтонні, так і алохтонні компоненти та вегетує на розділі двох фаз: рідина — м'який субстрат і залежить від впливу різних абіотичних та біотичних чинників (Shcherbak, 2006; Oksiyuk et al., 2009).

Київське вдсх, як головне у Дніпровському каскаді, формується дніпровськими та прип'ятськими водами з відповідним гідрологічним, гідрохімічним та термічним режимом. Особливістю Київського вдсх є те, що площа літоралі в ньому в порівнянні з іншими водосховищами Дніпровського каскаду доволі значна й займає до 40% акваторії (Kyiv Reservoir, 1972).

На даний час літораль Київського вдсх інтенсивно заростає повітряно-водними рослинами (рогоз, очерет, комиш) та рослинами з плаваючим листям (Tsaplina et al., 2014), які є вагомим біологічним чинником, що суттєво лімітує розвиток мікрофітобентосу.

У пелагіалі таксономічне різноманіття та кількісний розвиток мікрофітобентосу значною мірою залежать від інтенсивності осідання з водної товщі планктонних форм. Це пов'язано:

– зі зміною гідрологічного режиму при надходженні планктостоків з річкової частини до Основного плеса водосховища, де швидкість течії значно сповільнюється;

– з особливостями вегетації планктонних форм на різних етапах їхньої життєдіяльності (в товщі води та на дні).

Ретроспективний аналіз свідчить, що таксономічне різноманіття мікрофітобентосу Київського вдсх розглядалося для водосховища в цілому, а відповідна інформація окремо для літоралі та пелагіалі в опублікованих джерелах відсутня.

У цілому оцінка впливу абіотичних, біотичних, кліматичних, антропогенних та інших чинників на різноманіття мікрофітобентосу потребує спеціальних комплексних досліджень. Тому першим кроком у цьому напрямку має бути встановлення спільностей та відмінностей між донними альгоугрупованнями літоралі та пелагіалі.

Мета роботи — порівняти структурну організацію мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі Київського вдсх й оцінити можливість використання отриманих результатів для більш точного визначення якості води та виявлення точкових чи розсіяних джерел забруднення на дні мілководних і глибоководних ділянок.

Матеріали та методи

Дослідження мікрофітобентосу проводили в середній та нижній ділянках Основного плеса водосховища (Kyiv Reservoir, 1972) в літній період 2021 р. Важливою особливістю цієї акваторії є:

– поєднання алохтонного фітостоків з річкових плесів Дніпра та Прип'яті, водні маси яких розтікаються по ложу водосховища;

– формування автохтонного мікрофітобентосу Основного плеса водосховища;

– наявність як пелагіалі (від 3,0 м і глибше), так і літоралі (від урізу до 3,0 м);

– відмінності в гідрологічних, гідрохімічних та гідрофізичних характеристиках пелагіалі та літоралі (Shcherbak, 1989; Vegetation..., 1989; Shcherbak et al., 2019).

Проби мікрофітобентосу відбирали на шести полігонах, які включали станції як на літоралі, так і в пелагіалі середньої та нижньої ділянок Основного плеса водосховища (Kyiv Reservoir, 1972). Географічні координати станцій відбору проб представлені в опублікованій раніше роботі (Davydov, Koziychuk, 2024). Альгологічні проби на літоралі відбирали у місцях, вільних від заростей вищих водних рослин з глибини

0,5 м мікробентометром МБВ, а в пелагіалі — на глибинах 4,5–6,0 м мікробентометром МБ-ТЄ (Shcherbak, 2006).

Камеральне опрацювання альгологічних проб виконували за загальноприйнятими методами із застосуванням камери Нажотта об'ємом 0,02 см³ (Shcherbak, 2006). Для ідентифікації *Bacillariophyta* виготовляли постійні препарати (Torachevskyi, Oksiyuk, 1960) з використанням синтетичної діатомової смоли Naphrax з індексом заломлення світла 1,74 та імерсійного об'єктиву 90[×].

Частоту трапляння виду визначали як відсоток альгологічних проб, у яких даний вид зустрічався, від загальної кількості проб (Shcherbak, 2002).

Коефіцієнти таксономічної подібності на рівні родин і родів визначали згідно Kendall (1955), а множинний коефіцієнт видової подібності Серенсена (K_S), який відображає ступінь «співпадіння» або «перекривання» (англ. *overlap*) видів у межах всієї акваторії (у нашому випадку літоралі чи пелагіалі), — за формулою (Baselga, 2010):

$$K_{SOR} = 1 - \frac{[\sum_{i < j} \min(b_{ij}, b_{ji})] + [\sum_{i < j} \max(b_{ij}, b_{ji})]}{2[\sum_i S_i - S_T] + [\sum_{i < j} \min(b_{ij}, b_{ji})] + [\sum_{i < j} \max(b_{ij}, b_{ji})]}$$

де S_i — кількість видів в угрупованні i ; S_T — загальна кількість видів в усіх порівнюваних угрупованнях; b_{ij} , b_{ji} — кількість видів, які трапляються лише в локальних угрупованнях i та j відповідно при попарному порівнянні.

Таксони водоростей, незалежно від рангу, наведені згідно з міжнародним електронним каталогом *AlgaeBase* (Guiry, Guiry, 2023).

Сапробіологічну характеристику якості водного середовища літоралі та пелагіалі за мікрофітобентосом визначали:

- за співвідношенням видів-індикаторів від χ -о-сапробів до α -сапробів;
- за величинами індексу сапробності Пантле-Букк у модифікації Сладечека за чисельністю (S_N) та біомасою (S_B) видів-індикаторів сапробності (Shcherbak et al., 2023b).

Результати та обговорення

Характеристика структури мікрофітобентосу на різних етапах існування водосховища

Згідно з Odum (1953), поняття «структура» включає характеристику будь-якого альгоугруповання на всіх щаблях систематичної ієрархії — від найвищого таксономічного рангу (відділу) до видів із внутрішньовидовими таксонами (ввт) включно як за абсолютними показниками (кількість

таксонів), так і за їхнім співвідношенням (%). Важливим методичним підходом, особливо при виконанні порівняльного аналізу та узагальнення, використання великого масиву літературних даних, для отримання більш репрезентативних результатів бажано використовувати не абсолютні, а відносні (%) показники.

Проведений ретроспективний аналіз флористичних спектрів мікрофітобентосу за період 1961–2021 рр. на різних етапах існування водосховища (незарегульована річкова ділянка Верхнього Дніпра, періоди становлення, стабілізації екосистеми водосховища та сучасний етап) для водосховища в цілому дозволяє стверджувати наступне:

- таксономічне різноманіття мікрофітобентосу в 1976, 1977 і 1984 рр. коливалось у межах від 165 видів (234 ввт) до 104 (146), тоді як за оригінальними даними (2021 р.) воно нараховувало 194 (199) відповідно¹;

- упродовж усього періоду досліджень, проведених співробітниками Інституту гідробіології НАН України, відмічалось, що у мікрофітобентосі домінують *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta* та *Chlorophyta* в різних відсотках (табл. 1);

- флористична частка *Cyanobacteria* та *Chlorophyta* була найбільшою на ділянці незарегульованого Верхнього Дніпра, акваторія якого характеризувалася високим різноманіттям біотопів, оскільки окрім річкового русла включала низку заплавних озер, стариць і рукавів. На сьогодні спостерігається зниження частки цих відділів у флористичному спектрі мікрофітобентосу;

- аналогічні закономірності характерні також для представників інших відділів;

- на всіх етапах існування водосховища, починаючи з періоду становлення і до сучасного періоду, провідна роль належала *Bacillariophyta*.

Наведені показники видового багатства досить близькі в межах значного часового інтервалу (більш ніж 40-річний період) і свідчать про закінчення періоду формування та стабілізації донних альгоугруповань.

Таким чином, на всіх етапах, що охоплюють 60-річний період існування Київського вдсх, мікрофітобентос незмінно був представлений полідомінантним комплексом *Bacillariophyta*—*Chlorophyta*—*Cyanobacteria*, що свідчить про його важливе значення у формуванні як біорізноманіття, так і стійкості до впливу різних екологічних чинників. Відповідно,

¹ Повний список таксономічного різноманіття мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі Київського вдсх у літній період 2021 р. наведено в електронному доповненні до статті на сайті (<https://doi.org/10.15407/alg35.03.173>).

мікрофітобентос є важливим компонентом автотрофної ланки, яка забезпечує життєдіяльність біоти Київського вдсх.

Таблиця 1. Флористичні спектри (%) провідних відділів мікрофітобентосу на різних етапах існування Київського вдсх

Відділ	Верхній Дніпро до зарегулювання ¹	Період становлення Київського вдсх ¹	Період стабілізації ²		Сучасний період ³
	1961–1963 рр.	1966–1967 рр.	1976 р.	1977 р.	2021 р.
<i>Cyanobacteria</i>	17	13	9	11	11
<i>Bacillariophyta</i> ⁴	23	37	36	39	68
<i>Chlorophyta</i>	33	32	29	38	16
Інші	27	18	26	12	5
Σ	100%	100%	100%	100%	100%

Примітки: 1 — дані К.С. Владимірової (Vladimirova, 1978); 2 — дані Л.В. Скорик (Skorik, 1989); 3 — оригінальні дані; 4 — представлена кількість видів, а також ті, що були ідентифіковані при використанні постійних препаратів *Bacillariophyta*.

Таксономічна структура мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі водосховища

На доцільності виділяти в дніпровських водосховищах окремо мікрофітобентос літоралі та пелагіалі наголошувала К.С. Владимірова (Vladimirova, 1978), але спеціальні дослідження з цього питання не проводилися. Тому було проведено порівняльний аналіз оригінальних даних за таксономічною структурою мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі на всіх щаблях систематичної ієрархії водоростей.

Так, за флористичними спектрами в літоралі та пелагіалі чільне місце, практично в рівних частках, займали *Bacillariophyta*. Для інших відділів отримані дещо відмінні результати. Зокрема, для *Chlorophyta* та *Euglenozoa* характерні більші частки у флористичному спектрі мікрофітобентосу в пелагіалі, а для *Cyanobacteria* — в літоралі. Цікаво, що *Charophyta* (рід *Cosmarium*) були зареєстровані лише в літоралі, а *Ochrophyta* (роди *Kephyrion*, *Ochromonas*) і *Cryptista* (рід *Cryptomonas*) — тільки в пелагіалі (див. рисунок).

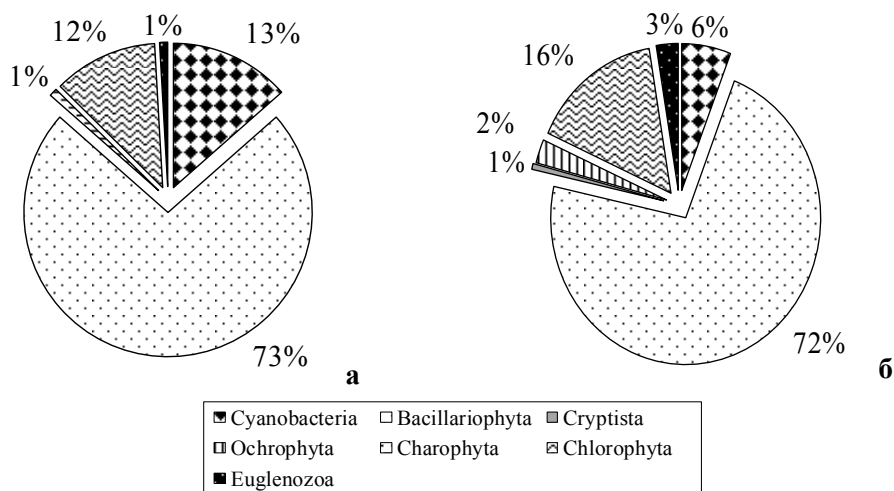


Рисунок. Порівняльна характеристика флористичних спектрів структури мікрофітобентосу літоралі (а) та пелагіалі (б) Київського вдсх

Характерною ознакою флористичних спектрів мікрофітобентосу Київського вдсх у сучасний період, незалежно від того, літораль це чи пелагіаль, є домінування водоростей трьох відділів, частки яких можна розташувати у вигляді ранжируваного ряду: *Bacillariophyta* > *Chlorophyta* > *Cyanobacteria*. Аналогічна картина характерна для річкової ділянки Верхнього Дніпра та Київського вдсх на етапах становлення (Vladimirova, 1978) і стабілізації (Skorik, 1989). Представлений ранжируваний ряд притаманний також флористичному спектру наведених відділів фітопланктону верхньокаскадних дніпровських водосховищ — Київського та Канівського (Shcherbak et al., 2023a, 2024b).

Наведені вище результати досліджень є ще одним незаперечним підтвердженням постійного взаємозв'язку різних альгоугруповань: фітопланктону та мікрофітобентосу в єдине ціле — автотрофну ланку дніпровських водосховищ.

Порівняльний аналіз таксономічного різноманіття мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі на всіх щаблях систематичної ієрархії показав цілковиту ідентичність структури мікрофітобентосу на рівні відділ — порядок для *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta* та *Chlorophyta*. Відмінності в їхній структурній організації досить показово проявляються на рівні родин, родів та, особливо, в кількості видів (ввт). Для *Bacillariophyta* це, зокрема, представники порядків *Stephanodiscales*, *Fragillariales*, *Eunotiales*, *Cymbellales*, *Achnanthes*, *Naviculales*, *Bacillariales*, *Rhopalodiales*, для *Cyanobacteria* — *Oscillatoriales*, *Chlorococcales*, *Nostocales*, для *Chlorophyta* — *Chlamydomonadales* і *Sphaeropleales* (табл. 2).

Таблиця 2. Порівняльна характеристика таксономічного різноманіття мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі Київського водсх у літній період 2021 р.

Відділ	Клас	Порядок		Родни (вгт)		Види (вгт)					
		Літораль	Пелаталь	Літораль	Пелаталь	Літораль	Пелаталь				
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Пелаталь	<i>Pseudanabaenales</i>		1	1	1	1			
			<i>Leptolyngibiales</i>		1	–	1	–			
			–		–	1	–	1			
			<i>Oscillatoriales</i>		1	1	2	1			
			–		–	1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3			
			<i>Nostocales</i>		1	1	2	2			
			<i>Melosirales</i>		1	1	1	1			
			<i>Aulacoseirales</i>		1	1	1	1			
			<i>Thalassiosirales</i>		1	–	1	–			
			<i>Stephanodiscoides</i>		1	1	1	2			
			<i>Fragilariales</i>		2	2	6	7			
			<i>Rhabdonematales</i>		1	1	1	3			
			<i>Liemophorales</i>		1	1	1	1			
			–		–	1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2	6	7			
<i>Rhabdonematales</i>		1				1	1	3			
<i>Liemophorales</i>		1				1	1	1			
–		–				1	–	1			
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Mastogoioides</i>		1	1	1	1			
			<i>Cymbellales</i>		3	5	7	8			
			<i>Achnanthes</i>		2	2	3	3			
			<i>Naviculales</i>		5	5	7	8			
			<i>Thalassiosiphysales</i>		1	1	1	1			
			<i>Bacillariales</i>		1	1	1	2			
			<i>Rhopaloditales</i>		1	1	1	1			
			<i>Striellales</i>		1	1	1	2			
			Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Літораль	<i>Chroococcales</i>		1	1	4	3
						<i>Nostocales</i>		1	1	2	2
<i>Melosirales</i>		1				1	1	1			
<i>Aulacoseirales</i>		1				1	1	1			
<i>Thalassiosirales</i>		1				–	1	–			
<i>Stephanodiscoides</i>		1				1	1	2			
<i>Fragilariales</i>		2				2					

[illegible]

Примітка: «-» — представники даного таксону відсутні.

Для більш детальної характеристики таксономічного різноманіття мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі проведено порівняльний аналіз на рівні провідних родин і родів, які мали ранг вище 10-го (табл. 3, 4).

Таблиця 3. Порівняльна характеристика провідних родин мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі Київського вдсх

Родина	Літораль		Пелагіаль	
	Кількість ввт	Ранг	Кількість ввт	Ранг
<i>Naviculaceae</i>	15	1	14	1,5
<i>Bacillariaceae</i>	4	8,5	14	1,5
<i>Cymbellaceae</i>	10	2	10	4
<i>Gomphonemataceae</i>	9	3	6	7
<i>Staurosiraceae</i>	7	4	7	5
<i>Scenedesmaceae</i>	6	5,5	11	3
<i>Achnanthidiaceae</i>	6	5,5	5	9,5
<i>Microcystaceae</i>	5	7	3	*
<i>Fragilariaceae</i>	2	*	6	7
<i>Eunotiaceae</i>	—	—	6	7
<i>Cocconeidaceae</i>	4	8,5	4	*
<i>Rhopalodiaceae</i>	1	*	5	9,5

П р и м і т к а . Жирним шрифтом позначено родини, які займають перші рангові місця; * — рангове місце родини знаходиться після 10-го, «—» — представників родини не виявлено.

Так, структурна організація мікрофітобентосу літоралі на рівні родин має вигляд наступного ранжируваного ряду: *Naviculaceae* > *Cymbellaceae* > *Gomphonemaceae* > *Staurosiraceae* > *Scenedesmaceae* та *Achnanthidiaceae*.

В структурній організації мікрофітобентосу пелагіалі два перші рангові місця займають дві родини з однаковою кількістю видів (по 14). Тому ранжируваний ряд провідних родин для пелагіалі має вигляд: *Bacillariophiaceae* та *Naviculaceae* > *Scenedesmaceae* > *Cymbellaceae* > *Staurosiraceae*.

Спільною ознакою представлених ранжированих рядів є те, що найвищі ранги у літоралі та пелагіалі притаманні видам з еколого-топічними уподобаннями до вегетації на різнотипних субстратах. У той же час типово планктонні форми (родина *Microcystaceae*) займають значно нижче рангове місце в літоралі, а в пелагіалі навіть не входять до десяти провідних родин.

Таблиця 4. Порівняльна характеристика провідних родів мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі Київського вдсх

Рід	Літораль		Пелагіаль	
	Кількість ввт	Ранг	Кількість ввт	Ранг
<i>Nitzschia</i>	4	5,5	13	1
<i>Navicula</i>	11	1	9	2
<i>Desmodesmus</i>	4	5,5	7	3
<i>Gomphonema</i>	7	2	6	4,5
<i>Eunotia</i>	—	—	6	4,5
<i>Placoneis</i>	5	3	3	*
<i>Epithemia</i>	2	*	5	6
<i>Cocconeis</i>	4	5,5	4	7,5
<i>Planothidium</i>	4	5,5	2	*
<i>Fragilaria</i>	1	*	4	7,5

Примітка. Жирним шрифтом позначено роди, які займають перші рангові місця; * — рангове місце роду знаходиться після 10-го, «—» — представників роду не виявлено.

Ранжируваний ряд провідних родів у мікрофітобентосі літоралі (табл. 4) має вигляд: *Navicula* > *Gomphonema* > *Placoneis* > *Cocconeis* — *Nitzschia* — *Planothidium*; а в пелагіалі: *Nitzschia* > *Navicula* > *Desmodesmus* > *Gomphonema* — *Eunotia*. Як і для родин, чільні рангові місця за кількістю видів у літоралі та пелагіалі займали роди, види яких приурочені до вегетації на різних субстратах.

Отже, проведений порівняльний аналіз показав як спільності, так і відмінності в структурній організації мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі на рівні провідних родин і родів.

Встановлено, що структурній організації мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі на рівні провідних родин і родів притаманна гетерогенність, яка проявляється особливо на рівні родин, родів та видів (ввт), що є важливою адаптаційною ознакою водоростевих угруповань у сучасних умовах.

Частота трапляння видів та оцінка подібності таксономічного складу мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі

Важливими показниками таксономічного різноманіття альгоугруповань є частота трапляння (%) конкретних видів та оцінка подібності мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі на рівні родин, родів і видів (ввт).

Проведений аналіз частоти трапляння 194 види (199 ввт) показав, що найвищою частотою трапляння характеризувалися 22 таксони. Серед них переважали *Bacillariophyta*, які за морфологічними ознаками налічували: пенатних форм — 15, а центричних — 5. *Cyanobacteria* та *Chlorophyta* представлені лише одним видом кожен (табл. 5).

Таблиця 5. Види водоростей з найбільшою частотою трапляння у мікрофітобентосі літоралі та пелагіалі Київського ввдх

Таксон	Частота трапляння, %	
	Літораль	Пелагіаль
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	100	100
<i>Aneumastus tusculus</i> (Ehrenberg) D.G.Mann & A.J.Stickle	100	50
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	100	100
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	100	100
<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	100	33
<i>Navicula reinhardtii</i> (Grunow) Grunow	100	67
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	100	83
<i>Staurosira binodis</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot	100	100
<i>Staurosirella martyi</i> (Héribaud) E.A.Morales & K.M.Manoylov	100	83
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	100	83
<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun ex Kützing	83	—
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	83	100
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	83	67
<i>Placoneis elginensis</i> (W.Gregory) E.J.Cox	83	67
<i>Planothidium rostratum</i> (Østrup) Lange-Bertalot	83	33
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	83	100
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen	67	83
<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald	50	83
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	33	83
<i>Opephora martyi</i> var. <i>polymorpha</i> (Jouravleva) Proshkina-Lavrenko	33	83
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	17	100
<i>Stephanodiscus binderanus</i> (Kützing) Krieger	—	83

«—» — вид не виявлено.

Подібна тенденція до домінування пенатних форм у мікрофітобентосі спостерігалась як у лентичних екосистемах (Канівське вдсх), так і в лотичних (р. Західний Буг з допливами) (Shcherbak et al., 2023a, 2024a).

Проведене ранжирування 22 видів з найвищою частотою трапляння у мікрофітобентосі за їхніми частотами трапляння дозволило виділити 8 груп:

1. Частота трапляння як у літоралі, так і в пелагіалі — 100% (4 види: *Amphora ovalis*, *Aulacoseira granulata*, *Cocconeis placentula* та *Staurosira binodis*).

2. Частота трапляння у літоралі — 100%, у пелагіалі — 50–99% (5 видів: *Aneumastus tusculus*, *Navicula reinhardtii*, *Staurosira construens*, *Staurosirella martyi* та *Ulnaria ulna*).

3. Частота трапляння у літоралі — 50–99%, у пелагіалі — 100% (2 види, які є типово планктонними формами: *Cyclotella meneghiniana* та *Stephanodiscus hantzschii*).

4. Частота трапляння як у літоралі, так і в пелагіалі — 50–99% (4 види: *Navicula cryptocephala*, *Placoneis elginensis*, *Fragilaria vaucheriae* та *Desmodesmus communis*).

5. Частота трапляння в літоралі 100%, у пелагіалі менше 50% (1 вид: *Surirella librile*).

6. Частота трапляння у літоралі менше 50%, у пелагіалі — 100% (1 вид: *Aulacoseira distans*).

7. Частота трапляння у літоралі 50–99%, у пелагіалі — менше 50% (2 види: *Merismopedia elegans*, *Planothidium rostratum*).

8. Частота трапляння у літоралі менше 50%, у пелагіалі — 50–99% (3 види: *Nitzschia vermicularis*, *Opephora martyi* var. *polymorpha* та *Stephanodiscus binderanus*).

Цікаво, що *Merismopedia elegans* траплялася лише в літоралі, а *S. binderanus* — у пелагіалі (див. табл. 5).

Отже, за частотою трапляння видів у літоралі та пелагіалі домінували *Bacillariophyta*, представлені переважно пенатними формами. За результатами аналізу частоти трапляння встановлено, що мікрофітобентосу притаманна певна гетерогенність у просторовому розподілі таксономічного різноманіття.

За результатами досліджень мікрофітобентосу Київського вдсх у сучасний період були наведені значення коефіцієнтів видової подібності Серенсена (K_S), та Кендела (τ) для пар локальних угруповань лише для літоралі (Davydov, Koziychuk, 2024, 2025). Проте, з огляду на завдання даної роботи, більш інформативним та доцільним є порівняння кількох (більше двох) альгоугруповань за множинним індексом видової подібності

Серенсена (K_S). Це зумовлено тим, що K_S характеризує ступінь співпадіння або «перекривання» (англ. overlap) видового складу множини угруповань за рахунок видів, які є спільними для двох та/або більше альгоугруповань. Розрахований множинний індекс подібності K_S для мікрофітобентосу літоралі водосховища становив 0,33, для пелагіалі — 0,28. Тобто, ступінь співпадіння видового складу мікрофітобентосу літоралі складає 33%, а пелагіалі — 28%.

Встановлені відмінності у видовому складі мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі за величинами K_S свідчать про більшу гетерогенність глибоководних (руслowych) ділянок, ніж літоральних. Частковим підтвердженням цих закономірностей є також те, що у пелагіалі кількість видів (ввт) є більшою, ніж у літоралі.

Вважаємо, що це зумовлено кількома чинниками:

- привнесення в руслові акваторії середньої та нижньої ділянки Основного плеса водосховища водоростей із дніпровського, прип'ятського і, меншою мірою, тетерівського річкових плес;

- у донних альгоугрупованнях пелагіалі присутня більша кількість видів, які за несприятливих умов або через природні особливості циклу розвитку осідають із товщі води на дно;

- у літоралі спостерігається зворотній процес — надходження водоростей у водну товщу внаслідок більш інтенсивної динаміки водних мас, особливо при вітрохвильовому перемішуванні;

- зменшення видового складу мікрофітобентосу літоралі зумовлено прямим та опосередкованим впливом заростей вищої водяної рослинності, які займають значні площі мілководь та є конкурентами за біогенні елементи.

Результати проведеного аналізу подібності флористичної структури за коефіцієнтом Кендела (τ) показали, що на рівні родин для літоралі величини τ коливались у межах від 0,34–0,37 до 0,63–0,64, для пелагіалі — від 0,38–0,39 до 0,65–0,68.

На рівні родів величини τ для літоралі коливались у межах від 0,24–0,33 до 0,56–0,57, для пелагіалі — від 0,26–0,30 до 0,51–0,56.

Отже, на рівні родин і родів коефіцієнти Кендела коливались у досить широких межах, що свідчить про високу флористичну різноманітність мікрофітобентосу. При цьому, як і для величин множинного індексу видової подібності Серенсена (K_S), спостерігається певна тенденція до більш низьких показників τ у пелагіалі, що вказує на більшу гетерогенність (відмінність між собою) таксономічного різноманіття цих акваторій на рівні родин, родів, видів та внутрішньовидових таксонів.

Таким чином, проведений порівняльний аналіз таксономічного складу за частотою трапляння, коефіцієнтів Кендела для родин, родів і множинного коефіцієнта видової подібності Серенсена (K_S) показав, що мікрофітобентос на сучасному етапі існування Київського вдсх характеризується високим таксономічним багатством як на літоралі, так і в пелагіалі. Разом з тим спостерігається тенденція до більшої гетерогенності донних альгоугруповань пелагіалі. Отримані дані підтверджують специфічність донних альгоугруповань, що порівнювалися, та їхній постійний взаємозв'язок з іншими компонентами автотрофної ланки Київського вдсх.

Сапробіологічна оцінка якості водного середовища літоралі та пелагіалі

Застосована у роботі методологія паралельного дослідження таксономічного різноманіття мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі має ще одну перевагу. Антропогенне забруднення літоралі визначається в основному надходженням органічних та токсичних речовин з прилеглих водозбірних площ, а мікрофітобентос літоралі одним із перших досить показово реагує на алохтонні речовини.

У пелагіалі на мікрофітобентос загалом впливають забруднюючі речовини, які знаходяться у водному потоці. У випадку Київського вдсх це стік із Дніпровського та Прип'ятського річкових плес.

Проведений сапробіологічний аналіз мікрофітобентосу виявив 163 ввт (83% загальної кількості водоростей мікрофітобентосу водосховища), які були видами-індикаторами різних зон сапробності: χ -о — 64 ввт (39%), β -мезосапроби — 85 ввт (52%) і α -сапроби — 14 ввт (9% загальної кількості видів-індикаторів).

За оригінальними даними, серед ідентифікованих 199 ввт мікрофітобентосу водосховища не було зареєстровано жодного представника р-сапробної зони (дуже брудні води), V клас якості води. Це свідчить про відсутність у літній період 2021 р. «точкових» чи «розсіяних» джерел забруднення у місцях, де проводилися дослідження. Отримані дані співпадають з результатами сапробіологічної оцінки якості води за фітопланктоном у середній та нижній ділянках Київського вдсх (Shcherbak et al., 2024b).

Проведена оцінка якості водного середовища за співвідношенням (%) видів-індикаторів характеризувалася наступними закономірностями (табл. 6):

– літораль: χ -о — 27–44%, S_N — 1,48–1,80, S_B — 1,85–2,08–45–57%, α — 7–14%;

– пелагіаль: χ -о — 35–48%, β — 45–58%, α — 6–9%.

Таблиця 6. Оцінка якості водного середовища літоралі та пелагіалі Київського вдсх у літній період 2021 р.

Показник	с. Страхолісся		о. Хільча		с. Сухолуччя		с. Ровжі		с. Глібівка		с. Козаровичі	
	Літо- раль	Пела- гіаль	Літо- раль	Пела- гіаль	Літо- раль	Пела- гіаль	Літо- раль	Пела- гіаль	Літо- раль	Пела- гіаль	Літо- раль	Пела- гіаль
χ-о- сапроби	<u>15</u> 40	<u>26</u> 39	<u>18</u> 44	<u>19</u> 48	<u>17</u> 39	<u>25</u> 48	<u>18</u> 39	<u>22</u> 34	<u>10</u> 36	<u>12</u> 35	<u>8</u> 27	<u>20</u> 41
β- сапроби	<u>17</u> 46	<u>37</u> 55	<u>20</u> 49	<u>18</u> 45	<u>21</u> 49	<u>24</u> 46	<u>25</u> 54	<u>37</u> 58	<u>14</u> 50	<u>19</u> 56	<u>17</u> 57	<u>25</u> 51
α- сапроби	<u>5</u> 14	<u>4</u> 6	<u>3</u> 7	<u>3</u> 7	<u>5</u> 12	<u>3</u> 6	<u>3</u> 7	<u>5</u> 8	<u>4</u> 14	<u>3</u> 9	<u>5</u> 17	<u>4</u> 8
Усього	<u>37</u> 100	<u>67</u> 100	<u>41</u> 100	<u>40</u> 100	<u>43</u> 100	<u>52</u> 100	<u>46</u> 100	<u>64</u> 100	<u>28</u> 100	<u>34</u> 100	<u>30</u> 100	<u>49</u> 100
Індекс сапробності Пантле-Букк у модифікації Сладечека												
S_N	1,80	1,77	1,48	1,81	1,49	1,99	1,67	2,02	1,81	1,82	1,80	2,08
S_B	1,93	1,90	1,51	2,01	1,51	1,85	1,90	1,99	1,87	2,11	1,69	2,14

Примітка. Над рискою — кількість видів-індикаторів даної зони сапробності, під рискою — відсоток загальної кількості видів-індикаторів.

Оцінка якості водного середовища за Пантле-Букк у модифікації Сладечека з використанням величин чисельності (S_N) та біомаси (S_B)² видів-індикаторів мала вигляд:

- літораль: S_N — 1,48–1,80, S_B — 1,85–2,08;
- пелагіаль: S_N — 1,77–2,08, S_B — 1,69–2,14.

Результати оцінки якості водного середовища Київського вдсх, отримані за допомогою двох методів (за співвідношенням видів-індикаторів та за індексом сапробності), дозволяють зробити наступні узагальнення:

– як у літоралі, так і в пелагіалі в період дослідження були відсутні точкові чи розсіяні джерела забруднення алохтонними органічними речовинами;

² Величини чисельності та біомаси мікрофітобентосу приведені згідно: Davydov, Koziyshuk, 2024.

– β -мезосапробні види переважали у літоралі та пелагіалі, величини індексів сапробності були характерні для β -мезосапробної зони «помірно забруднених» вод, III клас якості води, що є характерним для більшості водойм і водотоків України та країн ЄС;

– отримані дані в цілому співпадають з результатами оцінки якості водного середовища за видами-індикаторами фітопланктону;

– відмічено погіршення якості водного середовища в літоралі та пелагіалі в нижній частині водосховища поблизу сіл Глібівка та Козаровичі.

Отже, застосована методологія дозволяє отримати репрезентативні результати паралельної оцінки якості водного середовища літоралі та пелагіалі за мікрофітобентосом і, відповідно, допомагає виявити наявність чи відсутності точкових чи розсіяних джерел забруднення.

Висновки

За результатами ретроспективного аналізу, який охоплює період з 1961 р. (незарегульована річкова ділянка Верхнього Дніпра) до сучасного стану Київського вдсх у 2021 р., показано, що впродовж 60-річного періоду мікрофітобентос представлений полідомінантним комплексом *Bacillariophyta—Chlorophyta—Cyanobacteria*. Упродовж досліджень мікрофітобентосу з 1966 по 1984 рр. його видове та внутрішньовидове багатство коливалося в межах 104 види (146 ввт) — 165 видів (234 ввт), а за оригінальними даними 2021 р. нараховує 194 види (199 ввт), що свідчить про багаторічну стабільність структури донних альгоугруповань як важливого компонента біорізноманіття автотрофної ланки головного водосховища Дніпровського каскаду.

Застосований методичний підхід, який полягає в паралельному дослідженні донних водоростевих угруповань літоралі та пелагіалі, дозволив встановити спільності та відмінності в їхній структурній організації.

Доведено, що на найвищих щаблях (відділ — порядок) структурна організація мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі є аналогічною, а відмінності реєструються на рівні родин — видів (ввт).

Найвищою частотою трапляння в літоралі (17–100%) та пелагіалі (33–100%) характеризувалися 22 види, серед яких переважали *Bacillariophyta*, представлені в основному пенатними формами. Встановлено, що із загальної кількості видів лише 4 види характеризувалися 100%-ою частотою трапляння як у літоралі, так і в пелагіалі. Це свідчить про

своєрідність таксономічного складу мікрофітобентосу літоралі та пелагіалі та гетерогенність його структури.

Множинний індекс видової подібності Серенсена (K_s) для мікрофітобентосу літоралі становив 0,33, пелагіалі — 0,28. Відповідно, ступінь співпадіння видового складу літоралі був дещо вищим, ніж пелагіалі.

Встановлені відмінності в частоті трапляння (%), величинах множинних індексів видової подібності Серенсена (K_s), коефіцієнтів Кендела (τ) свідчать про більш виражену гетерогенність мікрофітобентосу пелагіалі. Це зумовлено комплексом абіотичних і біотичних чинників, серед яких: привнесення водоростей з дніпровського, прип'ятського і тетерівського річкових плесів, осідання водоростей з товщі води на дно за несприятливих умов або внаслідок природних процесів їхньої вегетації, значно менший рівень конкуренції за біогенні елементи з вищими водними рослинами, ніж у літоралі.

Сапробіологічний аналіз за мікрофітобентосом, проведений паралельно для літоралі та пелагіалі, дозволяє репрезентативно оцінити якість водного середовища кожної з цих акваторій.

Важливо, що як за співвідношенням видів-індикаторів мікрофітобентосу, так і за індексами Пантле-Букк у модифікації Сладечека, якість водного середовища характеризується як «помірно забруднені» води, β -мезосапробна зона, III клас якості води, що притаманно більшості водойм і водотоків України і країн ЄС.

Таким чином, результати паралельного дослідження таксономічної структури донних альгоугруповань головного водосховища Дніпровського каскаду свідчать про їхню своєрідність в літоралі та пелагіалі, високе біорізноманіття та важливість у функціонуванні автотрофної ланки Київського вдсх.

Список літератури

- Baselga A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 19(1): 134–143.
- Davydov O.A., Kozychuk 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., Kozychuk 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.]
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2023. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway.

- Hydrobiological regime of the Dnieper under the conditions of flow regulation*. 1967. Ed. Ya.Ya. Tseeb. Kyiv: Nauk. Dumka. 387 p. [*Гидробиологический режим Днепра в условиях зарегулированного стока*. 1967. Отв. ред. Я.Я. Цееб. Киев: Наук. думка. 387 с.]
- Kendall M.G. 1955. *Rank correlation methods*. London: Griffin. 196 p.
- Kyiv Reservoir*. 1972. Ed. Ya.Ya. Tseeb, Yu.G. Maystrenko. Kyiv: Nauk. Dumka. 460 p. [*Киевское водохранилище*. 1972. Под ред. Я.Я. Цееба, Ю.Г. Майстренко. Киев: Наук. думка. 460 с.]
- Odum E.P. 1953. *Fundamentals of ecology*. Philadelphia, London: WB. Saunders Co. 384 p.
- Oksiyuk O.P., Davydov O.A., Karpezo Yu.I. 2009. Ecological and morphological structure of microphytobenthos. *Hydrobiol. J.* 45(2): 13–23.
- Shcherbak V.I. 1989. Phytoplankton of the Dnieper and its reservoirs. Kyiv Reservoir. In: *Vegetation and bacterial population of the Dnieper and its reservoirs*. Kiev Reservoir. In: *Vegetation and bacterial population of the Dnieper and its reservoirs*. Eds L.A. Sirenko, I.L. Koreliakova, L.Ye. Mikhailenko. Kyiv: Nauk. Dumka. Pp. 81–86. [Щербак В.И. 1989. Фитопланктон Днепра и его водохранилищ. Киевское водохранилище. В кн.: *Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ*. Под ред. Л.А. Сиренко, И.Л. Корелякова, Л.Е. Михайленко и др. Киев: Наук. думка. С. 81–86.]
- Shcherbak V.I. 2002. Methods of studying phytoplankton. In: *Methodical fundamentals for hydrobiological studies of aquatic ecosystems*. Kyiv. Pp. 41–47. [Щербак В.И. 2002. Методи досліджень фітопланктону. У кн.: *Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем*. Київ. С. 41–47.]
- Shcherbak V.I. 2006. Phytomicrobenthos. In: *Methods of hydroecological investigations of surface waters*. Kyiv: Logos. Pp. 28–32. [Щербак В.И. 2006. Фітомікробентос. В кн.: *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод*. Київ: Логос. С. 28–32.]
- Shcherbak V.I., Maystrova N.V., Zadorozhna H.M. 2019. The Dnieper phytoplankton diversity. In: *Biodiversity and bioresource potential of the Dnieper water reservoirs under conditions of climate change and biological invasion*. Kyiv: Nauk. Dumka. Pp. 67–78. [Щербак В.И., Майстрова Н.В., Задорожна Г.М. 2019. Різноманіття дніпровського фітопланктону. У кн.: *Біорізноманіття та біоресурсний потенціал екосистем дніпровських водосховищ в умовах кліматичних змін і розвитку біологічної інвазії*. Київ: Наук. думка. С. 67–78.]
- 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.И., 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. 2023b. 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., Koziychuk E.Sh. 2024a. 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. 2024a. 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., Semenyuk N.Ye., Kutishchev P.S., Lutsenko D.A., Koziychuk E.Sh. 2024b. Phytoplankton characteristics in various ecosystems of the Dnieper River: Abiotic factors and phytoplankton taxonomic diversity. *Hydrobiol. J.* 60(4): 3–23.
- Skorik L.V. 1989. Phytomicrobenthos of the Dnieper and its reservoirs. In: *Vegetation and bacterial population of the Dnieper and its reservoirs*. Eds L.A. Sirenko, I.L. Koreliakova, L.Ye. Mikhailenko et al. Kyiv: Nauk. Dumka. Pp. 113–129. [Скорик Л.В. 1989. Фитомикробентос Дніпра и его водохранилищ. В кн.: *Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ*. Под ред. Л.А. Сиренко, И.Л. Корелякова, Л.Е. Михайленко и др. Киев: Наук. думка. С. 113–129.]
- Topachevskiy O.V., Oksiyuk O.P. 1960. Diatoms – *Bacillariophyta*. In: *Identification manual of the freshwater algae of Ukrainian RSR*. Kyiv: Nauk. Dumka. Issue 9. 411 p. [Топачевський О.В., Оксіюк О.П. 1960. Діатомові водорості – *Bacillariophyta*. У кн.: *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Київ: Наук. думка. Вип. 9. 411 с.]
- Tsaplina Ye.N., Kholodko O.P., Linchuk M.I. 2014. Thickets of higher aquatic plants in the estuarine sections of the rivers flowing into the Kiev Reservoir. *Hydrobiol. J.* 50(6): 17–31. *Vegetation and bacterial population of the Dnieper and its reservoirs*. 1989. Eds L.A. Sirenko, I.L. Koreliakova, L.Ye. Mikhailenko et al. Kyiv: Nauk. Dumka. 232 p. [*Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ*. 1989. Под ред. Л.А. Сиренко, И.Л. Корелякова, Л.Е. Михайленко и др. Киев: Наук. думка. 232 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 Днепра, его водохранилищ и Днепровско-Бугского лимана*. Киев: Наук. думка. 365 с.]

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

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

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

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

Structure of microphytobenthos in the pelagic and littoral areas of Kyiv Reservoir

The paper considers the common features and differences in the microphytobenthos structure in the littoral and pelagic areas of Kyiv Reservoir. The findings may be used for more precise water quality assessment in the bottom layers of shallow and deep-water areas. The retrospective data overview shows that for 60 years of Kyiv Reservoir's existence the bottom algal communities has been represented by polydominant complex of *Bacillariophyta*—*Chlorophyta*—*Cyanobacteria*. During the period of microphybenthos studies since 1966 to 1984 its species and intraspecies diversity varied within 104 species (146 ist) — 165 species (234 ist), and according to our field data includes 194 species (199 ist), which is indicative of the the bottom algal communities' long-term stability. The microphytobenthos structure in the littoral and pelagic areas is similar at the highest taxonomic levels (phylum — order), and differences are evident at the family – species levels. The highest occurrence rate in the littoral area (17–100%) and pelagic area (33–100%) was observed for 22 species, among which pennate diatoms prevailed. Out of the total species number only 4 species had 100% occurrence rate both in the littoral and pelagic area. This is indicative of the distinctness of the microphytobenthos taxonomic composition in the littoral and pelagic areas and heterogeneity of its structure. The differences in the occurrence rate (%), multiple indices of Sørensen similarity, Kendall coefficient show more pronounced heterogeneity of microphytobenthos in the pelagic area. According to the ratio of indicator species of saprobity and Pantle-Buck indices in Sladeček modification the water quality of the areas under study is characterized as “moderately polluted”, β -mesosaprobic zone, 3rd class of water quality. The findings of the parallel studies on the taxonomic structure of bottom algal communities in Kyiv Reservoir show their distinctness in the littoral and pelagic areas, high diversity and important role in the autotrophic link functioning.

Key words: microphytobenthos, Kyiv Reservoir, littoral area, pelagic area, taxonomic diversity, water quality

Citation. 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. <https://doi.org/10.15407/alg35.03.173>