

# ЗАГАЛЬНА ГІДРОБІОЛОГІЯ

---

УДК 574.5(285.32)

**В.І. ЩЕРБАК**, д. б. н., проф., пров. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: ek424nat@ukr.net  
ORCID 0000-0002-1237-6465

**А.В. ЛЯШЕНКО**, д. б. н., ст. наук. співроб., пров. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: ArtemLyashenko@bigmir.net  
ORCID 0000-0003-0028-4974

**Н.Є. СЕМЕНЮК**, д. б. н., ст. досл., ст. наук. співроб.  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: natasemenyuk@gmail.com  
ORCID 0000-0003-4447-3507

**К.Є. ЗОРІНА-САХАРОВА**, к. б. н., ст. наук. співроб.  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: katernazorinasakharova@gmail.com  
ORCID 0000-0001-6159-2642

**Д.А. ЛУЦЕНКО**, аспірант,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: ecowaterkma@gmail.com  
ORCID 0000-0002-9399-2250

## КОНТИНУАЛЬНІСТЬ І ДИСКРЕТНІСТЬ УГРУПОВАНЬ ГІДРОБІОНТІВ У ЛОТИЧНО-ЛЕНТИЧНІЙ ГІДРОЕКОСИСТЕМІ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ: ФІТОПЛАНКТОН<sup>1</sup>

---

*Встановлено закономірності континуальності та дискретності основних абіотичних характеристик і фітопланктону транскордонної лотично-лентичної гідроекосистеми, яка включає в себе рукави р. Дунай, канал Дунай — Сасик і Сасицьке водосховище, в осінньо-зимовий період. Для температури води, вмісту розчиненого кисню і рН характерний просторовий континуум, а розподілу солоності води при-*

<sup>1</sup>Роботу виконано за рахунок бюджетної програми «Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень (КПКВК 6541230)».

Ц и т у в а н н я: Щербак В.І., Ляшенко А.В., Семенюк Н.Є., Зоріна-Сахарова К.Є., Луценко Д.А. Континуальність і дискретність угруповань гідробіонтів у лотично-лентичній гідроекосистемі дельти Дунаю: фітопланктон. *Гідробіол. журн.* 2023. Т. 59. № 1. С. 3—26.

таманна дискретність (прісні води в рукавах і каналі та солонуваті води у водосховищі). При просторовому континуумі фітопланктону, який проявляється у домінуванні планктонних форм діатомових, зелених, синьозелених водоростей, реєструється локальна дискретність, зумовлена різною структурою домінуючих комплексів: полідомінантним в річкових рукавах і олігодомінантним у каналі і водосховищі. Величини чисельності і біомаси є характерними для мезотрофних (рукави дельти) і гіпертрофних (канал, водосховище) екосистем, а олігодомінантні і полідомінантні комплекси зумовлюють високе інформаційне різноманіття, що є важливою адаптаційною характеристикою фітопланктону.

**Ключові слова:** лотично-лентична гідроекосистема дельти Дунаю, фітопланктон, таксономічне, інформаційне різноманіття, чисельність, біомаса, домінуючі комплекси, сапробність, континуальність, дискретність.

Важливим проявом антропогенного впливу на континентальні масиви поверхневих вод є створення крупномасштабних лотично-лентичних гідроекосистем, які гідрологічно об'єднують як природні, так і новостворені штучні водні об'єкти.

Типовим прикладом є українська транскордонна частина дельти Дунаю, де в кінці 70-х років минулого століття шляхом відокремлення дамбою від Чорного моря солоного лиману Сасик було створено Сасицьке водосховище, а для його опріснення річковими водами було прорито канал Дунай — Сасик [2].

Існує низка досліджень, де розглядаються угруповання гідробіонтів лотичних і лентичних екосистем як української, так і румунської ділянок дельти Дунаю: рукавів, каналів, ериків, заток і озер, які узагальнені в монографічних виданнях, збірках та статтях [2, 4, 6, 7, 10—12, 15, 24, 27—30, 34, 35—38, 44, 45].

Менше робіт присвячено вивченню лотично-лентичних гідроекосистем пониззя Дунаю в Україні [38], проте у роботах [31—33, 39] докладно розглянуто гідролого-гідрохімічну і гідроекологічну характеристику, а також різноманіття планктону, безхребетних бентосу та іхтіофауни у Сасицькому водосховищі, а дослідження [28, 29, 34—37] стосуються донних та фітофільних угруповань рукавів дельти.

У межах Болгарії за вмістом хлорофілу *a* і завислих речовин оцінено трофічний статус заплачних озер Нижнього Дунаю — Сребарна (Срібне озеро) і Малик—Переславець. Так, оз. Сребарна на 393 км р. Дунай у 1949 р. було одамбоване та ізольоване від Дунаю. У 1994 р. озеро знову було з'єднано з р. Дунай каналом і під час паводків затоплюється річковими водами [26].

У роботі [46] розглянуто сезонну динаміку біомаси фітопланктону в озерах Дракулуй (Чортове озеро), Матиця, Трей Йезер Біосферного заповідника дельти Дунаю, які розташовані між Кілійською і Сулинською дельтою (Румунія) і мають сполучення з основним руслом Дунаю, а також проаналізовано роль фітопланктону оз. Росу [40].

У межах інших річкових басейнів досліджувався фітопланктон лотично-лентичних систем басейну р. Вісли з різним ступенем ізольованості від річки [25], а у статті [41] розглянуто фітопланктон у системі «заплавне озеро — р. Буре» Національного парку Броудс (Норфолк, Велика

Британія). На прикладі досліджень у системі «р. Момі — оз. Ері» показано, що фітопланктон оз. Ері значно залежить від надходження з річковим стоком сполук мінерального азоту і фосфору [23].

При вивченні різних компонентів біоти в природних чи природно-штучних гідроекосистемах важливою є оцінка їхньої просторової континуальності і дискретності.

Так, для фітомікробентосу р. Тетерів показано, що, при його континуумі в річковому руслі, у плесах та річкових водосховищах спостерігається дискретність у видовому різноманітті, величинах чисельності і біомаси [21]. Просторова континуальність і дискретність притаманні і водоростевим угрупованням різних біотопів Канівського водосховища [22].

У природно-штучній гідроекосистемі, яка включає природний Кардашинський лиман і гідрологічно зв'язаний з ним штучний кар'єр (Нижній Дніпро), просторовий континуум проявляється у флористичному різноманітті на рівні відділів (Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta), а дискретність спостерігається за кількістю родів, видів і внутрішньовидових таксонів фітопланктону [43].

Крім того, досліджено континуальність і дискретність фітоепіфітону у різнотипних водоймах і водотоках басейну Дніпра. Так, показано, що розподіл фітоепіфітону по Дніпровському каскаду і Нижньому Дніпру має характер континууму. Ознаки дискретності проявляються в зниженні кількісних показників фітоепіфітону в нижніх частинах водосховищ та в межах впливу міських агломерацій [18].

У той же час, на сьогодні майже відсутні роботи, в яких комплексно розглядається просторова континуальність і дискретність різноманіття гідробіонтів різних трофічних рівнів і екологічних груп природно-штучних лотично-лентичних гідроекосистем. При цьому важливим є встановлення особливостей структурно-функціональних характеристик гідробіонтів в осінньо-зимовий період, коли природні умови для розвитку біоти не є оптимальними. Очевидно, що в цей період можуть набуватися специфічні ознаки в різних гідробіоценозах, що в цілому дозволяє формувати адаптаційну здатність біоти в лотично-лентичних екосистемах.

Вважаємо, що континуальність — це безперервність, або спільність певних характеристик у просторі та часі, а дискретність — це їхня перервність, або роздільність. Міра спільності не є загально визнаною, бо її обирає дослідник [42]. У представлених статтях на прикладах фітопланктону та бентосних безхребетних буде виявлено ознаки континуальності та дискретності лотично-лентичної гідроекосистеми дельти Дунаю.

Мета цієї роботи — встановити закономірності формування континуальності та дискретності фітопланктону в лотично-лентичній гідроекосистемі «рукави Кілійської дельти Дунаю — канал Дунай — Сасик — Сасицьке водосховище» в осінньо-зимовий період.

### Матеріал і методика досліджень

У цій статті представлено результати досліджень структурно-функціональної організації фітопланктону в лотично-лентичній екосистемі

«рукави дельти Дунаю (Кілійський, Очаківський, Білгородський) — канал Дунай — Сасик — Сасицьке водосховище». Особливістю представлених натурних результатів є те, що вони отримані в осінньо-зимовий період, який не є оптимальним для вегетації водоростей (маловодність дельти, низька температура води, зменшення інтенсивності сонячної інсоляції). Необхідність осінньо-зимових досліджень обумовлена й тим, що за сучасних глобальних змін клімату суттєво змінилися загальноприйняті поняття щодо визначення вегетаційних сезонів. Так, для найпівнічніших водосховищ Дніпровського каскаду показано [17], що температури, характерні для початку біологічного літа (від  $+15^{\circ}\text{C}$  і вище) можуть реєструватися навіть у жовтні. Ще одним критерієм актуальності даних досліджень є мала кількість публікацій за осінньо-зимовий період.

Проби фітопланктону відбирали в усіх складових лотично-лентичної гідроекосистеми з постійного горизонту — 0,25 м на гідробіологічних станціях, наведених на рисунку 1, в осінні місяці — жовтень, листопад та зимові місяці — грудень, лютий.

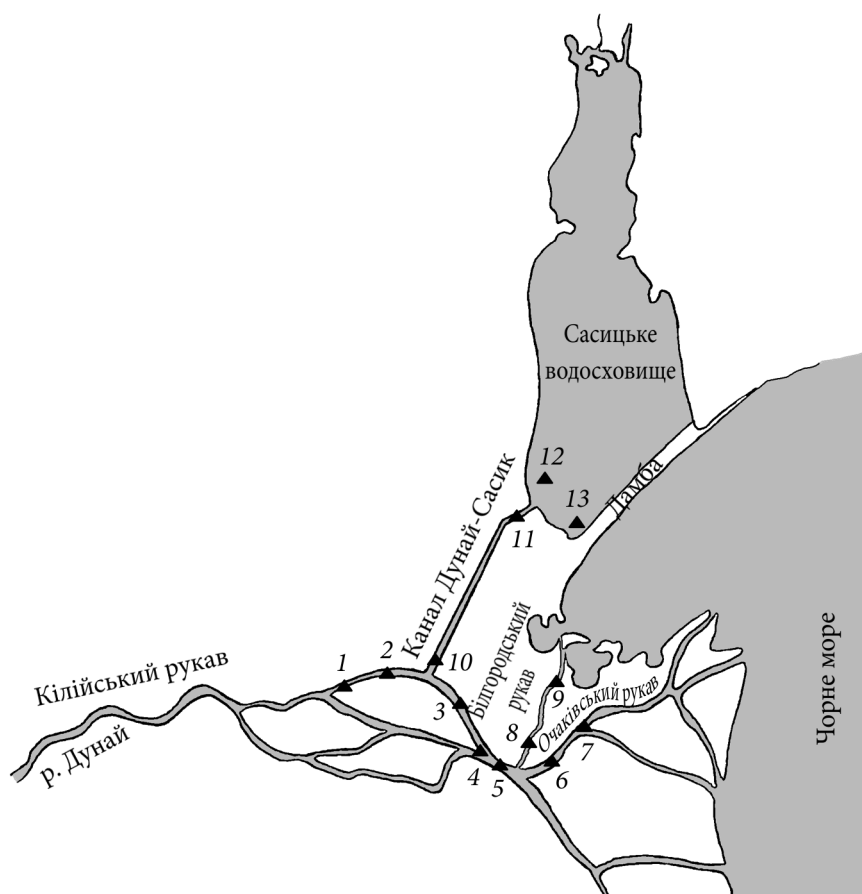
Камеральне опрацювання альгологічних проб (визначення таксономічного складу, чисельності, біомаси) проводили згідно з загальноприйнятими методами [20]. Подібність видового складу визначали за коефіцієнтом Серенсена, інформаційне різноманіття — за індексом Шеннона за чисельністю ( $H_N$ ) і біомасою ( $H_B$ ) [13]. Домінуючими вважали види, чисельність або біомаса яких складала від 5 % і більше загальної чисельності (біомаси) фітопланктону [19]. Сапробіологічну складову якості води оцінювали за співвідношенням видів-індикаторів різних зон сапробності та за індексом сапробності Пантле — Букк у модифікації Сладечека. Екологічні характеристики фітопланктону наведено відповідно до [1]. Трофічний статус досліджуваних екосистем визначали згідно з [14].

Паралельно з відбором проб фітопланктону вимірювали прозорість води за допомогою диску Секкі. Температуру води, вміст розчиненого кисню та насичення ним водної товщі, рН, солоність визначали за допомогою приладу Water Quality Meter AZ286031 на кожній станції спостереження.

## Результати досліджень та їх обговорення

*Фізико-гідрохімічні показники.* Прозорість води в рукавах Кілійської дельти в осінньо-зимовий період (жовтень — лютий) коливалась у межах 0,35—0,80 м, у каналі Дунай — Сасик — 0,30—0,65 м, а у Сасицькому водосховищі ці показники були дещо вищими — 0,50—1,05 м.

Середня температура води у рукавах упродовж осіннього періоду (жовтень—листопад) коливалась у межах  $8,5$ — $9,8^{\circ}\text{C}$ , а в зимовий період —  $2,6$ — $4,2^{\circ}\text{C}$ . У каналі температура води восени складала  $7,3$ — $8,9^{\circ}\text{C}$ , а взимку —  $1,2$ — $2,5^{\circ}\text{C}$ . У водосховищі середні осінні та зимові показники температури води становили відповідно  $7,1$ — $7,9$  та  $0,6$ — $1,1^{\circ}\text{C}$ . Це значно більше, ніж за період 1991—2003 рр., коли середня температура води у Кілійському рукаві в січні не перевищувала  $1,5^{\circ}\text{C}$ , а мінімальна і максимальна температура — відповідно  $0^{\circ}\text{C}$  та  $5,7^{\circ}\text{C}$  [5]. За наведених температур води в усіх акваторіях лотично-лентичної гідроекосистеми реєструвалась



**Рис. 1.** Карта-схема лотично-лентичної гідроекосистеми: рукави дельти р. Дунай □ канал Дунай — Сасик — Сасицьке водосховище і станцій відбору проб фітопланктону та визначення абіотичних чинників в осінньо-зимовий період: 1 — рукав Кілійський вище с. Ліски; 2 — рукав Кілійський вище каналу Дунай — Сасик; 3 — рукав Кілійський нижче каналу Дунай — Сасик; 4 — рукав Кілійський вище м. Вилкове; 5 — рукав Кілійський біля м. Вилкове; 6 — рукав Очаківський (початок); 7 — рукав Очаківський (розвилка на рукави Потапів та Прорва); 8 — рукав Білгородський (середина); 9 — рукав Білгородський (розвилка); 10 — канал Дунай — Сасик (Дунай); 11 — канал Дунай — Сасик (водосховище); 12 — Сасицьке водосховище вище каналу; 13 — Сасицьке водосховище (придамбова ділянка нижче каналу)

відсутність льодового покриву, що вказує на можливість фотосинтезу фітопланктону як в осінній, так і в зимовий період.

Вміст розчиненого у воді кисню в рукавах дельти коливався в межах 7,1—7,9 мг  $O_2/дм^3$ , насичення води киснем складало 74,5—81,0 %. Величини рН були лужними, змінюючись у рукавах у незначних межах — 8,13—8,26.

У каналі і у водосховищі вміст кисню був дещо вищим — 7,3—8,4 мг  $O_2/дм^3$ , а насичення води — 81—106 %, середні величини рН у каналі — 8,11, а у водосховищі — 8,27.

Найбільші відмінності в досліджуваній гідроекосистемі притаманні солоності води. Так, у природних лотичних екосистемах в осінньо-зимовий період солоність води характеризувалась близькими величинами — 0,24—0,25 ‰.

По поздовжньому профілю каналу реєструвались відмінності — біля витoku з Кілійського рукава і по руслу — 0,25‰, а перед впадінням каналу у водосховище (на 13,0 км русла, при загальній довжині 13,3 км [9]) — 0,35—0,87 ‰.

По Сасицькому водосховищу впродовж усіх осінньо-зимових періодів солоність води коливалась у межах 1,71—2,11 ‰.

Отже, у рукавах дельти і каналі реєструються прісні (гіпогалінні) води з подальшим переходом до солонуватих (олігогалінних) вод у водосховищі. При цьому солоність у водосховищі перевищує солоність у рукавах дельти практично в 7,3—8,4 разів.

Узагальнюючи всі абіотичні характеристики лотично-лентичної гідроекосистеми Дунаю, можна стверджувати про наявність гідрологічного континууму. Континуум спостерігався і в сучасних показниках температури води, які через глобальні зміни клімату є високими для осінньо-зимового періоду. Також відсутність у цей період льодового покриву акваторій сприяє перебігу фотосинтезу фітопланктону. Про це свідчать величини концентрації розчиненого кисню, насичення ним водних мас, лужні показники рН.

У той же час, значна різниця (в декілька разів) у солоності води вказує на наявність просторової дискретності цього абіотичного чинника.

Отже, за сучасного стану довкілля в осінньо-зимовий період суттєвих негативних умов для вегетації фітопланктону як основи автотрофної ланки даної лотично-лентичної системи не реєструється.

*Таксономічне різноманіття фітопланктону.* Аналіз видового, внутрішньовидового (в. в. т.), таксономічного різноманіття вищих щаблів систематичної ієрархії показав, що як лотичні, так і лентичні складові гідроекосистеми, незважаючи на осінньо-зимовий період, характеризувались високим різноманіттям (табл. 1).

Так, кількість в. в. т. з восьми систематичних відділів по рукавах дельти Дунаю складала: Кілійський — 61, Білгородський — 71, Очаківський — 59. В рукавах основу внутрішньовидового і флористичного різноманіття формували Bacillariophyta — 11—30 в. в. т. (18—42 %) і Chlorophyta — 20—26 (28—43). У якості субдомінантів виступали Eulgenozoa — 5—8 (7—14) і Cyanobacteria — 2—8 (3—11). Інші відділи в рукавах дельти були досить малочисельні — 1—5 (1—8 % флористичного спектру).

Усього ж у рукавах дельти в осінньо-зимовому фітопланктоні було знайдено 108 в. в. т. з домінуванням Bacillariophyta — 35 в. в. т. (32 %) і Chlorophyta — 33 в. в. т. (31 %).

У каналі Дунай — Сасик було зареєстровано 50 в. в. т. водоростей. Тут дещо зростає значення Chlorophyta — 21 (42), Cyanobacteria — 13 (26) і знижується частка Bacillariophyta — 8 (16) та індикаторів органічного забруднення Euglenozoa — 4 в. в. т. (8 %).



У Сасицькому водосховищі, при відносно високому різноманітті (68 в. в. т.), фітопланктон в основному був представлений Chlorophyta — 29 в. в. т. (42 %), Bacillariophyta — 23 в. в. т. (34 %), Cyanobacteria — 14 в. в. т. (20 %). Цікавим є те, що Cyanobacteria є домінантами не тільки впродовж літніх періодів [2, 3] а і під час проведених нами досліджень в осінньо-зимовий період.

У цілому, в лотично-лентичній гідроекосистемі дельти Дунаю на різних щаблях систематичної ієрархії було зареєстровано 175 видів водоростей, представлених 177 в. в. т., які належали до 96 родів, 69 родин, 31 порядку, 14 класів та 8 відділів. На рівні відділів домінували Bacillariophyta — 58 в. в. т. (32 %) і Chlorophyta — 56 в. в. т. (32 %), і в дещо меншій кількості — Cyanobacteria — 29 в. в. т. (16 %) (в основному за рахунок каналу і водосховища).

На рівні класів найрізноманітніше були представлені Bacillariophyceae — 18 порядків, 12 родин, 21 рід, 51 вид (53 в. в. т.). У меншій мірі — Cyanophyceae — 4 порядки, 14 родин, 21 рід, 29 видів і Dinophyceae — 4 порядки, 5 родин, 5 родів, 6 видів. Інші 11 класів водоростей налічували по 1—2 порядки з незначною кількістю родин, родів, видів (табл. 2).

Таблиця 1

Таксономічне різноманіття фітопланктону різних компонентів гідроекосистеми дельти Дунаю (на прикладі осінньо-зимового періоду 2019—2020 рр.)

Відділи	Водні екосистеми				
	рукави дельти			канал Дунай — Сасик	Сасицьке водосховище
	Кілійський	Білгородський	Очаківський		
Cyanobacteria	6	8	2	13	14
	10	11	3	26	20
Bacillariophyta	11	30	22	8	22
	18	42	38	16	34
Cryptophyta	1	2	—	1	—
	2	3	—	2	—
Miozoa	3	4	—	1	—
	5	6	—	2	—
Ochrophyta	5	1	2	2	—
	8	1	3	4	—
Charophyta	1	1	2	—	—
	2	1	3	—	—
Chlorophyta	26	20	23	21	29
	43	28	28	42	42
Euglenozoa	8	5	8	4	2
	13	7	14	8	3

Примітка. Над рискою — кількість видів і в. в. т.; під рискою — частка (%) від загальної кількості видів і в. в. т.; «—» — види даного відділу були відсутні.

Наведені натурні дані за осінньо-зимовий період другого десятиріччя ХХІ ст. відповідають ретроспективним даним, отриманим Я.В. Роллом [16], О.І. Івановим [6, 8] упродовж другої половини минулого століття. Це дозволяє стверджувати, що фітопланктон характеризується високим різноманіттям і був та є основою автотрофної ланки дельти Дунаю.

Проведене порівняння фітопланктону лотично-лентичної гідроекосистеми за коефіцієнтом Серенсена показало, що найвищі рівні подібності зареєстровані між водоростевими угрупованнями рукавів дельти — 0,38—0,45, а також каналу і Сасицького водосховища — 0,40. Найнижчі коефіцієнти видової подібності отримані для таких порівнюваних угруповань: Очаківський рукав — Сасицьке водосховище (0,14), Кілійський рукав — Сасицьке водосховище (0,18), Білгородський рукав — Сасицьке водосховище (0,20).

Дендрограма подібності видового складу (рис. 2) чітко розділилась на два кластери: перший кластер — рукави р. Дунай (Кілійський, Білгородський та Очаківський), а другий — Сасицьке водосховище — канал Дунай — Сасик. Наведена дендрограма вказує на наявність локальної просторової дискретності. У той же час, коефіцієнт Серенсена між рукавами дельти і системою канал — водосховище, який дорівнює 0,23, дозволяє стверджувати про певний просторовий континуум видового складу фітопланктону гідроекосистеми дельти Дунаю в осінньо-зимовий період.

Екологічні характеристики фітопланктону (табл. 3) показують, що за біотопічною приуроченістю чітко простежується просторовий континуум у домінуванні планктонних форм — від 54—68 % у рукавах до 59—73 % у каналі і водосховищі. Наявність континууму простежується і у відношенні водоростей до рН. Зокрема, види-алкаліфіли домінують у рукавах — 42—66 %, в каналі і водосховищі — 25—65 %.

У той же час, за відношенням до солоності води (галобністю) встановлено локальну дискретність. У рукавах зареєстровано 4—6 видів-галлофілів і мезогалобів (9—11 %), а у водосховищі їх вже налічувалось 11 (23 %).

*Кількісні характеристики. Рукави дельти.* За середніми величинами чисельності фітопланктону їх можна ранжувати в наступному порядку: Білгородський — 1015 тис. кл/дм<sup>3</sup>, Кілійський — 858 тис. кл/дм<sup>3</sup> і Очаківський — 369 тис. кл/дм<sup>3</sup>. Основу чисельності визначають дрібноклітинні Cyanobacteria, Chlorophyta і значно менше — крупноклітинні Bacillariophyta та Euglenozoa (табл. 4).

Аналогічне ранжування спостерігається і за величинами біомаси: Білгородський рукав — 0,839 мг/дм<sup>3</sup>, Кілійський рукав — 0,747 мг/дм<sup>3</sup> і Очаківський рукав — 0,363 мг/дм<sup>3</sup>.

У той же час, структура біомаси суттєво відрізняється від такої для чисельності, бо провідне місце тут належить крупноклітинним Bacillariophyta і дрібноклітинним Chlorophyta, а субдомінантами є крупноклітинні Euglenozoa і Miozoa (табл. 5).

Трофність водотоків за величинами чисельності і біомаси фітопланктону [14] характеризується наступним чином:

— за градаціями величин — «низька»;



Таблиця 2

**Таксономічне різноманіття фітопланктону гідроекосистеми дельти Дунаю**  
(на прикладі осінньо-зимового періоду 2019—2020 рр.)

Відділи	Класи	Порядки	Роди-ни	Роди	Види (в.в.т.*)	Визначено до роду	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	2	4	6	—	
		Chroococcales	3	3	5	—	
		Oscillatoriales	3	3	3	—	
		Synechococcales	6	11	15	—	
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Melosirales	1	1	1	—	
		Aulacoseirales	1	1	3 (4)	—	
	Mediophyceae	Thalassiosirales	1	1	1	—	
		Stephanodiscales	1	2	5	1	
	Bacillariophyceae	Fragilariales	2	2	4	—	
		Licmophorales	1	1	2	—	
		Cymbellales	3	4	6	—	
		Achnanthes	2	3	8	—	
		Naviculales	6	8	14	—	
		Thalassiosiphysales	1	1	1	—	
		Bacillariales	1	2	10	—	
		Surirellales	2	2	2	—	
	Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadales	1	1	4	—
	Miozoa	Dinophyceae	Gymnodiniales	1	1	1	—
Gonyaulacales			1	1	1	—	
Thoracosphaerales			1	1	1	—	
Peridinales			2	2	3	—	
Ochromytha	Eustigmatophyceae	Goniochloridales	1	1	1	—	
		Chrysophyceae	Chromulinales	3	4	5	1
	Xanthophyceae	Myschococcales	1	1	1	—	
Charophyta	Zygnematomphyceae	Desmidiiales	1	1	2	—	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	3		13	—	
		Trebouxiophyceae ordo incertae sedis	1	1	1	—	

Продовження табл. 2

Відділи	Класи	Порядки	Роди-ни	Роди	Види (в.в.т.*)	Визначено до роду
Euglenozoa	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	5	7	8	—
		Sphaeropleales	9	20	33	—
	Ulvophyceae	Ulotrichales	1	1	1	—
	Euglenophyceae	Euglenida	2	5	14	—

\* Включаючи номенклатурний тип виду.

— за розрядом трофності — «мезотрофна»;

— за класом трофності — «мезотрофна».

Отже, за чисельністю, біомасою, їхньою структурною організацією осінньо-зимовий фітопланктон рукавів дельти характеризується як діатомово-зелений з ознаками синьозелено-евгленового.

Встановлені величини одних порядків для таких динамічних показників, як чисельність і біомаса, а також подібність у структурній організації, свідчать про континуум фітопланктону природних лотичних екосистем. У той же час, наявність Euglenozoa, які є репрезентативними індикаторами органічного забруднення і виступають субдомінантами за чисельністю і біомасою, свідчить про певний антропогенний вплив.

Канал Дунай — Сасик. Усереднені показники чисельності фітопланктону в каналі становлять 246 753 тис. кл/дм<sup>3</sup>. Аналіз їхньої структурної організації показує практично монодомінування дрібноклітинних форм Cyanobacteria — 91 %. У якості субдомінантів представлені як дрібноклітинні Chlorophyta, так і крупноклітинні Euglenozoa (див. табл. 4).

Величини біомаси осінньо-зимового фітопланктону складали 20,273 мг/дм<sup>3</sup>, а її структура була сформована олігодомінантним комплексом

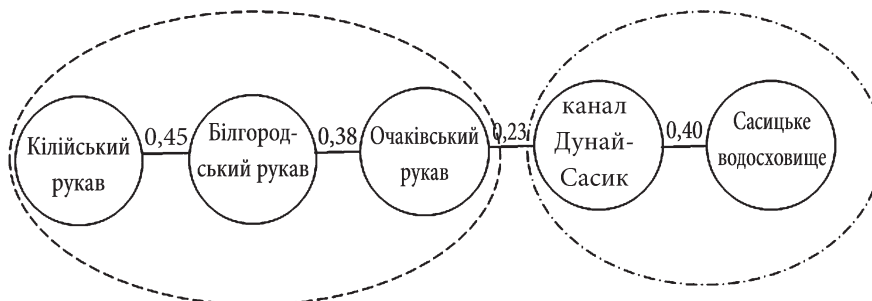


Рис. 2. Дендрограма подібності видового складу фітопланктону рукавів р. Дунай, каналу Дунай — Сасик та Сасицького водосховища за коефіцієнтом Серенсена

Таблиця 3

Екологічні характеристики фітопланктону гідроєкосистеми дельти Дунаю

Екологічні характеристики водоростей	Водні екосистеми						
	рукави дельти				канал Дунай — Сасик	Сасицьке водосховище	Усього в системі
	Кілійський	Білгородський	Очаківський	Усього по р. Дунай			
Біотопічна приуроченість							
Планктонні	$\frac{37}{68}$	$\frac{34}{54}$	$\frac{15}{63}$	$\frac{56}{59}$	$\frac{35}{73}$	$\frac{34}{59}$	$\frac{94}{60}$
Бентосні	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{13}$	$\frac{3}{12}$	$\frac{11}{12}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{18}{12}$
Обростання	$\frac{2}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{7}{4}$
Літоральні	$\frac{10}{18}$	$\frac{10}{16}$	$\frac{4}{17}$	$\frac{16}{17}$	$\frac{7}{15}$	$\frac{10}{17}$	$\frac{25}{16}$
Евритопні <sup>1</sup>	$\frac{3}{5}$	$\frac{6}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{12}{8}$
Галобність							
Галофоби	$\frac{2}{4}$	—	—	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{4}{3}$
Індиференти	$\frac{32}{70}$	$\frac{39}{74}$	$\frac{16}{84}$	$\frac{59}{72}$	$\frac{29}{74}$	$\frac{30}{61}$	$\frac{92}{68}$
Галофіли	$\frac{4}{9}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{2}{11}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{8}{17}$	$\frac{13}{10}$
Недиференційовані олігогалоби	$\frac{8}{17}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{6}{15}$	$\frac{7}{14}$	$\frac{20}{15}$
Мезогалоби	—	$\frac{1}{2}$	—	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{5}{4}$
Відношення до рН							
Ацидофіли	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{17}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{19}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{8}$
Індиференти	$\frac{13}{54}$	$\frac{15}{45}$	$\frac{2}{17}$	$\frac{21}{45}$	$\frac{9}{56}$	$\frac{9}{29}$	$\frac{32}{41}$
Алкаліфіли	$\frac{10}{42}$	$\frac{16}{49}$	$\frac{8}{66}$	$\frac{23}{49}$	$\frac{4}{25}$	$\frac{20}{65}$	$\frac{40}{51}$

Примітка. 1 — види, які приурочені більш ніж до однієї екологічної ніші (наприклад, планктонно-бентосні, планктонно-бентосні-обростання тощо). Над рискою — кількість видів-індикаторів даної екологічної характеристики, під рискою — частка (%) від загальної кількості видів-індикаторів.

сом крупноклітинних Euglenozoa та дрібноклітинних Chlorophyta. У якості субдомінантів виступали Bacillariophyta.

*Сасицьке водосховище.* Особливостями чисельності осінньо-зимового фітопланктону водосховища порівняно з лотичними екосистемами дельти є:

- відносна бідність її таксономічних складових, оскільки фітопланктон формували представники лише чотирьох відділів;
- монодомінування Cyanobacteria;
- субдомінанти — лише Chlorophyta;
- відсутність у якості субдомінантів Bacillariophyta, які є типовими представниками осінньо-зимового фітопланктону континентальних водних екосистем чи лиману Сасик до його штучного перетворення у водосховище [8].

Досить високою є біомаса фітопланктону у Сасицькому водосховищі, середня величина якої складає 12,767 мг/дм<sup>3</sup>. Але, на відміну від чисельності, біомаса формувалась олігодомінантним комплексом дрібноклітинних Cyanobacteria та Chlorophyta.

Таблиця 4

**Чисельність фітопланктону гідроекосистеми дельти Дунаю в осінньо-зимовий період (тис. кл/дм<sup>3</sup>)**

Відділи	Водні екосистеми				
	рукави дельти			канал Дунай — Сасик	Сасицьке водосховище
	Кілійський	Білгородський	Очаківський		
Cyanobacteria	$\frac{320}{37}$	$\frac{455}{45}$	$\frac{40}{11}$	$\frac{224}{91}$	$\frac{736}{91}$
Bacillariophyta	$\frac{78}{9}$	$\frac{173}{17}$	$\frac{95}{26}$	$\frac{864}{*}$	$\frac{1055}{*}$
Cryptophyta	$\frac{5}{1}$	$\frac{18}{2}$	$\frac{4}{*}$	$\frac{48}{*}$	—
Miozoa	$\frac{8}{1}$	$\frac{10}{1}$	—	$\frac{3}{*}$	—
Ochrophyta	$\frac{30}{3}$	$\frac{8}{1}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{480}{*}$	—
Charophyta	$\frac{3}{*}$	$\frac{3}{*}$	$\frac{5}{1}$	—	—
Chlorophyta	$\frac{383}{45}$	$\frac{320}{32}$	$\frac{180}{49}$	$\frac{8736}{4}$	$\frac{31549}{9}$
Euglenozoa	$\frac{33}{4}$	$\frac{30}{3}$	$\frac{40}{11}$	$\frac{11886}{5}$	$\frac{8}{*}$

П р и м і т к а. Над рискою — чисельність даного відділу (тис. кл/дм<sup>3</sup>), під рискою — частка (%) від загальної чисельності фітопланктону, \* частка даного відділу менше 1 %.

Оцінка трофності каналу і водосховища за низкою показників показує наступні закономірності:

- за градаціями величин — «дуже висока»;
- за величинами чисельності — «дуже висока»;
- за домінуванням *Cyanobacteria* — «дуже висока»;
- за біомасою — «висока»;
- за розрядом трофності — «полігіпертрофна»;
- за класом трофності — «гіпертрофна».

Отже, за чисельністю, біомасою, їхньою структурною організацією і трофічним статусом між штучною екосистемою (канал) та істотно змінною екосистемою (водосховище) в осінньо-зимовий період існує просторовий континуум фітопланктону. Але якщо порівняти їхній фітопланктон із фітопланктоном природних рукавів дельти — то це дві просторово-дискретні екосистеми.

Очевидно, що в період осінньо-зимової межени — період низького надходження річкової води з Кілійського рукава дельти в канал Дунай — Сасик і водосховище — не простежується провідної ролі дунайської компоненти, тому як у рукавах дельти, так і в каналі та водосховищі домінують внутрішньоводойменні процеси.

Таблиця 5

**Біомаса фітопланктону гідроекосистеми дельти Дунаю в осінньо-зимовий період (мг/дм<sup>3</sup>)**

Відділи	Водні екосистеми				
	рукави дельти			канал Дунай — Сасик	Сасицьке водосховище
	Кілійський	Білгородський	Очаківський		
<i>Cyanobacteria</i>	0,035	0,024	0,003	4,519	5,286
	5	3	1	22	41
<i>Bacillariophyta</i>	0,084	0,296	0,176	1,306	1,705
	11	35	49	6	13
<i>Cryptophyta</i>	0,011	0,010	—	0,026	—
	2	1	—	*	—
<i>Miozoa</i>	0,0252	0,268	—	0,031	—
	34	32	—	*	—
<i>Ochrophyta</i>	0,011	0,002	0,001	0,123	—
	1	*	*	1	—
<i>Charophyta</i>	0,013	0,002	0,026	—	—
	2	*	7	—	—
<i>Chlorophyta</i>	0,157	0,175	0,074	1,865	5,724
	21	21	21	9	45
<i>Euglenozoa</i>	0,182	0,062	0,082	12,404	0,053
	24	7	23	61	*

Примітка. Над рискою — біомаса даного відділу (мг/дм<sup>3</sup>); під рискою — частка (%) від загальної біомаси фітопланктону; \* частка даного відділу менше 1 %.

**Домінуючий комплекс.** За величинами чисельності домінуючий комплекс фітопланктону характеризувався як полідомінантний і був сформований 16 видами водоростей з п'яти відділів, з провідною роллю Cyanobacteria — 63 % флористичного спектру. Відповідно, у рукавах дельти — 8 видів, у каналі і водосховищі — по 5 видів (табл. 6).

Домінуючий комплекс фітопланктону за біомасою дещо відрізнявся від такого за чисельністю та налічував 19 видів-домінантів. Ядро комплексу формували Cyanobacteria і Bacillariophyta (26 %) та Chlorophyta (21 %). Відповідно, у рукавах дельти домінуючий комплекс складався з 11, в каналі — з 5, а у водосховищі — з 6 видів.

При наявності просторового континууму в домінуючому комплексі за чисельністю, за біомасою простежується певна локальна дискретність — відсутність у рукавах дельти представників Cyanobacteria і їхня провідна роль у водосховищі та каналі. При цьому в останньому встановлено певний феномен: до 10,710 мг/дм<sup>3</sup> (53 % загальної біомаси) формував один представник Euglenozoa — *Euglenaria caudata* (табл. 7).

Припускаємо, що чинниками, які зумовили такий масовий розвиток досить рідкісного для континентальних екосистем Європи виду водоростей *E. caudata*, є наявність у водотоці значних заростей повітряно-водних рослин, а також низька швидкість течії в осінньо-зимовий період.

У цілому важливим є:

— представленість видів-домінантів не тільки з різних систематичних відділів, а й видів з різними морфологічними (одноклітинні, багатоклітинні, ценобіальні) та розмірними характеристиками (дрібноклітинні, крупноклітинні);

— присутність видів-домінантів, здатних до різних типів живлення: фотосинтетичного, гетеротрофного (*Euglenaria caudata*, *Lepocinclis ovum*, *Anagnostidinema amphibia*);

— до засвоєння не тільки мінеральних форм азоту, розчинних у воді, але й атмосферного азоту (*Dolichospermum flos-aquae*, *D. spiroides*);

— наявність у підсистемах олігодомінантних і полідомінантних домінуючих комплексів;

— відмінність структури комплексів за чисельністю чи біомасою.

Перераховані характеристики видів-домінантів є важливою ознакою адаптації фітопланктону на популяційно-видовому і на екосистемному рівні до вегетації за особливих умов, які формуються як в осінньо-зимовий період, так і за певного антропогенного впливу.

У цілому, домінуючим комплексам фітопланктону лотично-лентичної гідроекосистеми в осінньо-зимовий період притаманні як просторова континуальність, так і дискретність.

**Інформаційне різноманіття.** Аналіз показників інформаційного різноманіття (за індексом Шеннона) складових лотично-лентичної гідроекосистеми, розрахованих за чисельністю ( $H_N$ ) та біомасою ( $H_B$ ), представлених у таблиці 8, дозволяє сформулювати декілька узагальнень:

— простежується певний континуум як  $H_N$  так і  $H_B$  між природними водотоками: 3,90—4,26 біт/екз і 3,56—3,88 біт/мг і штучними (канал, водосховище): 2,00—2,55 біт/екз і 2,91—3,08 біт/мг;



Таблиця 6

Структура домінуючого комплексу фітопланктону за чисельністю (тис. кл/дм<sup>3</sup>) гідроекосистеми дельти Дунаю

Види-домінанти	Водні екосистеми				
	рукави дельти			канал Дунай — Сасик	Сасицьке водосховище
	Кілійський	Білгородський	Очаківський		
<i>Dolichospermum flosaquae</i> (Brébisson ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek	$\frac{130}{15}$	—	—	*	—
<i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebhan) Wacklin, L. Hoffmann & Komárek	$\frac{63}{7}$	—	—	—	—
<i>Anathece clathrata</i> (West & G.S. West) Komárek, Kastovsky & Jezberová	—	—	—	—	$\frac{109\ 200}{30}$
<i>Aphanothece stagnina</i> (Sprengel) A. Braun	—	—	—	$\frac{28\ 710}{12}$	—
<i>Coelosphaerium minutissimum</i> Lemmermann	—	—	—	$\frac{39\ 936}{16}$	$\frac{117\ 600}{32}$
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli	—	*	$\frac{40}{11}$	—	—
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	—	$\frac{78}{8}$	—	—	—
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	—	$\frac{135}{13}$	—	—	$\frac{12\ 263}{3}$
<i>Microcystis pulvereae</i> (H.C. Wood) Forti	—	$\frac{95}{9}$	—	$\frac{122\ 960}{50}$	$\frac{36\ 400}{10}$
<i>Anagnostidinema amphibium</i> (C. Agardh ex Gomont) Strunický, Bohunická, J.R. Johansen & J. Komárek	$\frac{48}{6}$	—	—	$\frac{21\ 199}{9}$	$\frac{18\ 340}{5}$
<i>Euglenaria caudata</i> (E.F.W. Hübner) Karnowska-Ishikawa, Linton & Kwiatowski	*	—	—	$\frac{11\ 214}{5}$	*
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann	*	*	$\frac{25}{7}$	*	—
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	*	*	$\frac{35}{10}$	—	—

Продовження табл. 6

Види-домінанти	Водні екосистеми				
	рукави дельти			канал Дунай — Сасик	Сасицьке водосховище
	Кілійський	Білгородський	Очаківський		
<i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegewald) E. Hegewald	*	*	$\frac{20}{5}$	*	*
<i>Dictyosphaerium granulatum</i> Hindák	$\frac{128}{15}$	$\frac{70}{7}$	$\frac{80}{22}$	—	—
<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek	—	*	$\frac{20}{5}$	*	*

П р и м і т к а. Над ризкою — чисельність виду-домінанта (тис. кл/дм<sup>3</sup>); під ризкою — частка (%) від загальної чисельності фітопланктону; «—» — вид на даній станції не зустрічався; \* вид на даній станції зустрічався, але до складу домінуючого комплексу не входив.

Таблиця 7

**Структура домінуючого комплексу фітопланктону за біомасою (мг/дм<sup>3</sup>) гідроекосистеми дельти Дунаю**

Види-домінанти	Водні екосистеми				
	рукави дельти			канал Дунай — Сасик	Сасицьке водосховище
	Кілійський	Білгородський	Очаківський		
<i>Aphanothece stagnina</i> (Sprengel) A. Braun	—	—	—	$\frac{1,206}{6}$	—
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	—	*	—	—	$\frac{1,386}{11}$
<i>Microcystis pulverea</i> (H.C. Wood) Forti	—	*	—	$\frac{1,721}{8}$	*
<i>Anagnostidinema amphibium</i> (C. Agardh ex Gomont) Strunecký, Bohunická, J.R. Johansen & J. Komárek	*	—	—	$\frac{1,039}{5}$	$\frac{0,899}{7}$
<i>Merismopedia convoluta</i> Brébisson ex Kützing	—	—	—	—	$\frac{1,411}{11}$
<i>Euglenaria caudata</i> (E.F.W. Hübner) Karnowska-Ishikawa, Linton & Kwiatowski	$\frac{0,071}{10}$	—	—	$\frac{10,710}{53}$	*
<i>Euglena granulata</i> (G.A. Klebs) F. Schmitz	$\frac{0,041}{6}$	—	—	—	—
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann	*	*	$\frac{0,062}{17}$	$\frac{1,424}{7}$	—

Продовження табл. 7

Види-домінанти	Водні екосистеми				
	рукави дельти			канал Дунай — Сасик	Сасицьке водосхо- вище
	Кілій- ський	Білго- родський	Очаків- ський		
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin	0,171 23	0,171 20	—	—	—
<i>Peridinium cinctum</i> (O.F. Müller) Ehrenberg	0,064 9	0,064 8	—	—	—
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	*	*	0,025 7	—	—
<i>Cymbella lanceolata</i> (C. Agardh) C. Agardh	*	—	0,032 9	—	—
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	—	*	0,053 15	—	—
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	—	0,087 10	0,035 10	—	—
<i>Tryblionella levidensis</i> W. Smith	—	—	—	—	1,055 8
<i>Microglena monadina</i> Ehrenberg	0,082 11	0,102 12	0,041 11	—	*
<i>Mychonastes jurisii</i> (Hindák) Krienitz, C. Bock, Dadheech & Proschold	—	—	—	—	0,986 8
<i>Staurastrum orbiculare</i> Meneghini ex Ralfs	*	—	0,026 7	—	—
<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek	—	*	*	*	1,651 13

П р и м і т к а. Над ризкою — біомаса виду-домінанта (мг/дм<sup>3</sup>); під ризкою — частка (%) від загальної біомаси фітопланктону; «—» — вид на даній станції не зустрівся; \* — вид на даній станції зустрівся, але до складу домінуючого комплексу не входив.

— порівняння інформаційного різноманіття цих складових гідроеко-системи показує чітку градацію. Більш високим є інформаційне різноманіття фітопланктону річкових рукавів, а в каналі і водосховищі ці показники суттєво знижуються;

— високе інформаційне різноманіття природних підсистем зумовлено полідомінантною структурою фітопланктону, на відміну від каналу і водосховища, де ці показники є нижчими, що пояснюється більш спрощеною структурою водоростевих угруповань;

— високе інформаційне різноманіття фітопланктону річкових рукавів є важливою адаптаційною реакцією до вегетації як в осінньо-зимовий період, так і за умов певного антропогенного впливу, який фор-

мується цілою низкою забруднювачів, що надходять з річковим стоком у Кілійську дельту.

У цілому, за величинами інформаційного різноманіття (як за  $H_N$ , так і за  $H_B$ ), простежується просторовий континуально-дискретний розподіл фітопланктону в осінньо-зимовий період у природно-штучній лотично-лентичній гідроекосистемі дельти Дунаю.

*Сапробіологічна характеристика якості води.* Для більш об'єктивної оцінки водного середовища було використано два методичні підходи.

Отримані характеристики якості води за співвідношенням видів-індикаторів різних зон сапробності від  $\chi$ -о-сапробної до  $\alpha$ -р-сапробної є репрезентативними, бо з 177 в. в. т. 124 в. в. т. належало до видів-індикаторів сапробності, а це 70 % від загального складу фітопланктону.

Розподіл видів-індикаторів у річкових рукавах був наступним:

—  $\chi$ -о-сапроби — 10—17 в. в. т. (32—35 % загальної кількості), що відповідає класам якості води «дуже чисті» — «чисті води»;

—  $\beta$ -мезосапроби — 15—27 в. в. т. (54—55 %) — «помірно забруднені води»;

—  $\alpha$ -р-сапроби — 3—6 в. в. т. (10—13 %) — «брудні» — «дуже брудні води».

Відповідно, усього по р. Дунай розподіл видів-індикаторів був наступний:  $\chi$ -о-сапроби — 26 в. в. т. (32 %),  $\beta$ -мезосапроби — 46 в. в. т. (58 %),  $\alpha$ -р-сапроби — 8 в. в. т. (10 %).

У каналі і Сасицькому водосховищі:

—  $\chi$ -о-сапроби — 8—9 в. в. т. (19—27 %) — класи «дуже чисті» — «чисті води»;

—  $\beta$ -мезосапроби — 19—34 (66—72) — клас «помірно забруднені води»;

—  $\alpha$ -р-сапроби — 2—4 (7—9) — класи якості води «брудні» — «дуже брудні води».

Порівняльний аналіз представлених результатів вказує на просторовий континуум, який проявився в наявності в кожній з досліджених при-

Таблиця 8

**Індекс Шеннона фітопланктону гідроекосистеми дельти Дунаю в осінньо-зимовий період**

Індекс Шеннона	Водні екосистеми				
	рукави дельти			канал Дунай — Сасик	Сасицьке водосховище
	Кілійський	Білгородський	Очаківський		
$H_N$ , біт/екз	3,89–3,91 3,90±0,01	4,18–4,35 4,26±0,09	3,95–4,27 4,16±0,05	2,31–2,60 2,55±0,02	1,30–2,67 2,00±0,68
$H_B$ , біт/мг	3,46–3,66 3,56±0,10	3,25–4,31 3,78±0,53	3,64–3,97 3,88±0,03	2,79–2,95 2,91±0,04	2,08–4,06 3,08±0,99

П р и м і т к а.  $H_N$  — індекс Шеннона за чисельністю;  $H_B$  — індекс Шеннона за біомасою. Над рискою — межі коливань; під рискою — середні величини ± стандартна помилка.

родних і штучних екосистем видів-індикаторів всіх п'яти зон сапробності. Разом з тим, встановлено і певну локальну дискретність — зростання в каналі і водосховищі кількості видів-індикаторів  $\beta$ -мезосапробної зони і, навпаки, зниження кількості видів-індикаторів  $\alpha$ -р-сапробної зони (табл. 9).

Паралельно проведено оцінку якості води за індексами Пантле — Букк у модифікації Сладечека. Показано, що  $S_N$  в рукавах дельти — 1,86—1,98, а в каналі і водосховищі — 1,48—1,74;  $S_B$  в рукавах дельти 2,00—2,43, а в каналі і водосховищі — 1,84—2,38 (див. табл. 9).

Отримані величини індексу сапробності відповідають  $\beta'$ - $\beta''$ -мезосапробній зоні, розрядам «досить чисті» — «слабко забруднені води», класу «помірно забруднені води».

При загальному континуумі індексів сапробності в гідроекосистемі, реєструється певна локальна дискретність, яка, згідно з показниками  $S_N$ , характеризує якість води в річкових рукавах дельти як більш забруднену, ніж у каналі і водосховищі. Те ж саме і по рукавам і водосховищу за  $S_B$ . Деяке зростання індексу  $S_B$  у каналі в основному зумовлено масовим розвитком представника Euglenozoa — *Euglenaria caudata* (див. табл. 7), бо індекс сапробності цього виду — 2,8.

Наведена сапробіологічна характеристика якості води з паралельним використанням двох методичних підходів дозволяє стверджувати, що в осінньо-зимовий період якість води у досліджуваній лотично-лентичній гідроекосистемі в основному характеризується як континуум «помірно

Таблиця 9

Сапробіологічна характеристика якості води гідроекосистеми дельти Дунаю в осінньо-зимовий період

Сапробіологічні характеристики		Водні екосистеми				
		рукави дельти			канал Дунай — Сасик	Сасицьке водосховище
зони сапробності	класи якості води	Кілійський	Білгородський	Очаківський		
$\chi$ -о-сапробна	Дуже чиста — чиста	$\frac{15}{32}$	$\frac{17}{35}$	$\frac{10}{35}$	$\frac{8}{27}$	$\frac{8}{17}$
		$\frac{26}{55}$	$\frac{27}{55}$	$\frac{15}{54}$	$\frac{19}{66}$	$\frac{34}{74}$
$\beta$ -мезосапробна	Помірно забруднена	$\frac{6}{13}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{4}{9}$
		$\frac{6}{13}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{4}{9}$
$\alpha$ -р-сапробна	Брудна — дуже брудна	$\frac{47}{100}$	$\frac{49}{100}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{29}{100}$	$\frac{46}{100}$
		$\frac{47}{100}$	$\frac{49}{100}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{29}{100}$	$\frac{46}{100}$
Індекс сапробності						
$S_N$		1,98	1,86	1,95	1,48	1,74
$S_B$		2,43	2,00	2,16	2,38	1,84

Примітка. Над рискою — кількість видів-індикаторів даної зони сапробності; під рискою — частка (%) від загальної кількості видів-індикаторів.

забруднених вод» з локальною дискретністю, зумовленою поліпшенням якості води у водосховищі, особливо порівняно з Кілійським рукавом.

Вважаємо за необхідне наголосити, що представлені результати щодо просторового континууму і дискретності, а відповідно, і домінування в кожному із складових лотично-лентичної гідроекосистеми внутрішньоводойменних процесів, отримані в осінньо-зимову межінь р. Дунай. Можливо, під час весняної повені чи весняно-літніх паводків континуальність зростатиме, а внутрішньоекосистемна дискретність — знижуватиметься, але це потребує спеціальних натурних досліджень у ці часові періоди.

### Висновки

В осінньо-зимовий період (жовтень — лютий) комплексно розглянуто абіотичні чинники (прозорість води, абсолютний вміст і насичення води розчиненим киснем, величини рН), які до певної міри визначаються структурно-функціональною організацією фітопланктону в транскордонній лотично-лентичній гідроекосистемі дельти Дунаю. Залежність цих чинників від функціонування фітопланктону пов'язана з тим, що глобальні кліматичні зміни, характерні для останніх десятиліть, зумовили в осінньо-зимовий період позитивні значення температури води.

Для цих абіотичних чинників характерний просторовий континуум, а солоності води притаманна дискретність — 0,24—0,25 ‰ в річкових рукавах, аналогічно по руслу каналу, а в районі його впадіння у Сасицьке водосховище — 0,35—0,87 ‰ (що, можливо, зумовлено підпором вод із водосховища), а по акваторії водосховища — 1,71—2,11 ‰. Відповідно, різниця в солоності води в рукавах дельти і водосховищі становить 7,3—8,4 разів.

У рукавах дельти зареєстровано 108 в. в. т. з провідною роллю Bacillariophyta — 35 в. в. т. (32 % флористичного спектру) і Chlorophyta — 33 (31).

У каналі Дунай — Сасик усього було виявлено 50 в. в. т. водоростей, вегетує комплекс Chlorophyta — Cyanobacteria — 21 (42) і 13 (26) і значно зменшується різноманіття Bacillariophyta — 8 (16).

У фітопланктоні водосховища знайдено 68 в. в. т. з домінуванням Chlorophyta — 29 (42), Bacillariophyta — 23 (34) і Cyanobacteria — 14 в. в. т. (20 % флористичного спектру).

У цілому ж, незважаючи на осінньо-зимовий період, у лотично-лентичній гідроекосистемі було зареєстровано 175 видів, представлених 177 в. в. т.

Дендрограма видової подібності (за коефіцієнтом Серенсена) ілюструє просторовий континуум фітопланктону, а наявність двох відмінних кластерів (рукави дельти і канал — водосховище) вказує на локальну дискретність.

За середніми величинами чисельності і біомаси рукави дельти ранжуються в наступному порядку: Білгородський (1015 тис. кл/дм<sup>3</sup> і 0,839 мг/дм<sup>3</sup>) > Кілійський (858 тис. кл/дм<sup>3</sup> і 0,747 мг/дм<sup>3</sup>) > Очаківський (369 тис. кл/дм<sup>3</sup> і 0,369 мг/дм<sup>3</sup>). Для каналу ці величини складають



246 753 тис. кл/дм<sup>3</sup> і 20,273 мг/дм<sup>3</sup>, а для водосховища — 364 918 тис. кл/дм<sup>3</sup> і 12,767 мг/дм<sup>3</sup> відповідно.

Оцінка трофності характеризує природні водотоки як мезотрофні, а канал і водосховище — як гіпертрофні екосистеми.

При просторовому континуумі реєструється локальна дискретність, зумовлена різною структурною організацією домінуючих комплексів за чисельністю і біомасою: полідомінантним в річкових рукавах і олігодомінантним у каналі і водосховищі.

Інформаційне різноманіття ( $H_N$ ,  $H_B$ ) було більш високим — 3,90—4,26 біт/екз і 3,56—3,88 біт/мг — у рукавах, ніж у каналі та водосховищі, що, безперечно, є важливою складовою адаптаційного механізму фітопланктону до вегетації за певного антропогенного впливу.

Нижче інформаційне різноманіття спостерігається в каналі і водосховищі, що пов'язано з олігодомінантним складом їхнього фітопланктону.

Сапробіологічна оцінка якості води за співвідношенням видів-індикаторів різних зон сапробності та за індексом Пантле — Букк у модифікації Сладечека показала, що вона в основному відповідає β-мезосапробній зоні — 80 в. в. т. (64 % усіх видів індикаторів),  $S_N$  — 1,48—1,98,  $S_B$  — 1,84—2,38, які є характерним для класу «помірно забруднених вод», що притаманно більшості континентальних водойм і водотоків Європи на сьогодні.

Таким чином, встановлено, що в осінньо-зимовий період для фітопланктону транскордонної лотично-лентичної гідроекосистеми дельти Дунаю, яка включає природні, істотно-змінені та штучні компоненти, притаманний загальний просторовий континуум з локальною дискретністю.

#### Список використаної літератури

1. Барінова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель Авив : Pilies Stud, 2006. 498 с.
2. Биопродуктивность и качество воды Сасыкского водохранилища в условиях его опреснения. Харченко Т.А., Тимченко В.М., Иванов А.И. и др. Ин-т гидробиологии АН УССР. Киев : Наук. думка, 1990. 276 с.
3. Білоус О.П., Іванова Н.О. Сучасний стан фітопланктону Сасикського водосховища. *Актуальні проблеми ботаніки та екології: Матеріали міжнар. конф. молодих учених*. Умань : Сочінський, 2014. С. 38—39.
4. Біорізноманітність Дунайського біосферного заповідника, збереження та управління. Київ : Наук. думка, 1999. 704 с.
5. Гидрология дельты Дуная. Михайлов В.Н., Морозов В.Н., Михайлова М.В. и др. / Под ред. В.Н. Михайлова. Москва : ГЕОС, 2004. 448 с.
6. Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов. Харченко Т.А., Тимченко В.М., Ковальчук А.А. и др. Киев : Наук. думка, 1993. 328 с.
7. Дунай и придунайские водоемы в пределах СССР. Под ред. Я.В. Ролла. *Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР*. Киев : Изд-во АН УССР, 1961. Т. 36. 311 с.
8. Иванов А.И. Фитопланктон устьевых областей рек северо-западного Причерноморья. Киев : Наук. думка, 1982. 212 с.
9. Кілійське міжрайонне управління водного господарства. URL: <https://kmuv.gov.davr.gov.ua> (дата звернення: 17.02.2022).

10. Лимнологические исследования Дуная: Докл. XI Междунар. конф. по лимнол. изуч. Дуная (Киев, сентябрь 1967 г.). Киев : Наук. думка, 1969. 472 с.
11. Ляшенко А.В., Афанасьев С.О., Санду К. та ін. Hydrobiocenoses of the transboundary sections of the Ukrainian and Romanian parts of the Danube delta: Гідробіоценози транскордонних ділянок української та румунської дельти Дунаю. Київ : Кафедра, 2018. 312 с.
12. Марковский Ю.М. Фауна беспозвоночных низовьев рек Украины. Условия ее существования и использования. Часть III. Водоемы Килийской дельты Дуная. Киев : Изд-во Акад. наук. УССР, 1955. 280 с.
13. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. Київ : ЛОГОС, 2006. 408 с.
14. Окснюк О.П., Жданова Г.А., Гусынская С.Л., Головки Т.В. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. 1. Планктон. *Гидробиол. журн.* 1994. Т. 30, № 3. С. 26—31.
15. Поліщук В.В. Гідрофауна пониззя Дунаю в межах України. Київ : Наук. думка, 1974. 421 с.
16. Ролл Я.В. Фитопланктон советского участка Дуная, его рукавов и заливов. *Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР.* 1961. № 36. С. 70—93.
17. Романенко В.Д., Якушин В.М., Щербак В.І. та ін. Біорізноманіття та біоресурсний потенціал екосистем дніпровських водосховищ в умовах кліматичних змін і розвитку біологічної інвазії. Київ : Наук. думка, 2019. 275 с.
18. Семенюк Н.Є. Фітоепіфітон водних об'єктів басейну Дніпра : автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Київ, 2020. 40 с.
19. Щербак В.І. Методи досліджень фітопланктону. *Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем.* Київ, 2002. С. 41—47.
20. Щербак В.І. Фітопланктон. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод.* Київ : ЛОГОС, 2006. С. 8—32.
21. Щербак В.І., Корнійчук Н.М. Континуальність та дискретність річкового фітомікроепіфітону. *Доп. НАН України.* 2005. № 9. С. 208—212.
22. Щербак В.І., Майстрова Н.В., Семенюк Н.Є. Континуальність і дискретність водоростевих угруповань антропогенно порушеної затоки Канівського водосховища. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2008. Т. 15. С. 158—168.
23. Chaffin J.D., Bridgeman T.B., Bade D.L., Mobilian C.N. Summer phytoplankton nutrient limitation in Maumee Bay of Lake Erie during high-flow and low-flow years. *J. Great Lakes Res.* 2014. Vol. 40. P. 524—531.
24. Danube delta. Genesis and Biodiversity. Leiden, 2006. 445 pp.
25. Gadzinowska J. Plankton communities in oxbow lakes of the River Vistula (Oświęcim Basin) with bottom sediments heterogeneously contaminated with heavy metals. *Limnol. Rev.* 2013. Vol. 13, Iss. 2. P. 93—104.
26. Kazakov S., Biserkov V., Pehlivanov L., Nedkov S. Trophic status assessment of small turbid lakes comparing remote sensing and *in situ* data: case study at Lower Danube floodplain. *Aerospace Research in Bulgaria.* 2020. Vol. 32. P. 53—63.
27. Lăcătuș M.F., Stroe M.D., I. G., Tenciu M., Crețu M. Characterization of phytoplankton communities on the Danube sector km 169 — km 197 in 2021. *Scientific Papers — Animal Science Series: Lucrări Științifice — Seria Zootehnie.* 2021. Vol. 76. P. 93—96.
28. Liashenko A.V., Meteletskaia Z.G. Long-term Changes in Macrozoobenthos of the Kiliya Delta of the Danube River. *Hydrobiol. J.* 2002. Vol. 38, N 6. P. 50—57.
29. Liashenko A.V., Sylayeva A.A., Etingova A.A., Makovskiy V.V. Comparative characteristics of biodiversity of macroinvertebrates ecological groups in the Kiliya Delta of the Danube River. *Ibid.* 2005. Vol. 41, N 2. P. 17—35.
30. Liashenko A., Zorina-Sakharova K. Macroinvertebrates of the Marine Edge and Fore-Delta of Kyliya Branch of the Danube River. *Acta zool. bulg.* 2014. Suppl. 7. P. 19—25.

31. Liashenko A.V., Zorina-Sakharova K.Ye. Hydrological-hydrochemical characteristic of the Sasyk liman and the Sasyk reservoir. *Hydrobiol. J.* 2017. Vol. 53, N 2. P. 97—107.
32. Liashenko A.V., Zorina-Sakharova K.Ye. Hydroecological characteristic of the Sasyk liman and the Sasyk reservoir. *Ibid.* 2017. Vol. 53, N 3. P. 26—43.
33. Liashenko A.V., Zorina-Sakharova K.Ye. Succession of hydrobiocenoses of the Sasyk liman and the Sasyk reservoir. *Ibid.* 2018. Vol. 54, N 4. P. 14—29.
34. Lyashenko A.V., Zorina-Sakharova Ye.Ye. Comparative characteristics of the indices of invertebrates macrofauna diversity in the Ukrainian and Romanian sections of the Danube river Delta. *Ibid.* 2009. Vol. 45, N 6. P. 17—32.
35. Lyashenko A.V., Zorina-Sakharova Ye.Ye. Biological indication of the water quality of the Kiliya Danube delta by aquatic invertebrates' fauna. *Ibid.* 2012. Vol. 48, N 6. P. 51—72.
36. Lyashenko A.V., Zorina-Sakharova Ye.Ye., Makovskiy V.V. Modern state of the macrofauna of invertebrates of the Ukrainian part of the lower reaches of the Danube river. *Ibid.* 2007. Vol. 43, N 4. P. 21—34.
37. Lyashenko A.V., Zorina-Sakharova K.Ye., Guleykova L.V., Pogoryelova M.S. Peculiarities of the structural and functional characteristics of contact hydrobiocenoses. *Ibid.* 2020. Vol. 56, N 1. P. 3—23.
38. Lyashenko A. V., Zorina-Sakharova Ye.Ye., Sanzhak Yu. O., Makovskiy V.V. Comparative characteristics of the taxonomic composition of the macrofauna of the Kiliya delta of the Danube River. *Ibid.* 2013. Vol. 49, N 3. P. 27—40.
39. Marchenko I.S., Lyashenko A.V. Comparative characteristics of zooplankton of the Sasyk reservoir. *Ibid.* 2017. Vol. 53, N 6. P. 49—59
40. Moldoveanu M., Zinevici V., Parpală L. et al. The role of plankton communities in the functional capacity of the Danube delta ecosystems — a long term study. *Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii și comunicri. Științele Naturii.* 2015. Tom 31, N 2. P. 183—188.
41. Moss B., Booker I., Balls H., Manson K. Phytoplankton distribution in a temperate floodplain lake and river system. I. Hydrology, nutrient sources and phytoplankton biomass. *J. Plankton Res.* 1989. Vol. 11, N 4. P. 813—838.
42. Protasov A.A., Uzunov Y.I., Sylaieva A.A. et al. Ecological continuum: fundamental concepts and use in applied hydrobiology. *Hydrobiol. J.* 2022. Vol. 58, N 5. P. 3—15.
43. Șherbak V., Sherman I., Semeniuk N., Kutishchev P. Autotrophic communities' diversity in natural and artificial water-bodies of a river estuary — A case-study of the Dni-eper — Bug Estuary, Ukraine. *Ecohydrology and Hydrobiology.* 2020. Vol. 20. P. 112—122.
44. Stoica C., Lucaciu I., Nicolau M., Vosniakos F. Monitoring the ecological diversity of the aquatic Danube delta systems in terms of spatial-temporal relationship. *J. of Environ. Protection and Ecology.* 2012. Vol. 13, N 2. P. 476—485.
45. Stoica C., Stanescu E., Paun I. et al. Trophic status of Danube river and its tributaries using chlorophyll *a* as an indicator. *The Environment and the Industry: Proceedings Book of INCD ECOIND — International Symposium — SIMI 2016 (Bucharest, Romania, October 13—14, 2016).* Bucharest, 2016. P. 96—104.
46. Török L., Török Z., Carstea E.M., Savastru D. Seasonal variation of eutrophication in some lakes of Danube Delta Biosphere Reserve. *Water Environ. Res.* 2017. Vol. 89, N 1. P. 86—94.

Надійшла 30.09 2022

V.I. Shcherbak, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Leading Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Geroyiv Stalingrada prosp., 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: ek424nat@ukr.net  
ORCID 0000-0002-1237-6465

A.V. Liashenko, Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Leading Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Geroyiv Stalingrada prosp., 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: ArtemLyashenko@bigmir.net  
ORCID 0000-0003-0028-4974

N. Ye. Semenyuk, Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Geroyiv Stalingrada prosp., 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: natasemenyuk@gmail.com  
ORCID 0000-0003-4447-3507

K.Ye. Zorina-Sakharova, PhD (Biol.), Senior Researcher  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Geroyiv Stalingrada prosp., 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: katerynazorinasakharova@gmail.com  
ORCID 0000-0001-6159-2642

D.A. Lutsenko, PhD student (Biol.),  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Geroyiv Stalingrada prosp., 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: ecowaterkma@gmail.com  
ORCID 0000-0002-9399-2250

#### CONTINUITY AND DISCRETENESS OF AQUATIC COMMUNITIES IN LOTIC-LENTIC ECOSYSTEM OF THE DANUBE DELTA: PHYTOPLANKTON

The paper deals with patterns of continuity and discreteness of the main abiotic parameters and phytoplankton in the transboundary lotic-lentic aquatic ecosystem, including branches of the Danube, the Danube — Sasyk channel and the Sasyk reservoir in autumn-winter. The water temperature, dissolved oxygen content and pH are characterized by spatial continuum, and the salinity is distinguished by discreteness (fresh water in the branches and channel, and brackish water in the reservoir). With phytoplankton showing spatial continuum, being dominated by planktonic forms of diatoms, green and blue-green algae, local signs of discreteness are observed, related to different structure of dominant complexes: polydominant in the river branches and oligodominant in the channel and reservoir. The cell count and biomass are typical for mesotrophic (delta branches) and hypertrophic (channel, reservoir) ecosystems, and oligodominant and polydominant complexes bring about high information diversity, which is an important adaptation characteristic of phytoplankton.

**Keywords:** *lotic-lentic ecosystem of the Danubian delta, phytoplankton, taxonomic, information diversity, cell count, biomass, dominant complexes, saprobity, continuity, discreteness.*