

УДК (574.63:621.311.25)

**О.О. ПРОТАСОВ**, д. б. н., проф., пров. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: labtech-hb@ukr.net  
ORCID 0000-0002-0204-2007

**Т.М. НОВОСЬОЛОВА**, мол. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: labtech-hb@ukr.net  
ORCID 0000-0002-9594-9846

## **РИСИ ОЗЕРНОГО КОНТИНУУМУ У ПРОСТОРОВОМУ РОЗПОДІЛІ ФІТОПЛАНКТОНУ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТАНЦІЇ**

*У статті розглядаються особливості просторового розподілу фітопланктону водойми-охолоджувача у застосуванні до концепції лімничного континууму. Показано, що при роботі одного або обох енергоблоків електростанції та за відсутності вітру розподіл фітопланктону відбувається вздовж радіальних векторів від центру водойми до берегової лінії, що відповідає ідеї лімничного континууму. При сильному вітрі, який впливає на локалізацію техногенного потоку та його площу, радіальний характер змін показників фітопланктону порушується.*

**Ключові слова:** континуум, фітопланктон, техноекосистема, техногенний потік.

Водойми-охолоджувачі (ВО) техноекосистем енергетичних станцій мають різноманітні морфометричні, конструктивні та експлуатаційні характеристики [1, 2, 9, 24]. Специфіка гідроморфологічних та гідрологічних умов у водоймах техноекосистем визначає просторовий розподіл біоти. У загальних рисах розподіл гідробіонтів у різних техноекосистемах можна розглядати як в рамках річкового [23], так і озерного [22] континууму. Певно можна говорити і про існування окремої моделі водосховищного континууму. Основою моделі озерного континууму є наявність радіальної симетрії у розподілі основних векторів [22]. Такі штучні водойми, як ВО Криворізької ТЕС та Хмельницької АЕС за своєю конст-

---

Ц и т у в а н н я: Протасов О.О., Новосьолова Т.М. Риси озерного континууму у просторовому розподілі фітопланктону водойми-охолоджувача енергетичної станції. *Гідробіол. журн.* 2026. Т. 62, № 2. С. 42—55.

рукцією мають озероподібний вигляд [2, 8, 9], тобто є передумови розглядати такі водойми в рамках озерного континууму.

Метою дослідження було з'ясувати особливості просторового розподілу фітопланктону в умовах технічної водойми лімничного типу. Робочою гіпотезою було припущення, що, попри специфічні техногенні впливи, просторовий розподіл фітопланктону у такій водоймі зберігає риси лімничного континууму.

### Матеріал і методика досліджень

Досліджена ВО атомної електростанції розташована у північно-західній частині України, має площу близько 20 км<sup>2</sup> та об'єм близько 120 млн. м<sup>3</sup>. Детальна її характеристика наведена у роботах [9, 16]. Від виходу відвідного каналу до входу у підвідний формується техногенний потік охолоджувальної води, який, залежно від режиму роботи АЕС та вітрових умов, може впливати на гідрологічну ситуацію тільки окремих районів або водойми в цілому [9,10].

У роботі використано результати досліджень фітопланктону на 23 станціях ВО у вересні 2021 р. (рис. 3) та для порівняння — у червні 1998 р., вересні 2014 р., вересні 2015 р. і вересні 2023 р. Одну із станцій з певних розділів аналізу було вилучено (див. нижче). При відборі та обробці проб користувалися загальноприйнятими в гідробіології методами [3]. Паралельно ртутним термометром вимірювали температуру води з точністю 0,1 °С.

Відстань між станціями досліджень встановлювали за допомогою мап Google Earth (<https://earth.google.com>).

Для опису таксономічного багатства гідробіонтів використовували термін НІТ — нижчий ідентифікований таксон, який визначає таксони як видового, так і більш високого та низького рангу, відповідно до можливостей ідентифікації організмів. Назви та систематична приналежність таксонів водоростей наведені згідно [13]. Для обрахунку застосовували програмний пакет WaCo [20]. Силу зв'язку між змінними встановлювали за шкалою Чеддока [12]. Домінуючими вважали види або НІТ, частка яких сумарно складала 50 % загальної чисельності або біомаси. Статистичні обрахунки виконували за [5]. Різноманіття за чисельністю та біомасою розраховували за індексом Шеннона [4].

Індекс континуальності [19] розраховували за формулою:

$$I_k = \frac{1}{V_c + CV_N + CV_B} \cdot b,$$

де:  $V_c$  — частка (%) видів (НІТ), частота трапляння яких менше 50 %;  $CV_N$  — коефіцієнт варіації показників чисельності (%);  $CV_B$  — коефіцієнт варіації показників біомаси (%);  $b$  — коефіцієнт для конвертації отриманого значення у цілі значення приймали рівним 10 000.

### Результати досліджень

Під час відбору проб у 2021 р. була штильова погода. Температура води змінювалася від 23,6 °С (західний район) до 28,2 °С (східний район, вихід відвідного каналу). Багатство фітопланктону у 2021 р. становило 101 НІТ. Більшість НІТ (близько 95 %) було визначено до рівня виду або до варієтету. Флористичний спектр формували сім відділів, з яких Euglenozoa, Charophyta, Miozoa та Cryptophyta налічували по 2 НІТ, Cyanobacteria — 6, Bacillariophyta — 24, Chlorophyta — 63 НІТ. Багатство фітопланктону на окремих станціях було в межах 18—32 НІТ.

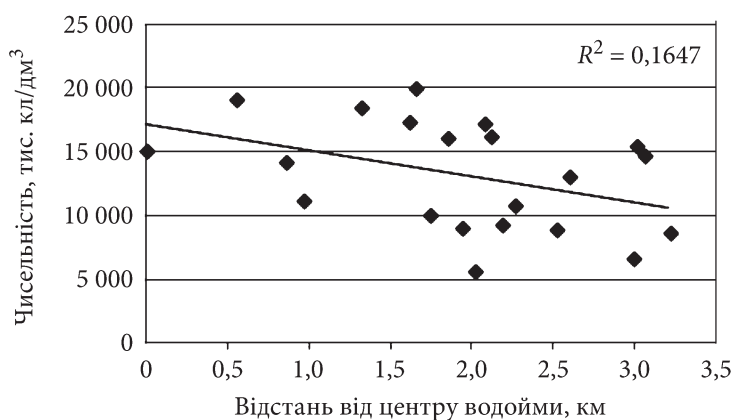
У попередніх дослідженнях [19] показано, що розподіл фітопланктону саме пелагічної частини ВО був досить гомогенним порівняно із таким в лотичній системі р. Гнилий Ріг. Однак і у межах водойми можна виділити певні рівні континуальності та гетерогенності. Так, прибережна зона досить неоднорідна біотопічно внаслідок контакту з береговою лінією, наявності гідроспоруд та заростання частини берега вищими водними рослинами (ВВР). Тут формуються різні гідрологічні умови. Із 20,4 км берегової лінії близько 7 км займає бетонна гребля [9], також є ділянки з різним рівнем розвитку ВВР.

У фітопланктоні прибережної зони було зареєстровано 75 НІТ (у пелагічній частині — 70) з семи відділів: Miozoa, Euglenozoa, Cryptophyta та Charophyta (по два НІТ), Cyanobacteria (5), Bacillariophyta (17), Chlorophyta (45 НІТ). Чисельність становила  $9,41 \pm 2,75$  млн. кл/дм<sup>3</sup>, біомаса —  $5,28 \pm 2,43$  мг/дм<sup>3</sup>.

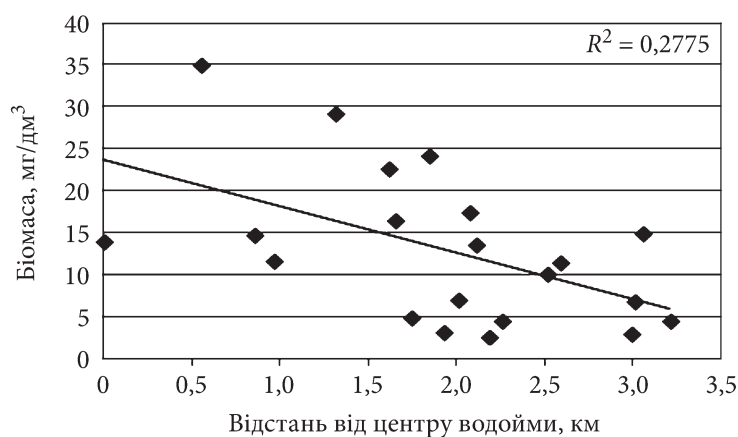
Загалом для прибережної зони порівняно із пелагіаллю був характерний нижчий рівень кількісного розвитку (у середньому чисельність нижча у 1,7 раза, а біомаса — у 3,6 раза) та більш гетерогенний розподіл кількісних показників вздовж берегової лінії. Спостерігалася досить чітко виражена тенденція до зменшення показників від центральної зони до берегів у радіальному розподілі чисельності (рис. 1) та біомаси (рис. 2).

У градієнті фітопланктону від центра водойми можна виділити три зони — центральну, проміжну та прибережну (рис. 3). Виділення проміжної зони досить умовне, але воно доречне, тому що відповідає системі поступових змін показників по радіальних векторах за принципом лімічного континууму.

Станція 32 вирізняється своїми біотопічними умовами. Вона розташована у зоні виходу відвідного каналу, тобто зоні найвищої температури і турбулентності. Кількісний розвиток фітопланктону на цій станції в період досліджень був у середньому вдвічі нижчим, ніж на решті станцій пелагіалі (табл. 1), але близьким до такого у відвідному каналі (ст. 32 —  $7,77$  млн. кл/дм<sup>3</sup> та  $6,82$  мг/дм<sup>3</sup>, середина відвідного каналу —  $7,68$  млн. кл/дм<sup>3</sup> та  $6,25$  мг/дм<sup>3</sup>). Просторово ця станція не може бути з певністю віднесена ні до прибережної, ні до пелагічної зони, за своїми характеристиками вона ближче до відвідного каналу, ніж до решти пелагіалі. З огляду на це, вона була виключена з розподілу зон.



**Рис. 1.** Розподіл чисельності фітопланктону у водоймі-охолоджувачі за відстанню від геометричного центру водойми (ст. 9), 2021 р.

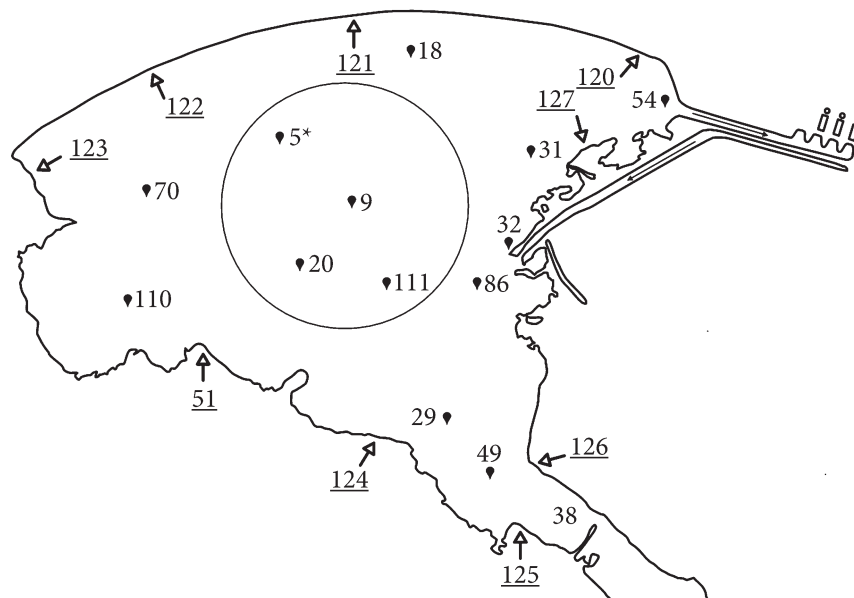


**Рис. 2.** Розподіл біомаси фітопланктону у водоймі-охолоджувачі за відстанню від геометричного центру водойми (ст. 9), 2021 р.

Розвиток фітопланктону у межах виділених зон мав певні особливості. Питоме багатство (кількість НІТ на станції) зменшувалося від прибережної зони принаймні до межі з центральною (рис. 4), де воно було дещо вищим, ніж могло бути прогнозоване вищеописаною тенденцією.

Кількість НІТ з частотою трапляння нижче 50 % у фітопланктоні зон поступово збільшувалася від центру до берегової зони (див. табл. 1).

Для всієї водойми зареєстровано лише три види водоростей з частотою трапляння 100 %. Серед них *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simpson регулярно входила до складу домінантних комплексів за чисельністю та біомасою по всій акваторії та на більшості станцій була монодомінантом за біомасою, *Desmodesmus magnus* (Meyen) Tsarenko — домінант першого або другого рангу за чисельністю та *Rhodomonas pusilla* (Bach-



**Рис. 3.** Схема розташування станцій відбору проб у водоймі-охолоджувачі і зон просторового розподілу фітопланктону у 2021 р. Колом відокремлені станції (5, 9, 20, 111), які увійшли до центральної зони; стрілками по контуру водойми позначені станції прибережної зони (51, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127). Решта станцій (18, 29, 31, 32, 38, 49, 54, 70, 86, 110) відноситься до проміжної зони

mann) Javornický, рівень розвитку якого був невисоким. Аналіз розподілу складу фітопланктону по окремих зонах показав, що із 101 НІТ 47 зустрічалися лише в одній із зон: чотири відмічені лише в центральній зоні, 15 — лише у проміжній, 28 — лише в прибережній. Підвищення багатства в напрямку прибережної зони відбувалося завдяки притаманним лише даній зоні НІТ: у центральній зоні вони становили 9 % від загальної кількості НІТ, у проміжній — 25, у прибережній — 37 %. Кореляція між індексом континуальності та кількістю НІТ, частота трапляння яких менше 50 %, у зоні була помірною та мала від'ємне значення:  $r = -0,525$ .

Склад домінантних комплексів за чисельністю у центральній та проміжній зонах був подібним, але співвідношення показників їхньої чисельності та біомаси було різним. У прибережній зоні кількість видів, що входила до складу домінантних комплексів за чисельністю, була більшою, і їхній ранговий розподіл відрізнявся від такого у зонах пелагічної частини ВО (рис. 5). По всій водоймі значна частка біомаси формувалася *A. granulata*, а у центральній зоні до складу домінантного комплексу входив також *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin (рис. 6).

Значення індексу різноманіття Шеннона зростали за відцентровим вектором (рис. 7). А отже, структура фітопланктону ускладнювалася, причому саме через підвищення вирівняності, тобто більш рівномірного

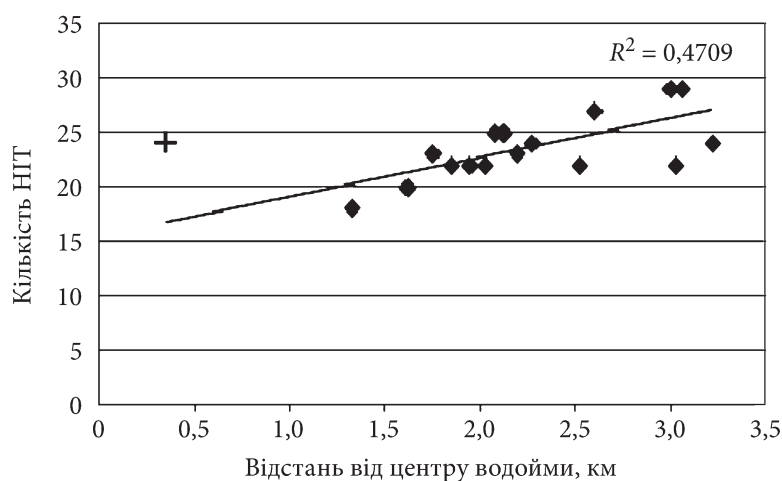
Таблиця 1

## Структурні показники фітопланктону у водоймі-охолоджувачі у межах виділених зон та у пелагiалі в цілому

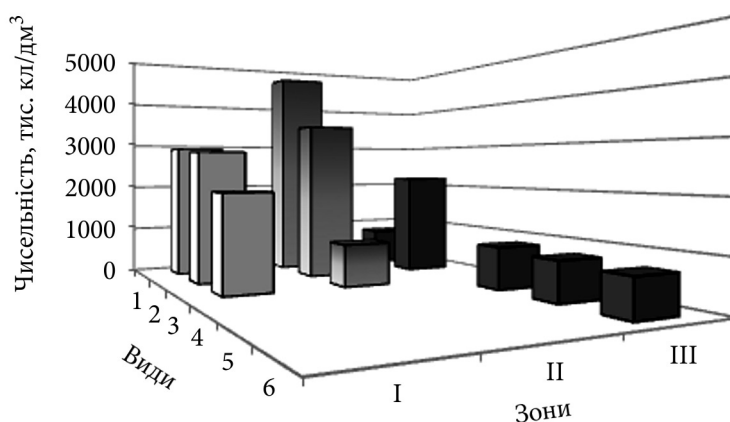
Показники	Центральна зона	Проміжна зона	Прибережна зона	Пелагiаль в цілому (центральна + проміжна)
Загальна кількість НІТ	45	60	75	70
Чисельність, млн. кл/дм <sup>3</sup>	14,9 ±3,24	16,67±2,17	9,41±2,75	16,08±2,58
Біомаса, мг/дм <sup>3</sup>	18,98±10,86	18,82±6,02	5,28±2,43	18,88±7,43
CV <sub>N</sub> , %	21,77±7,36	13,03±3,20	29,26±6,37	16,02±3,19
CV <sub>B</sub> , %	57,21±15,72	31,97±7,28	46,13±9,11	39,36±7,02
Частка рідкісних НІТ в зоні*, %	46,67	60,00	78,67	67,14
Індекс континуальності	79,59	95,24	64,91	81,62

Примітка. \* Частка НІТ, частота трапляння яких менше 50 %.

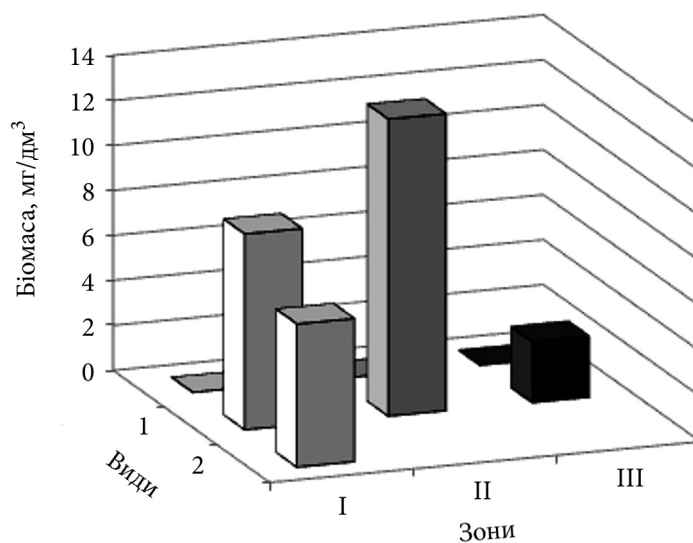
розподілу екологічних ніш ценопопуляцій: чим ближче до берега, тим меншою була різниця біомас окремих видів. Навіть при підвищенні багатства на показники різноманіття впливала саме вирівняність, про що свідчить слабкий зв'язок між показниками багатства та вирівняності ( $r = 0,213$ ). Відомо [6], що показники різноманіття та рясності, насамперед біомаси, пов'язані зворотною залежністю, що підтверджується встановленими залежностями (див. рис. 2 і 7).



**Рис. 4.** Розподіл питомого багатства (НІТ/станція) у проміжній та прибережній зонах водойми-охолоджувача за відстанню від геометричного центру водойми (ст. 9). + — середнє значення питомого багатства НІТ центральної зони



**Рис. 5.** Домінанти фітопланктону за чисельністю у різних зонах водойми-охолоджувача у 2021 р.: 1 — *Aulacoseira granulata*; 2 — *Desmodesmus magnus*; 3 — *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing; 4 — *Desmodesmus armatus* (Chodat) E.H. Hegewald; 5 — *Binuclearia lauterbornii* (Schmidle) Proshkina-Lavrenko; 6 — *Aphanocapsa incerta* (Lemmertmann) G.Cronberg & Komárek. I — центральна зона; II — проміжна зона; III — прибережна зона



**Рис. 6.** Домінанти фітопланктону за біомасою у різних зонах водойми-охолоджувача у 2021 р.: 1 — *Aulacoseira granulata*; 2 — *Ceratium hirundinella*. I — центральна зона; II — проміжна зона; III — прибережна зона

Оцінка континуальності за індексом Ік дає можливість проаналізувати особливості просторового розподілу фітопланктону у новому аспекті. Метод розрахунку Ік спирається на особливості розподілу показників рясності і звичайних та рідкісних для конкретного дослідження НІТ [19]. У нашому дослідженні спостерігався тренд зменшення континуальності у

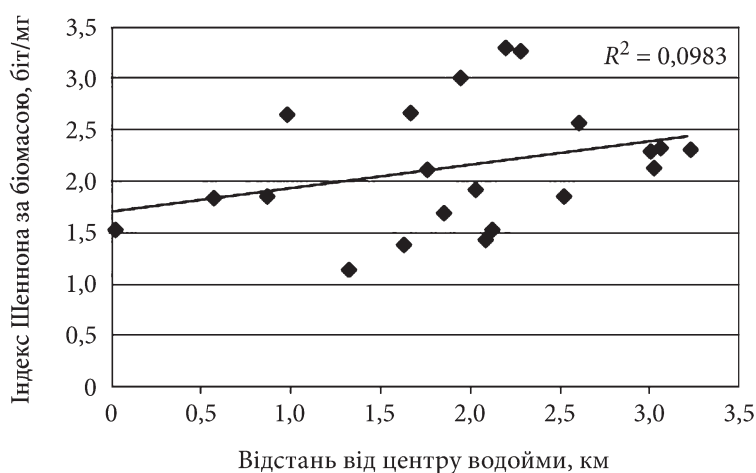


Рис. 7. Зміни індексу Шеннона за відстанню від геометричного центру водойми

напрямку від центра, але зі збільшенням цього показника в проміжній зоні (див. табл. 1).

### Обговорення результатів досліджень

У гідробіології сформульовано низку концепцій, що вийшли за рамки власне гідробіологічних досліджень і увійшли до складу концептуальних положень загальної та спеціальної екології, біогеоміки і біогеографії [18].

Концепція річкового континууму (КРК) [23] відіграла важливу роль у формуванні найбільш загальних уявлень про лотичні екосистеми. Це була вдала спроба дати узагальнену характеристику цілого біогеому [7, 11, 18]. За всієї їхньої різноманітності, лентичні екосистеми також у найбільш загальному вигляді можуть бути розглянуті у рамках лімнічного біогеому [7, 17]. У цій моделі ми бачимо інші, ніж в КРК, вектори та градієнти. Основні вектори тут такі: від берегової лінії, від літоралі до профундальної серединної зони водойми, а також вектор глибини. Ідеальним прикладом такої системи може бути карстоове озеро, що має вигляд округлої в плані воронки. Розподіл ценотичних угруповань у певному сенсі відповідає векторам змін гідроморфологічних показників. Множинність векторів визначає радіально симетричну структуру умов і ценотичних структур. Слід також зазначити, що для річкового та озерного континуумів екологічний час—простір організований по-різному: для лотичних систем час є більш циклічним, аніж поступальним, періодично повторюються подібні процеси і стани; для лентичних, навпаки, переважають поступальні й незворотні процеси.

Щодо особливостей водосховищ, то вони можуть мати риси як водойм, так і водотоків. Але у руслових водосховищах є виражений особливий тип континууму, якій можна назвати водосховищним. Наприклад,

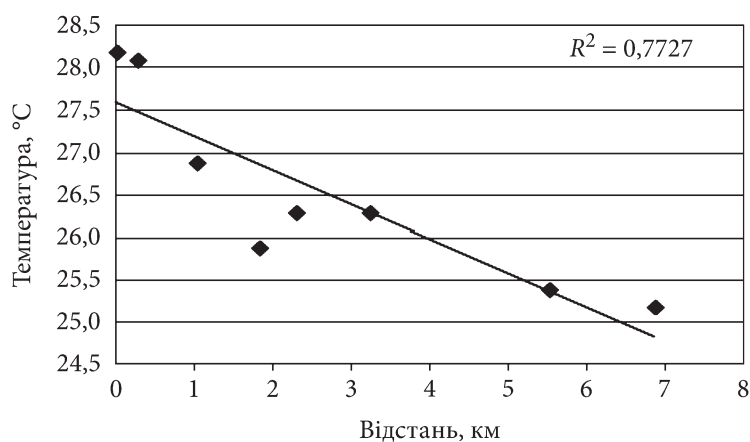
згідно наших досліджень [21], характер розвитку та розподіл фітопланктону у двох водоймах Південноукраїнського енергокомплексу — Олександрівському та Ташлицькому (охолоджувач АЕС) водосховищах визначався особливостями гідроморфологічних та термічних умов. Олександрівське водосховище є типовим русловим водосховищем, з вираженими верхньою річковою та нижньою озероподібною ділянками. Ташлицьке водосховище також створено шляхом побудови греблі та подальшого наповнення каньона малої річки, однак за розподілом гідроморфологічних, гідрологічних умов (характер та швидкість течії, характеристика прибережної зони) це водосховище має риси озерного, чи лімничного, континууму, тоді як Олександрівське має риси своєрідного водосховищного континууму. Техногенні водойми настільки різноманітні, що можуть мати в різних співвідношеннях риси усіх трьох континуумів.

Загальні закономірності розподілу фітопланктону та його продукційних характеристик в озерних екосистемах у загальних рисах добре відомі і узагальнені зокрема у роботах [14, 15].

У цій роботі в основу аналізу було покладено гіпотезу лімничного континууму, який встановлює радіально симетричну структуру як біотопічних, так і біономічних елементів екосистеми. Також було взято до уваги, що особливості техноекосистеми можуть накладатися на «класичну» картину лімничного континууму, у цьому випадку слід зважати на наявність техногенного потоку.

Техногенний потік у ВО формують скидні підігріті води від виходу відвідного каналу (ст. 32) до входу у підвідний канал (ст. 54). Площа акваторії, на яку розповсюджується техногенний потік, залежить від кількості працюючих блоків і швидкості та напрямку вітру [9, 10]. Під час відбору проб у вересні 2021 р. була штильова погода, працювали обидва енергоблоки. За таких умов техногенний потік охоплював східну та частково центральну частини водойми. Техногенний потік є своєрідним континуумом лінійного характеру у просторі, в якому температура закономірно знижується від виходу скидного каналу до входу у підвідний (рис. 8). Отже, на лімничний континуум немов би накладався лінійний, що, ймовірно, могло зруйнувати радіальну структуру лімничного континууму. Однак в умовах цього дослідження у штильову погоду цього не відбулося. Зміна температури у потоці не відобразилась на кількісних показниках фітопланктону; сила корелятивного зв'язку між біомасою та температурою була дуже слабкою ( $r = -0,065$ ), між чисельністю та температурою — помітною ( $r = -0,422$ ). Щодо багатства НІТ, потрібно звернути увагу на те, що його зростання від скиду відбувалося завдяки контакту техногенного потоку з водними масами проміжної та центральної зон, тому кореляція з температурою, що закономірно змінювалась у просторі, була високою ( $r = -0,863$ ). Тобто, у підвідний канал надходила вода з фітопланктоном, багатство НІТ якого майже на 35 % більше, ніж на виході з відвідного каналу.

Довжина потоку, за яку приймали сумарну відстань між усіма станціями, якими проходить техногенний потік від ст. 32 до входу в підвідний



**Рис. 8.** Динаміка температури у техногенному потоці за відстанню від виходу відвідного каналу (ст. 32) до входу у підвідний канал (ст. 54) у 2021 р.

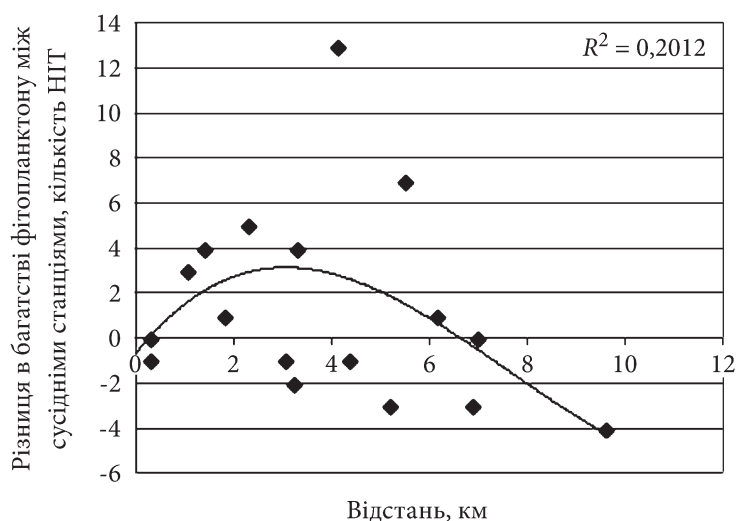
канал, у різні періоди досліджень змінювалась залежно від напрямку та сили вітру: від 4,43 км при штильових умовах до 9,61 км при східному вітрі (табл. 2).

За результатами багаторічних досліджень встановлено, що при відстані від ст. 32 по потоку до 3 км багатство НІТ зростає (в середньому

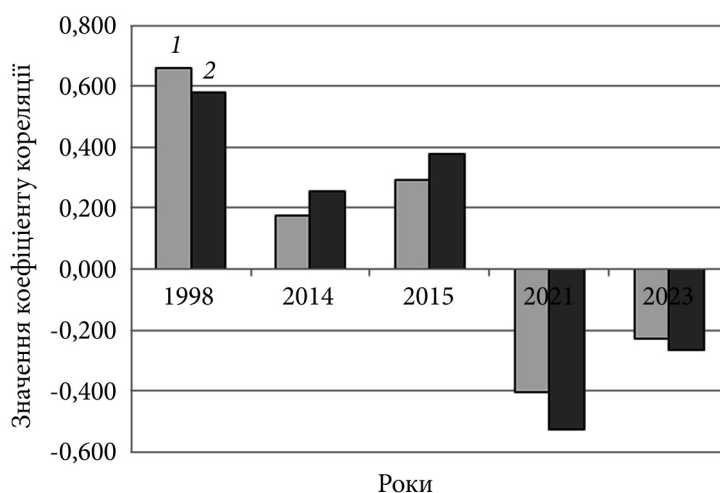
Таблиця 2

**Кореляційні зв'язки між температурою, багатством НІТ і різноманіттям фітопланктону у техногенному потоці та відстанню від виходу відвідного каналу (ст. 32)**

Показники	Роки			
	2014	2015	2021	2023
Швидкість вітру, м/с	3,4	3,5	Штиль	Штиль
Напрямок вітру	Північно-західний	Східний південно-східний		
Кількість енергоблоків, що працювали	1	1	2	1
Довжина потоку, км	8,78	9,61	6,87	4,43
Зв'язок з температурою (коефіцієнт кореляції)	-0,76	-0,72	-0,88	-0,91
Зв'язок з багатством НІТ фітопланктону (коефіцієнт кореляції)	0,10	0,14	0,91	-0,41
Зв'язок з різноманіттям за чисельністю (коефіцієнт кореляції)	0,79	0,57	0,79	0,68
Зв'язок з різноманіттям за біомасою (коефіцієнт кореляції)	0,59	-0,47	0,59	0,79

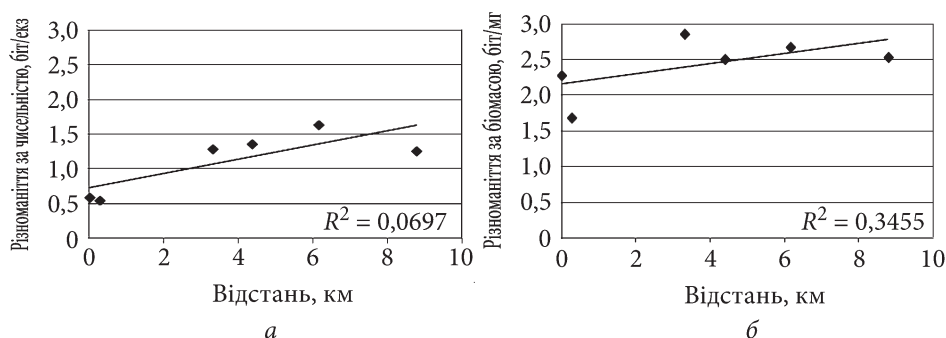


**Рис. 9.** Динаміка багатства НІТ фітопланктону на станціях у техногенному потоці за різних вітрових умов з урахуванням відстані від виходу відповідного каналу у вересні 2014, 2015, 2021 та 2023 рр.



**Рис. 10.** Кореляція між кількісними показниками фітопланктону та відстанню від геометричного центра водойми за різних погодних та техногенних умов: 1 — між чисельністю та віддаленістю, 2 — між біомасою та віддаленістю

градієнт прирощення становить 1—2 види на 1 км потоку). При подальшому збільшенні довжини приріст поступово знижується і на відстані близько 7 км він змінюється спадом (рис. 9). Такі зміни у видовому багатстві відбувалися на фоні відсутності вираженого континууму другого



**Рис. 11.** Зміни індексу Шеннона за чисельністю (а) і біомасою (б) у техногенному потоці за відстанню від виходу з відповідного каналу у 2014 р.

роду: у більшості випадків спостерігалася значима (більше 0,5 за індексом Серенсена) подібність складу фітопланктону між несусідніми станціями.

За результатами досліджень, проведених у 2021 р., за відсутності вітру загалом у ВО структура як абіотичних, так і біотичних показників відповідала принципам лімничного континууму. Тобто розподіл показників рясності фітопланктону відбувався за радіальними векторами, кореляція між відстанню від центра та чисельністю та біомасою — від’ємна. Це підтверджують і дані 2023 р. (рис. 10).

За інших вітрових умов [9, 10] загальна гідродинамічна картина суттєво змінюється. Так, при східних вітрах техногенний потік може охоплювати всю ВО, при південних — лише половину східної частини.

За нештільбових умов картина більш складна. Так, у 1998 р. за північно-західного вітру швидкістю 4,2 м/с та відсутності техногенного впливу (єдиний на той час енергоблок був виведений у плановий ремонт), відмічено значне підвищення кількісних показників фітопланктону на периферії (позитивна кореляція), а саме у південній половині водойми, зі зниженням показників у центральному та північному районах.

У період досліджень в 2015 р. на розподіл фітопланктону впливав антициклонльний кругообіг, який сформувався за дії східних вітрів швидкістю близько 3,5 м/с завдяки розтягуванню техногенного потоку майже на всю акваторію водойми [10].

У 2014 р. при північному вітрі формувалася картина техногенних течій, подібна до такої у 2015 р., але техногенна циркуляція антициклонального характеру охоплювала дещо меншу за площею акваторію, не зачепивши західний та північно-західний райони. На зниження кореляції відносно 2015 р. впливав дуже нерівномірний розподіл кількісних показників у прибережній зоні (від 0,32 до 10,15 мг/дм<sup>3</sup>).

За даними 2014 і 2015 рр., у потоках формувалася своєрідний континуум другого роду, тобто відмічено поступову зміну деяких показників фітопланктону по ходу потоку. Так, збільшувалося багатство НІТ і уск-

ладнювалася структура угруповань, про що свідчить зростання індексів різноманіття за чисельністю та біомасою (рис. 11)

### Висновки

За відсутності вітрового впливу в озероподібній водоймі-охладжувачі розподіл фітопланктону в загальних рисах відповідав лімничному континууму. Зміна показників відбувалася вздовж радіальних векторів від центру до периферії водойми. Зокрема, зменшення чисельності та біомаси спостерігалось в градієнті від центральної зони до берегів. Збільшення частки НІТ з низькою частотою трапляння, відбувалося в тому ж напрямку. Крім того, спостерігався тренд зменшення континуальності (за індексом континуальності) у напрямку від центра, але зі збільшенням цього показника в проміжній зоні. Техногенний потік не впливав суттєво на радіальну структуру розподілу, саме за умов штилевої погоди. В умовах вітрового впливу на розподіл фітопланктону у ВО істотно впливали трансформації, що відбувалися за умов взаємодії техногенного потоку та водних мас всієї водойми.

### Список використаної літератури

1. Водоем-охладитель Ладъжинской ГРЭС / отв. ред. О. Г. Кафтанникова. Киев: Наук. думка, 1978. 132 с.
2. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / отв. ред М. Ф. Поливанная. Киев: Наук. думка, 1991. 192 с.
3. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. Київ: Логос, 2006. 408 с.
4. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. Москва: Наука, 1982. 287 с.
5. Плохинский Н.А. Биометрия. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 368 с.
6. Протасов А.А. Биоразнообразиие и его оценка. Концептуальная диверсикология. Киев, 2002. 105 с.
7. Протасов О.О. Біогеоміка. Екосистеми світу в структурі Біосфери. Інститут гідробіології НАН України. Київ: Академперіодика. 2017. 382 с.
8. Протасов А.А., Силаева А.А. Контурные группировки гидробионтов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС. Киев, 2012. 274 с.
9. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / под ред. А.А. Протасова. Киев, 2011. 234 с.
10. Тимченко В.М., Тимченко О.В, Гуляева О.А. Эколого-гидродинамическая характеристика водоема-охладителя Хмельницкой АЭС. *Ядерна енергетика та довкілля*. 2014. № 1. С. 39—43
11. Узунов Й., Ковачев С. Хидробиология. София: PENSOFT, 2002. 342 с.
12. Chaddock Robert Emmet. Principles and Methods of Statistics. Hardcover, Houghton, Mifflin. 1925. 471 p.
13. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland. Galway. 2019. Режим доступу: [http://www.algaebase.org].
14. Hakanson L., Boulion V.V. Regularities in primary production, Secchi and fish yield and a new system to define trophic and humic state indices for lake ecosystems. *Internat. Rev. Ges. Hydrobiol.* 2001 Vol. 86, N 1. P. 23—62.
15. Ilmavirta V., Jones R. I., Kairesalo T. The structure and photosynthetic activity of pelagial and littoral plankton communities in Lake Pääjärvi, southern Finland. *Ann. Bot. Fennici*. 1977. Vol. 14, N 1. P. 7—16.

16. Novoselova T.N., Protasov A.A. Phytoplankton of cooling ponds of techno-ecosystems of nuclear and thermal power stations (a review). *Hydrobiol. J.* 2015. Vol. 51, N 2. P. 37—52.
17. Protasov A. A. River and Lake Continua: An Attempt at Analysis and Synthesis. *Inland Water Biol.* 2008. Vol. 1, N 2. P. 105—113.
18. Protasov A.A. Biogeomes of hydrosphere and land as elements of the biosphere structure. *Ecology and noospherology.* 2016. Vol. 27, N 1—2. P. 5—15
19. Protasov O.O., Novosolova T. M., Hromova Yu. F. Ecological continuum and discontinuum in the river — nuclear power station cooling pond system. *Hydrobiol. J.* 2024. Vol. 60, N 2. P. 3—23.
20. Protasov A.A., Sinitsina O.O., Kolomiets A.V. Use of the WaCo (Water Communities) package to process the hydrobiological samples and create the databases on zoology and algology (FoxPro) *Тр. Зоол. ин-та РАН.* 1999. Т. 278. С. 132.
21. Protasov A., Tomchenko O., Novoselova T. et al. Remote sensing and in-situ approach for investigation of pelagic communities in the reservoirs of the electrical power complex. *Front. Biosci.* 2022. Vol. 27 N 7. P. 221
22. Protasov A.A., Uzunov Y.I., Sylaiieva A.A. et al. Ecological continuum: fundamental concepts and use in applied hydrobiology. *Hydrobiol. J.* 2022. Vol. 58, N 5. P. 3—15.
23. Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W. The River continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1980. Vol. 37, N 1. P. 130—137.
24. Zdanowski B., Korycka A., Gebicka A. Long-term variation in habitat and trophic factors in the Konin lakes (Poland) under the influence of heated-water discharge and pollution. *Ecol. Pol.* 1998. Vol 36, N 1—2. P. 47—77

Надійшла 21.03.2025

O.O. Protasov, Dr. Sci (Biol.), Prof., Leading Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: labtech-hb@ukr.net  
ORCID 0000-0002-0204-2007

T.M. Novosolova, junior researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: labtech-hb@ukr.net  
ORCID 0000-0002-9594-9846

#### FEATURES OF THE LAKE CONTINUUM IN THE SPATIAL DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON IN THE POWER PLANT COOLING POND

The features of the spatial distribution of phytoplankton in the cooling pond of the power plant in view of the concept of limnic continuum are discussed in the paper. It has been shown that when one or both power units of the power plant are operating and in the absence of wind, the distribution of phytoplankton occurs along radial vectors from the center of the water body to the shoreline, which corresponds to the idea of a limnic continuum. In strong winds, which affect the localization of the technogenic flow and its area, the radial nature of changes in phytoplankton indices is disrupted.

**Keywords:** *continuum, phytoplankton, technoecosystem, technogenic current.*