

# ЗАГАЛЬНА ГІДРОБІОЛОГІЯ

---

УДК [556.114.5:574.586] (282.247.32)

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

**А.О. МОРОЗОВА**, к. геогр. н., ст. наук. співроб., ст. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна,

**І.М. ШЕРМАН**, д. с.-г. н., проф., проф.,  
Херсонський державний аграрний університет,  
вул. Стрігенська, 23, Херсон, 73006, Україна,  
e-mail: sherman\_i.m@ukr.net

**П.С. КУТІЩЕВ**, к. б. н., доц., зав. кафедри,  
Херсонський державний аграрний університет,  
вул. Стрігенська, 23, Херсон, 73006, Україна,  
e-mail: kutishev\_p@ukr.net  
ORCID 0000-0002-8875-3909

## ФІТОЕПІФІТОН ЯК БІОЛОГІЧНИЙ ІНДИКАТОР ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ЗМІН МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ НИЖНЬОГО ДНІПРА<sup>1</sup>

---

Досліджено сучасний режим мінералізації води Нижнього Дніпра і оцінено відгук фітоепіфітону на її коливання. Мінералізація води змінювалась від 268,2 до 2254,06 мг/дм<sup>3</sup>, зростаючи від пригирлової ділянки до рукава Рвач, у сезонному аспекті — від початку літа до осені. Встановлено, що характеристики фітоепіфітону (індекси галобності, частка видів-індиферентів, галофілів і мезогалобів у біомасі) є репрезентативними біологічними індикаторами, які відображають коливання мінералізації води Нижнього Дніпра. Підвищення індексу галобності фітоепіфітону до 2,3 і вище, зменшення частки видів-індиферентів у біомасі нижче 70 % і зростання частки галофілів вище 30 % можуть слугувати біологічними показниками надходження клину солоної води з Дніпровсько-Бузького лиману до Нижнього Дніпра.

**Ключові слова:** Нижній Дніпро, мінералізація води, фітоепіфітон, біологічний індикатор, галобність

---

<sup>1</sup> Робота виконується за фінансової підтримки гранту Міністерства освіти і науки України в рамках проекту «Інноваційна технологія рибничо-біологічного формування іхтіофауни як складова продовольчої безпеки України».

---

Ц и т у в а н н я: Семенюк Н.Є., Морозова А.О., Шерман І.М., Кутіщев П.С. Фітоепіфітон як біологічний індикатор просторово-часових змін мінералізації води Нижнього Дніпра. *Гідробіол. журн.* 2020. № 2 (332). С. 3—17.

Дніпровсько-Бузька естуарна система характеризується унікальним різноманіттям флори і фауни і високою біологічною продуктивністю. На даний час спостерігається тенденція до осолонення гирлової області Дніпра, зумовлена різними природними і антропогенними чинниками, у тому числі малою водністю річок і сучасним режимом експлуатації Кавховського водосховища. У свою чергу, підвищення солоності впливає на біорізноманіття естуарної системи. У зв'язку з цим актуальною задачею є дослідження реакції різних компонентів біоти на просторово-часову динаміку мінералізації води пригирлової і гирлової ділянки Нижнього Дніпра.

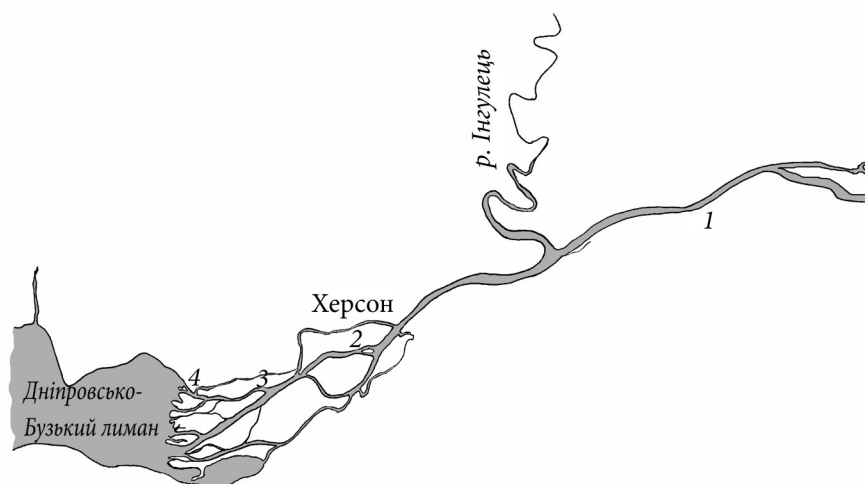
Фітоепіфітон — важливий компонент біорізноманіття Нижнього Дніпра. Відомо [9, 17], що водорості обростань є інформативними біологічними індикаторами екологічного стану водойм і якості води як середовища існування організмів різних трофічних рівнів і екологічних груп, у тому числі безхребетних і іхтіофауни. На основі видового складу і кількісного розвитку діатомових водоростей розраховують різні індекси і математичні моделі. Ці індекси і моделі широко використовуються у багатьох країнах світу для оцінки якості води, у тому числі такого її параметра, як мінералізація [8, 15, 18], і входять до складу національних програм моніторингу. Головна перевага використання водоростей обростань для біоіндикації екологічного стану річок полягає у тому, що вони ведуть прикріплений спосіб життя і, на відміну від планктонних, увесь час залишаються на одній ділянці водотоку, тобто відображають характеристики саме тієї ділянки [7, 14].

Найбільш детально режим мінералізації води Нижнього Дніпра був описаний у [3]. Крім того, опубліковані сучасні дані по формуванню соляного клину у гирловій ділянці [2] і щодо вмісту хлоридних іонів у заплавлених водоймах Нижнього Дніпра [4]. Однак біоіндикаційні дослідження мінералізації води цієї ділянки за допомогою водоростевих обростань до теперішнього часу не проводились. Отже, актуальним завданням є оцінка інформативності фітоепіфітону як біоіндикатора мінералізації води Нижнього Дніпра і вибір найбільш репрезентативних показників, які відображають її зміни, що і було метою роботи.

### **Матеріал і методика досліджень**

Комплексні натурні дослідження мінералізації води і фітоепіфітону проводились на Нижньому Дніпрі, який є частиною Дніпровсько-Бузької естуарної системи, упродовж вегетаційного сезону 2018 р. на чотирьох станціях (рис. 1). Проби для визначення мінералізації води в літній сезон відбирали на всіх чотирьох вказаних станціях, в осінній — лише на четвертій. Проби фітоепіфітону в літній сезон відбирали на перших трьох станціях, а в осінній — на першій, другій і четвертій.

Проби для визначення мінералізації води відбирали з поверхневого горизонту водної товщі і опрацьовували згідно з загальноприйнятими гідрохімічними методами [5].



**Рис. 1.** Карта-схема розташування станцій спостереження Нижнього Дніпра: 1 — пригирлова ділянка вище м. Херсона у межах с. Іванівка; 2 — пригирлова ділянка у межах м. Херсона (Гідропарк); 3 — гирлова ділянка, рукав Рвач нижче м. Херсона; 4 — гирлова ділянка, рукав Рвач у межах с. Касперівка.

Фітоепіфітон досліджували на трьох видах вищих водних рослин, які домінують на цій ділянці річки: очерету звичайного *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., куширу зануреного *Ceratophyllum demersum* L. і водопериці колосистої *Myriophyllum spicatum* L. Фрагменти рослин довжиною 5—8 см обережно зрізали під водою у поверхневому горизонті водної товщі, вміщували у широкогорлі склянки місткістю 100 см<sup>3</sup> і заливали дистильованою водою. Фітообростання зчищали з рослин щіточкою і консервували 5 мл 40 %-го розчину формаліну. У *Ph. australis* вимірювали довжину і діаметр стебел, після чого розраховували площу поверхні, з якої було зчищено обростання. Оскільки площу поверхні *M. spicatum* і *C. demersum* визначити методично складно, використовували коефіцієнти відношення площі до абсолютно сухої маси (АСМ): водопериці колосистої — 1200 см<sup>2</sup>/г АСМ, куширу зануреного — 400 см<sup>2</sup>/г АСМ [10]. Визначення АСМ, камеральне опрацювання проб фітоепіфітону, розрахунок чисельності і біомаси виконували згідно з [16].

Необхідно підкреслити, що будь-який контурний альгоценоз (фітобентос, фітоперифітон, фітоепіфітон) являє собою різномірне в екологічному відношенні угруповання, у якому присутні як форми, типові для даного альгоценозу, так і алохтонні, які потрапили у нього з інших біотопів шляхом осідання, міграції чи випадково. При цьому доведено, що алохтонні форми можуть відігравати у контурних альгоценозах суттєву роль [6]. Відповідно, до складу фітоепіфітону входять як облігатні (форми, типові для обростань), так і факультативні (алохтонні, евритопні форми) епіфіти. З огляду на це, до фітоепіфітону ми відносили всі водо-

рості, які були виявлені у складі зависі, змитої з підводної поверхні вищих водних рослин, у тому числі види, характерні для планктону і бентосу.

Біологічну індикацію мінералізації води за фітоепіфітоном проводили з використанням двох найпоширеніших сучасних систем:

1. Біоіндикація галобності, розроблена у роботі [18] на основі класифікації [19]. Система включає лише діатомові водорості з діапазоном галобності від прісноводних до солонуватоводних (морські форми до цієї системи не входять). Кількісний індекс галобності фітоепіфітону розраховували як середньозважене значення індивідуальних індексів галобності [8, 18] за чисельністю ( $IH_N$ ) і біомасою ( $IH_B$ ) видів-індикаторів.

2. Система [1] на основі класифікації індикаторів солоності [12]. Слід зауважити, що види, які у системі [18] класифікуються як прісноводно-солонуватоводні, у системі [12] належать до олігогалобних (індиферентних) форм, що зумовлює певні відмінності у результатах, отриманих з використанням цих систем.

### Результати досліджень та їх обговорення

*Характеристика режиму мінералізації води Нижнього Дніпра.* Проведені впродовж 2018 р. дослідження показали, що мінералізація води Нижнього Дніпра характеризувалась значними коливаннями — від 268,2 до 2254,0 мг/дм<sup>3</sup>, тобто від прісної до міксо-олігогалінної води відповідно до Венеціанської системи солоності [13]. На ділянці Нижнього Дніпра у межах с. Іванівка і м. Херсона вона змінювалась у межах 268,2—548,83 мг/дм<sup>3</sup>. По мірі просування до дельтової частини (рукав Рвач) мінералізація зростала, межі коливань на цій ділянці становили 328,60—2254,06 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 1). Це пояснюється особливостями гідрометеорологічної ситуації у регіоні, а саме впливом згінно-нагінних явищ, які при-

Таблиця 1

**Вміст іонів  $Cl^-$  і мінералізація води Нижнього Дніпра у вегетаційний період 2018 р.**

Станції спостережень	$Cl^-$ , мг/дм <sup>3</sup>				Мінералізація води, мг/дм <sup>3</sup>			
	червень	липень	серпень	жовтень	червень	липень	серпень	жовтень
Вище м. Херсона (с. Іванівка)	52,28	37,96	53,17	н. в.	415,85	277,66	332,61	н. в.
У межах м. Херсон (Гідропарк)	62,74	44,29	115,2	н. в.	453,05	268,2	548,83	н. в.
Рукав Рвач нижче м. Херсона	62,74	37,96	646,87	н. в.	424,21	328,6	1465,17	н. в.
Рукав Рвач, с. Касперівка	31,37	37,96	1019,07	103,7	343,09	313,04	2254,06	1983,01

Примітка. н. в. — проби не відбирали.

зводять до надходження клину солоної води з Дніпровсько-Бузького лиману до рукава Рвач, і свідчить про тенденцію поступового осолонення гирлової області Дніпра, що реєструвалась і раніше [2, 3].

Сучасний режим експлуатації Каховського водосховища створює сприятливі умови для більш інтенсивного надходження морської води до дельти Дніпра. Це пов'язано з тим, що згінно-нагінні коливання солоності води залежать не лише від природних чинників (атмосферний тиск над північно-західною частиною Чорного моря, вітрова діяльність у регіоні тощо), а й від тривалості низьких (менш ніж 500 м<sup>3</sup>/с) попусків води з водосховища. Внаслідок цього біля дна формується компенсаційна протитечія морської води, яка проникає на далеку відстань у лимані і навіть у гирло річки судохідним каналом (рукав Рвач). При цьому вітрове перемішування призводить до підвищення солоності води не лише у придонному шарі, а й у поверхневому.

*Біоіндикація мінералізації води за фітоепіфітоном.* У цілому за досліджуваний період у фітоепіфітоні Нижнього Дніпра нами було виявлено 216 видів і внутрішньовидових таксонів (ввт) водоростей, включно з номенклатурним типом виду, які належали до восьми відділів<sup>2</sup>: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Cryptophyta, Miozoa, Ochrophyta, Charophyta, Chlorophyta, Euglenozoa. Основу таксономічного різноманіття формували Bacillariophyta — 56 % загальної кількості видів і ввт, а субдомінантами виступали Chlorophyta (20 %) і Cyanobacteria (14 %).

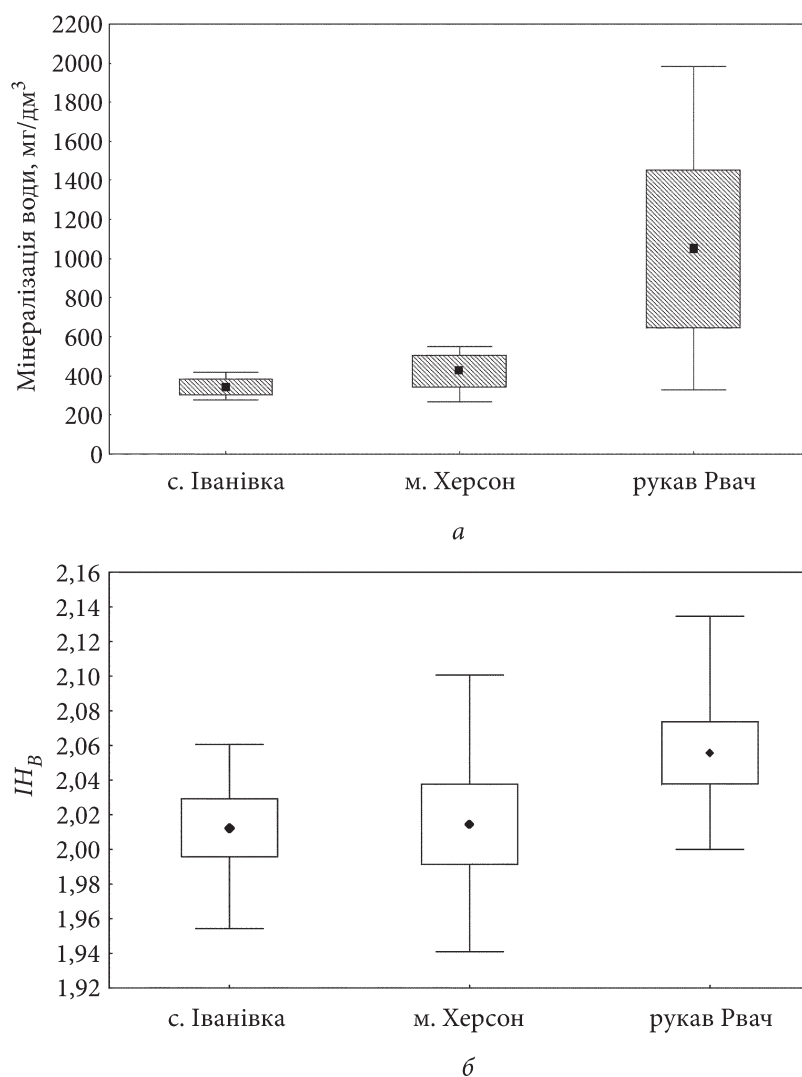
Чисельність і біомаса фітоепіфітону коливались у широких межах. Так, у межах с. Іванівка чисельність складала 4770—54 216 тис. кл/10 см<sup>2</sup> площі рослин-субстратів, а біомаса — 0,246—35,656 мг/10 см<sup>2</sup>, у межах м. Херсона — відповідно 1100—51 184 тис. кл/10 см<sup>2</sup> і 0,232—48,319 мг/10 см<sup>2</sup>, у рукаві Рвач — відповідно 324—70 016 тис. кл/10 см<sup>2</sup> і 0,062—29,375 мг/10 см<sup>2</sup>. За чисельністю домінували Bacillariophyta і Cyanobacteria, а за біомасою — Bacillariophyta, Charophyta і Chlorophyta.

Застосування класифікації [18] показало, що індикаторами мінералізації були 98 видів діатомей. Серед них домінували прісноводно-солонуватоводні види (79 %), меншою була частка солонуватоводно-прісноводних (11 %), прісноводних (7 %) і солонуватоводних (3 %).

Для більш детального аналізу просторового розподілу і часової динаміки видів-індикаторів солоності був розрахований індекс галобності [8, 18]. У цілому за період дослідження індекс галобності за чисельністю фітоепіфітону ( $IH_N$ ) змінювався в межах 1,91—2,32, а за біомасою ( $IH_B$ ) — 1,94—2,13, що характерно для прісних — солонуватих вод [18].

На ділянці в межах с. Іванівка індекс  $IH_N$  складав 1,91—2,14, а індекс  $IH_B$  — 1,95—2,06. На ділянці річки у межах м. Херсона відмічено підвищення верхніх меж коливань індексів галобності відповідно до 2,18 і 2,10. Більш високі показники індексу галобності зареєстровані у рукаві Рвач: відповідно 2,00—2,32 і 2,00—2,13. Це пояснюється тим, що рукав Рвач ха-

<sup>2</sup> Таксономічну номенклатуру водоростей наведено згідно з Міжнародним електронним каталогом AlgaeBase [11].



**Рис. 2.** Просторова динаміка мінералізації води (а) та індексу галобності за біомасою фітоепіфітону (б) Нижнього Дніпра: точка — середнє значення, прямокутник — стандартна помилка середнього, відрізок — межі коливань

рактизується вищою мінералізацією (рис. 2), зумовленою періодичним надходженням клину солоної води з Дніпровсько-Бузького лиману.

Було показано [3], що просування солоної води з лиману у гирло Дніпра і далі вгору за течією залежить від гідрометеорологічних умов, рівня солоності у лимані, згінно-нагінних процесів та попусків Каховської ГЕС. У зв'язку з цим важливо проаналізувати відгук індексу галобності фітоепіфітону на зміни мінералізації води Нижнього Дніпра (рис. 3).

Аналіз динаміки мінералізації води показує, що у червні і липні у межах м. Херсона і у рукаві Рвач вона практично не відрізнялась і становила відповідно 268,20—453,05 і 328,60—424,20 мг/дм<sup>3</sup> (див. рис. 3, а), згідно з Венеціанською системою вода характеризувалась як прісна [13]. У серпні на обох ділянках мінералізація води зросла — в межах м. Херсона удвічі (з 268,20 до 548,83 мг/дм<sup>3</sup>), а у рукаві Рвач — більш ніж у чотири рази (з 328,60 до 1465,17 мг/дм<sup>3</sup>). Згідно з Венеціанською системою вода на обох ділянках характеризувалась як міксо-олігогалінна [13], проте вміст солей у рукаві Рвач був майже втричі вищим, ніж у межах м. Херсона. Це може свідчити про надходження клину солонної води з Дніпровсько-Бузького лиману. У жовтні мінералізація води у рукаві Рвач продовжувала зростати — до 1983,01 мг/дм<sup>3</sup>. Результати наших досліджень підтверджують дані [3] про зростання мінералізації води в пониззі і дельті Дніпра до осені.

Динаміка індексу галобності фітоепіфітону співпадала з динамікою мінералізації води (див. рис. 3, б, в). Наприклад, у межах м. Херсона  $IH_N$  дорівнював 2,01—2,04,  $IH_B$  — 1,96—2,05. У той же час у рукаві Рвач зна-

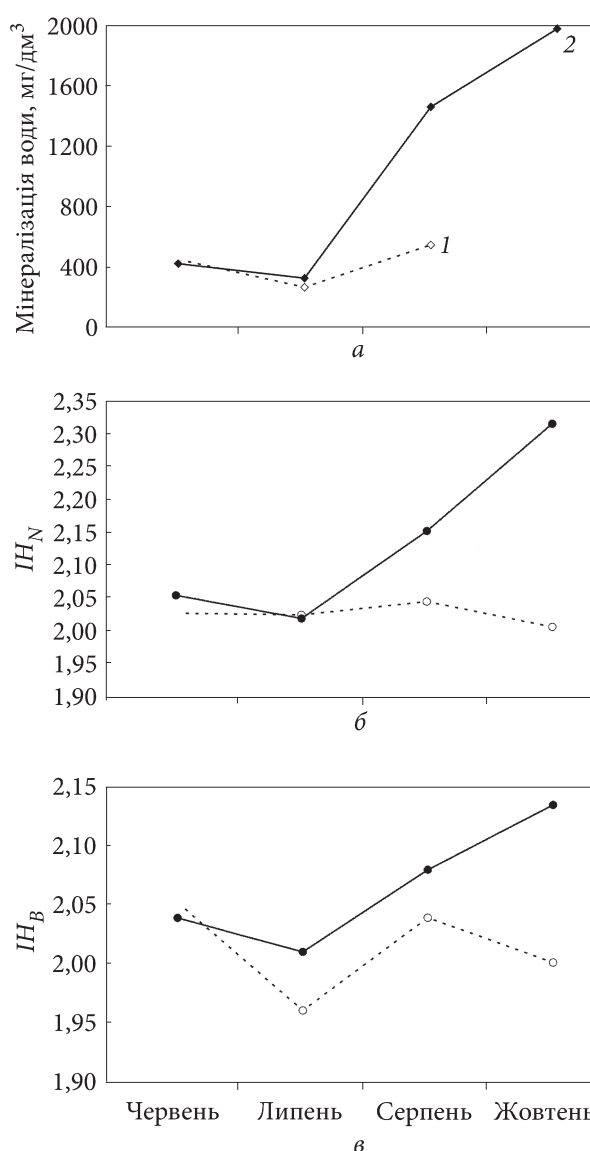


Рис. 3. Часова динаміка мінералізації води<sup>3</sup> (а) та індексу галобності за чисельністю (б) і біомасою (в) фітоепіфітону: 1 — ділянка Дніпра у межах м. Херсона, 2 — рукав Рвач

<sup>3</sup> З технічних причин мінералізацію води в жовтні визначали лише у рукаві Рвач.

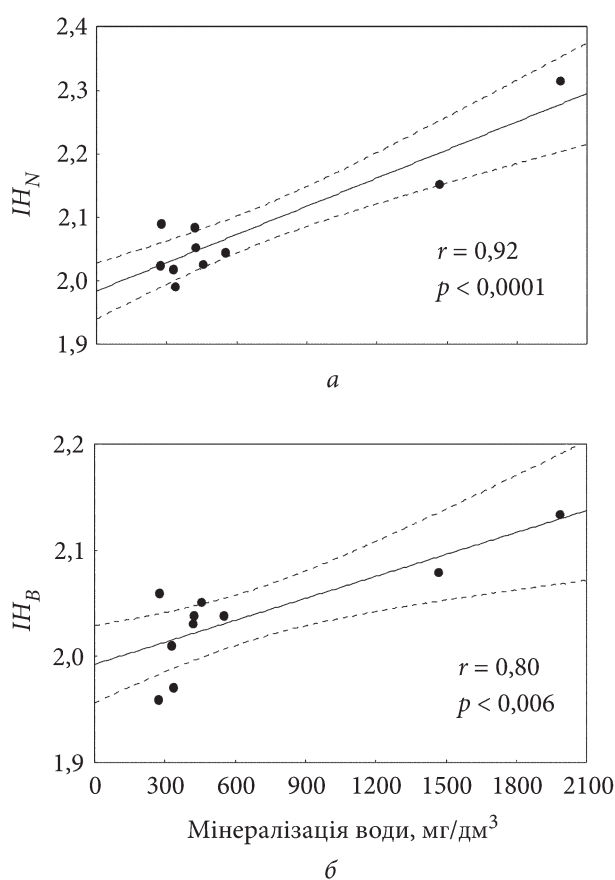


Рис. 4. Кореляція між індексами галобності фітоепіфітону і мінералізацією води: а —  $IH_N$ ; б —  $IH_B$

натурні дані свідчать про те, що індекс галобності фітоепіфітону є репрезентативним біологічним показником мінералізації води Нижнього Дніпра, що підтверджується і результатами кореляційного аналізу. Так, встановлено пряму достовірну кореляцію між мінералізацією та індексом галобності фітоепіфітону ( $r = 0,92$  при  $p < 0,0001$  для  $IH_N$  і  $r = 0,80$  при  $p = 0,006$  для  $IH_B$ ) (рис. 4).

Так, за мінералізації води близько 200—500 мг/дм<sup>3</sup> (прісна вода за [13]), значення  $IH_N$  і  $IH_B$  коливались у межах відповідно 1,99—2,09 і 1,96—2,06. При її підвищенні до 1400—1900 мг/дм<sup>3</sup> (міксо-олігогалінна вода) у результаті надходження клину солоної води з лиману значення зростали відповідно до 2,15—2,32 і 2,08—2,13. Отже, в умовах прісної води індекси галобності фітоепіфітону, як правило, були меншими ніж 2,1, а в умовах міксо-олігогалінної води досягали 2,3. З огляду на це підвищення значень індексу галобності фітоепіфітону може використовуватись як репрезентативний біологічний показник надходження солоної води з лиману до пониззя Дніпра.

чення були суттєво вищими з чітко вираженою тенденцією зростання від літа до осені. Так,  $IH_N$  підвищувався від 2,02—2,05 у червні — липні до 2,32 у жовтні, а  $IH_B$  — від 2,01—2,04 до 2,13. Необхідно зазначити, що  $IH_N$  (див. рис. 3, б) точніше відображав динаміку мінералізації води, ніж  $IH_B$  (див. рис. 3, в). Це може бути пов'язано з гетерогенністю структури фітоепіфітону, представленою як дрібноклітинними, так і крупноклітинними формами водоростей. При цьому дрібноклітинні форми домінують за чисельністю, а крупноклітинні — за біомасою, що може призводити до різних значень індексів  $IH_N$  та  $IH_B$ .

У цілому отримані



З точки зору вивчення фітоепіфітону як біоіндикатора солоності води, цікаво проаналізувати, за рахунок яких саме видів-індикаторів відбуваються основні зміни індексу галобності як у часовому, так і просторовому аспекті. Часову динаміку було проаналізовано на прикладі рукава Рвач, оскільки саме на цій ділянці амплітуда коливань мінералізації води та індексу галобності фітоепіфітону була найбільшою (табл. 2).

Таблиця 2

**Часова динаміка співвідношення видів-індикаторів різного ступеню галобності [18] у фітоепіфітоні на очереті звичайному у рукаві Рвач (2018 р.)**

Види-індикатори	Частка від загальної чисельності видів-індикаторів галобності, %			
	червень	липень	серпень	жовтень
Прісноводно-солонуватоводні ( $IH_i = 2$ )				
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O.Müller) Simonsen	—	—	6	—
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	6	12	21	5
<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	—	5	—	—
<i>Encyonema cespitosum</i> Kützing	—	5	—	—
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	—	9	4	—
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	—	—	—	8
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	1	2	3	21
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	—	7	3	—
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D.M. Williams et Round	—	2	13	4
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	89	40	20	9
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	—	5	—	3
Інші прісноводно-солонуватоводні види	2	14	20	25
$\Sigma$	98	100	89	76
Солонуватоводно-прісноводні ( $IH_i = 3$ )				
<i>Amphora veneta</i> Kützing	2	—	9	14
$\Sigma$	2	—	9	14
Солонуватоводні ( $IH_i = 4$ )				
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kütz.) D.M. Williams et Round	—	—	1	9
$\Sigma$	—	—	1	9

Примітка. Тут і в табл. 3:  $IH_i$  — індивідуальний індекс галобності виду; “—” — чисельність виду складає менш ніж 1 %.

Різні види характеризувались неоднаковою сезонною динамікою. Так, серед прісноводно-солонуватоводних видів (індивідуальний індекс галобності = 2) не спостерігалось якої-небудь спільної тенденції до збільшення чи зменшення чисельності від літа до осені. Наприклад, частка чисельності *Navicula tripunctata* до осені зростала, *Staurosira construens* — знижувалась, а *Cocconeis placentula* досягав максимуму чисельності у середині періоду дослідження. Сумарна частка прісноводно-солонуватоводних видів зменшувалась від 98—100 % у літній сезон до 76 % в осінній. У той же час для солонуватоводно-прісноводного виду *Amphora veneta* (індивідуальний індекс галобності = 3) і солонуватоводного виду *Ctenophora pulchella* (індивідуальний індекс галобності = 4) відмічена чітко ви-

Таблиця 3

**Просторова динаміка співвідношення видів-індикаторів різного ступеню галобності [18] у фітоепіфітоні на куширі зануреному на ділянці Нижнього Дніпра (серпень 2018 р.)**

Види-індикатори	Частка від загальної чисельності видів-індикаторів галобності, %		
	с. Іванівка	м. Херсон	рукав Рвач
Прісноводні ( $IH_i = 1$ )			
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M. Williams et Round	11	14	—
$\Sigma$	11	14	—
Прісноводно-солонуватоводні ( $IH_i = 2$ )			
<i>Cocconeis placentula</i>	28	38	19
<i>Gomphonema truncatum</i>	6	1	1
<i>Melosira varians</i>	7	8	2
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>	8	1	3
<i>Ulnaria ulna</i>	10	1	1
<i>Staurosira construens</i>	3	21	36
Інші прісноводно-солонуватоводні види	25	12	20
$\Sigma$	87	82	82
Солонуватоводно-прісноводні ( $IH_i = 3$ )			
<i>Amphora veneta</i>	3	3	18
$\Sigma$	3	3	18
Солонуватоводні ( $IH_i = 4$ )			
<i>Ctenophora pulchella</i>	—	1	1
$\Sigma$	—	1	1

ражена тенденція до збільшення чисельності в осінній сезон (див. табл. 2).

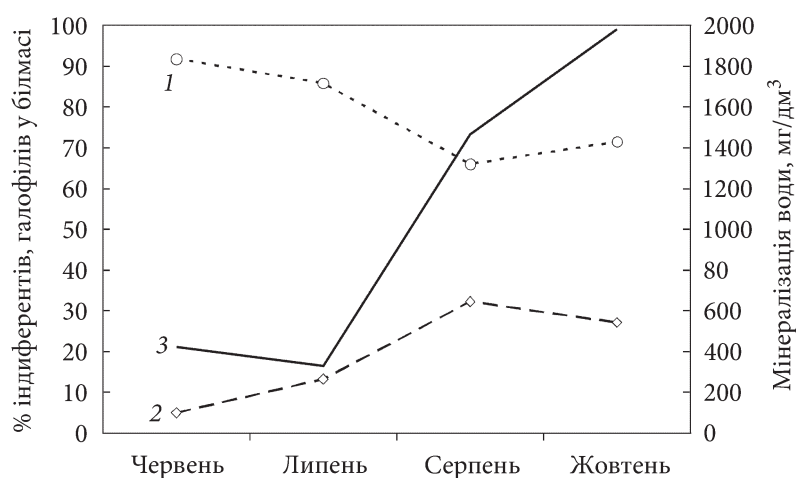
Аналогічний аналіз було проведено нами і для просторової динаміки (табл. 3). Так, показано, що типово прісноводний вид *Fragilariforma virescens* ( $IH_i = 1$ ) характеризувався значно більшою часткою чисельності на ділянці у межах с. Іванівка і м. Херсона, ніж у рукаві Рвач. У той же час частка чисельності солонувато-прісноводного виду *Amphora veneta* була максимальною у рукаві Рвач. Частки прісноводно-солонуватоводних видів на досліджуваних ділянках річки практично не відрізнялись і становили 82—87 %.

Таким чином, зміна кількісного співвідношення різних видів водоростей в обростаннях може слугувати інформативним показником зміни мінералізації води. Зокрема, про підвищення мінералізації води може свідчити збільшення частки *Amphora veneta* ( $IH_i = 3$ ) і *Ctenophora pulchella* ( $IH_i = 4$ ), про зниження — *Fragilariforma virescens* ( $IH_i = 1$ ).

Аналіз натурних даних за допомогою класифікації [1] показав, що з 216 видів і різновидів водоростей, виявлених на цій ділянці Нижнього Дніпра, індикаторами галобності були 145. Серед них переважали види-індиференти — 79 %, на другому місці галофіли — 14 %. Частки мезогалобів і галофобів склали по 3 %, а недиференційованих олігогалобів — 1 %. Також було проаналізовано динаміку співвідношення видів-індикаторів різного рівня мінералізації у просторово-часовому аспекті.

Так, на ділянці Нижнього Дніпра у межах с. Іванівка частка видів-індиферентів від загальної кількості видів-індикаторів галобності коливалась у діапазоні 80—88 %, на ділянці у межах м. Херсона — 82—86 %, у рукаві Рвач — 77—81 %. Частки галофілів на цих ділянках становили відповідно 7—20 %, 11—14 % і 14—17 %. Отже, простежувалась тенденція до зменшення частки видів-індиферентів і збільшення частки галофілів вниз за течією. Чіткіші відмінності між окремими ділянками проявились під час аналізу відсоткового співвідношення видів-індикаторів у біомасі фітоепіфітону. Так, у серпні на ділянці у межах с. Іванівка частка індиферентів у біомасі фітообростань складала 78 %, у межах м. Херсона вона знижувалась до 71 %, а у рукаві Рвач — до 66 %. Цей факт узгоджується з літературними даними [1], відповідно до яких у прісних водах види-індиференти характеризуються високою біомасою, а у солонуватих водах вона знижується. Частки галофілів, навпаки, вниз за течією збільшувались і склали відповідно 22, 29 і 32 %. Частка мезогалобів у біомасі фітоепіфітону не перевищувала 1 %, однак навіть тут простежувались відмінності: у межах с. Іванівка вона складала 0,004 %, а у межах м. Херсона і рукаві Рвач була майже на два порядки вищою — 0,1 %.

Репрезентативні відмінності виявлено і у сезонному аспекті. Наприклад, у рукаві Рвач від червня до жовтня частка індиферентів у біомасі знижувалась від 92 до 71 %, а галофілів зростала від 5 до 27 %, що співпало із сезонною динамікою мінералізації води (рис. 5). Також від літа до осені відмічено тенденцію до збільшення частки мезогалобів від 0,08 до 1 %.

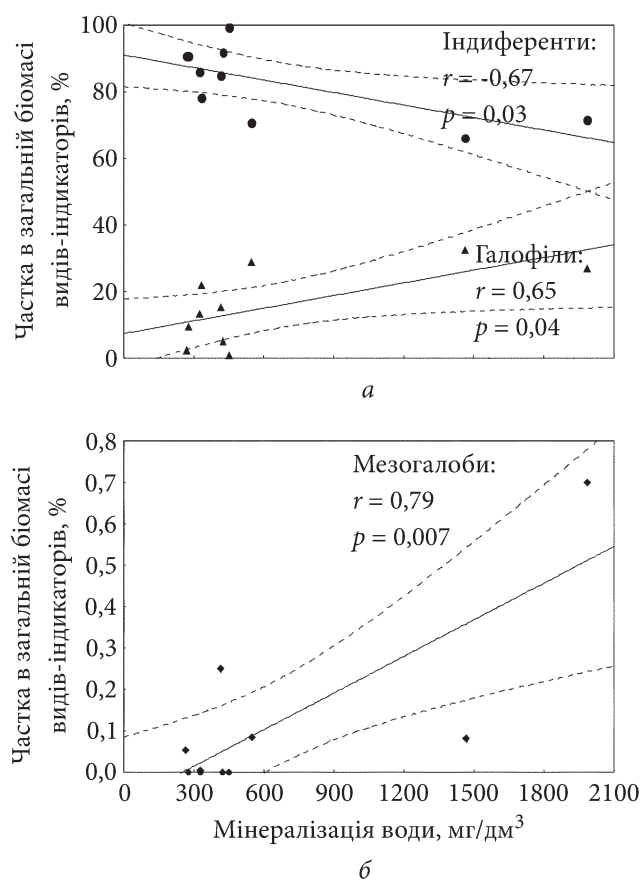


**Рис. 5.** Сезонна динаміка частки видів-індиферентів (1), галофілів (2) у біомасі фітоепіфітону і мінералізації води (3) у рукаві Рвач у 2018 р.

Таким чином, співвідношення індиферентів, галофілів і мезогалобів у біомасі фітоепіфітону може слугувати репрезентативним показником змін мінералізації води Нижнього Дніпра як у просторовому, так і в часовому аспекті. Це підтверджують результати проведеного нами кореляційного аналізу (рис. 6).

Так, зареєстровано обернену достовірну кореляцію між мінералізацією води і часткою індиферентів у біомасі фітоепіфітону ( $r = -0,67$  при  $p = 0,03$ ), пряму достовірну — між мінералізацією води і часткою галофілів у біомасі фітоепіфітону ( $r = 0,65$  при  $p = 0,04$ ); пряму достовірну — між мінералізацією води і часткою мезогалобів у біомасі фітоепіфітону ( $r = 0,79$  при  $p = 0,007$ ). За мінералізації води 268—548 мг/дм<sup>3</sup> частка індиферентів у біомасі фітоепіфітону становила 71—99 %, галофілів — 1—29 %, мезогалобів — менш ніж 0,2 % (див. рис. 6). При підвищенні мінералізації води до 1465—1983 мг/дм<sup>3</sup> частка індиферентів зменшилась до 66—72 %, а частка галофілів збільшилась до 27—32 %, а мезогалобів — до 0,1—1 %.

Слід підкреслити, що мезогалоби формували дуже малу частку біомаси фітоепіфітону (не більше 1 %), однак для них коефіцієнт кореляції з мінералізацією води був вищим, ніж для галофілів (відповідно  $r = 0,79$  при  $p = 0,007$  і  $r = 0,65$  при  $p = 0,04$ ). Згідно з літературними даними [1], мезогалоби є типовими видами, які живуть в естуаріях і гирлах річок. У той же час галофіли, як правило, живуть у прісних водах, але невелике збільшення солоності води стимулює підвищення їхньої біомаси. Можна припустити, що мінералізація води вище 1900 мг/дм<sup>3</sup> знаходиться близько до верхньої межі оптимуму для галофілів і тому конкурентну перевагу в цих умовах починають отримувати мезогалоби. Цим можна пояснити той факт, що за мінералізації води 1465 мг/дм<sup>3</sup> частка галофілів складає 32 %, а



**Рис. 6.** Кореляція між мінералізацією води і часткою індиферентів, галофілів (а) і мезогалобів (б) у біомасі фітоепіфитону.

при 1983 мг/дм<sup>3</sup> — знижується до 27 % (див. рис. 6, а). Однак таке зниження є незначним і не впливає на загальну достовірність результату кореляційного аналізу.

### Висновки

Проведені впродовж 2018 р. дослідження показали, що мінералізація води Нижнього Дніпра характеризувалась значною амплітудою коливань — від 268,2 до 2254,06 мг/дм<sup>3</sup>. По мірі просування річкового потоку вниз за течією до його дельтової частини мінералізація води і амплітуда її коливань зростали.

Незалежно від застосованої класифікації галобності, біоіндикаційні характеристики фітоепіфитону репрезентативно віддзеркалюють коливання мінералізації Нижнього Дніпра у просторі і часі. У просторовому аспекті відмічено підвищення значення індексу галобності вниз за течією — від ділянки Дніпра вище м. Херсона до рукава Рвач, у сезонному аспекті — від червня до жовтня, що збігається зі встановленою динамікою

мініралізації води. Вниз за течією від с. Іванівка до рукава Рвач у біомасі фітоепіфітону зменшується частка видів-індиферентів і збільшується — галофілів і мезогалобів.

Репрезентативність фітоепіфітону як біологічного індикатора мініралізації води Нижнього Дніпра підтверджується результатами кореляційного аналізу. Встановлено пряму достовірну кореляцію між мініралізацією води та індексом галобності фітоепіфітону ( $r = 0,92$  при  $p < 0,0001$  для індексу  $IH_N$  і  $r = 0,80$  при  $p = 0,006$  для індексу  $IH_B$ ).

Доведено, що репрезентативними біологічними індикаторами надходження клину солоної води з Дніпровсько-Бузького лиману до пониззя Дніпра можуть слугувати збільшення індексу галобності фітоепіфітону до 2,3 і вище, зниження частки видів-індиферентів у його біомасі до 70 % і підвищення частки галофілів до 30 %.

Таким чином, комплексне використання різних методик біологічної індикації за фітоепіфітоном збільшує репрезентативність оцінки просторово-часової динаміки мініралізації води Нижнього Дніпра.

#### Список використаної літератури

1. Барінова С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. Альгоіндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа: Изд-во Университета Хайфы, 2019. 367 с.
2. Дубняк С.С., Жежеря В.А. Особливості формування солоного клину в гирлової ділянці Дніпра в сучасних умовах. *Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології*: Тези доп. VII Всеукр. наук. конф., Київ, 13—14 лист. 2018. К.: Ніка-Центр, 2018. С. 167—168.
3. Жукинский В.Н., Журавлева Л.А., Иванов А.И. и др. Днепровско-Бугская эстуарная экосистема. Киев: Наук. думка, 1989. 236 с.
4. Коржов Є.І., Кучерява А.М. Особливості впливу зовнішнього водообміну на гідрохімічний режим заплавної водойми пониззя Дніпра. *Гидробиол. журн.* 2018. Т. 54, № 4. С. 112—120.
5. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. За ред. В. Д. Романенка. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с.
6. Оксик О.П., Давыдов О.А., Дьяченко Т.Н. и др. Донная растительность речного участка Каневского водохранилища. Киев, 2005. 40 с.
7. Плигин Ю.В., Щербак В.И., Арсан О.М. и др. Влияние поверхностного стока на биоту Каневского водохранилища в районе г. Киева и рекомендации по его очистке. *Экология городов и рекреационных зон*: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Одесса: Астропринт, 1998. С. 272—277.
8. Denys L. Relation of abundance-weighted averages of diatom indicator values to measured environmental conditions in standing freshwaters. *Ecol. Indicators*. 2004. Vol. 4. P. 255—275.
9. Feio M.J., Almeida S.F.P., Craveiro S.C., Calado A.J. A comparison between biotic indices and predictive models in stream water quality assessment based on benthic diatom communities. *Ibid.* 2009. Vol. 9. P. 497—507.
10. Feldmann T., Nxges P. Seasonal and vertical changes in the surface area/biomass ratio of *Potamogeton lucens* L. in a clear and a turbid shallow lake. *J. Aquat. Plant Management*. 2009. Vol. 47. P. 116—121.
11. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, 2019. <http://www.algaebase.org>.
12. Hustedt F. Die Diatomeenflora des Fluß-systems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. *Abhandl. Naturw. Ver. Bremen*. 1957. Bd. 34. S. 181—440.

13. International Symposium for the Classification of Brackish Waters, The Venice system for the classification of marine waters according to salinity. *Limnology and Oceanography*. 1958. Vol. 3, N 3. P. 346—347.
14. Martin G., Fernandez M.R. Diatoms as indicators of water quality and ecological status: sampling, analysis and some ecological remarks. *Ecological water quality — water treatment and reuse*. InTech, 2012. <https://www.researchgate.net/publication/300804909>.
15. Saunders K.M. A diatom dataset and diatom-salinity inference model for south-east Australian estuaries and coastal lakes. *J. Paleolimnol.* 2011. Vol. 46. P. 525—542.
16. Semenyuk N.Ye., Shcherbak V.I. Structural and functional organization of phytoepiphyton of the Dnieper Reservoirs and factors influencing its development. Report 1. Role of some hydrophysical factors. *Hydrobiol. J.* 2016. Vol. 52, N 5. P. 3—17.
17. Shcherbak V.I., Semenyuk N.Ye. Use of phytoperiphyton for the assessment of the ecological state of anthropically changed aquatic ecosystems. *Ibid.* 2011. Vol. 47, N. 4. P. 24—40.
18. Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands J. Aquatic Ecol.* 1994. Vol. 28, N 1. P. 117—133.
19. Van Der Werff A., Huls H. Diatomeenflora van Nederland. Abcoude, De Hoef, 1957—1974. 581 p.

Надійшла 02.03.2020

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

A.O. Morozova, PhD (Geogr.), Senior Researcher, Senior Researcher  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
12 Geroyiv Staligrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine,  
I.M. Sherman, Dr. Sci. (Agriculture), Prof., Prof.  
Kherson State Agrarian University,  
23 Stritenska St., Kherson, 73006, Ukraine

P.S. Kutishchev, PhD (Biol.), Associate Prof., Head of Chair  
Kherson State Agrarian University,  
23 Stritenska St., Kherson, 73006, Ukraine  
ORCID 0000-0002-8875-3909

#### EPIPHYTIC ALGAL COMMUNITIES AS BIOLOGICAL INDICATORS OF SPATIAL AND TEMPORAL FLUCTUATIONS OF THE LOWER DNIEPER WATER SALINITY

The paper deals with present-day salinity regime of the Lower Dnieper and the response of epiphytic algal communities to its fluctuations. Water salinity varied within 268,20—2254,06 mg/dm<sup>3</sup>, increasing in the spatial aspect from the near-mouth section to the Rvach branch and in the seasonal aspect — from early summer to autumn. Characteristics of epiphytic algae (halobion indices, shares of indifferent, halophilous and mesohalobic species in biomass) proved to be reliable biological indicators, reflecting salinity fluctuations in the Lower Dnieper both in space and time. The rise in the halobion index up to 2,3 and above, and at the same time reduction in the share of indifferent species below 70 % and increase in the share of halophilous species above 30 % can serve as biological markers of the saline water influx from the Dnieper-Bug Estuary to the Lower Dnieper.

**Keywords:** the Lower Dnieper, water salinity, epiphytic algal communities, biological indicators, halobion indices.