

Журнал «Альгологія» – орган Відділення загальної біології Національної академії наук України та Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного – публікує статті за такими рубриками: «Загальні проблеми альгології», «Морфологія, анатомія, цитологія», «Размноження та цикли розвитку водоростей», «Генетика», «Фізіологія, біохімія, біофізика», «Екологія, ценологія, охорона та роль водоростей у природі», «Флора та географія», «Викопні водорості», «Систематика, філогенія, питання еволюції водоростей», «Нові та рідкісні таксони», «Прикладна альгологія», «Дискусії», «Короткі повідомлення», «Методика», «Огляди. Історія альгології», «Персоналії», «Хроніка та інформація», «Рецензії», «Нові книги»

Journal Algologia (Algae) is sponsored by the Department of General Biology of National Academy of Sciences of Ukraine and M.G. Kholodny Institute of Botany. It embraces the following subjects: General Problems of Algae; Morphology, Anatomy, Cytology; Reproduction and Life Cycles of Algae; Genetics; Physiology, Biochemistry, Biophysics; Ecology, Cenology, Conservation of Algae and their Role in Nature; Flora and Geography; Fossil Algae; Systematics, Phylogeny and Problems of Evolution of Algae; New Taxa and Noteworthy Records; Applied Algae; Discussions, Short Communications; Procedure; Surveys. History of Algae; Personalia; New Items and Information; Review; New Books

Головний редактор ВАСЦЕР С.П. (Україна)

Заст. головного редактора

Виноградова О.М. (Україна)

Відповідальний секретар редакції

Алейнікова М.Д. (Україна)

Editor-in-Chief WASSER S.P. (Ukraine)

Deputy Editor

Vinogradova O.M. (Ukraine)

Managing Editor

Aleinikova M.D. (Ukraine)

Редакційна колегія

Бланко С. (Іспанія)

Божков А.І. (Україна)

Золотарьова О.К. (Україна)

Мінічева Г.Г. (Україна)

Михайлюк Т.І. (Україна)

Нево Е.Д. (Ізраїль)

Окоłodков Ю.Б. (Мексика)

Ольштинська О.П. (Україна)

Садогурська С.С. (Україна)

Семенюк Н.Є. (Україна)

Холзингер А. (Австрія)

Шалигін С.С. (США)

Editorial Advisory Board

Blanco S. (Spain)

Bozhkov A.I. (Ukraine)

Zolotareva O.K. (Ukraine)

Minicheva G.G. (Ukraine)

Mikhailyuk T.I. (Ukraine)

Nevo E.D. (Israel)

Okolodkov Yu.B. (Mexico)

Olshytynska O.P. (Ukraine)

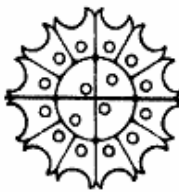
Sadogurska S.S. (Ukraine)

Semenyuk N.E. (Ukraine)

Holzinger A. (Austria)

Shalygin S.S. (USA)

Том 35
4 • 2025



АЛЬГО
ЛОГІЯ

МІЖНАРОДНИЙ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ
ЖУРНАЛ

ALGOLOGIA

ЗАСНОВАНИЙ У БЕРЕЗНІ 1991 р.

• ВИХОДИТЬ 1 РАЗ НА ТРИ МІСЯЦІ • КИЇВ

ЗМІСТ

Екологія, ценологія, охорона та роль водоростей у природі

- 253** Семенюк Н.С., Щербак В.І., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. Континуальність і дискретність таксономічної характеристики контурних альгогруповань Дніпровських водосховищ (Україна)

Фізіологія, біохімія, біофізика

- 271** Шихалєєва Г.М., Кірюшкіна Г.М., Герасимюк В.П. Особливості накопичення мікроелементів у макроводоростях прибережної акваторії Куяльницького лиману та його допливів (Північно-Західне Причорномор'я, Україна)

Флора та географія

- 299** Ткаченко Ф.П., Касьянов Є.О. Водорості-макрофіти прибережжя Кінбурнської коси та її внутрішніх озер (НПП «Білобережжя Святослава», Україна)
- 311** Герасимюк В.П. Мікрофітобентос річок Північно-Західного Причорномор'я (Україна)

Нові та рідкісні таксони

- 331** Борисова О.В., Громакова А.Б., Бурова О.В. Нові знахідки рідкісного виду *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst. (*Charophyta*, *Charales*) в Україні
- 340** Показчик статей, опублікованих в журналі "Альгологія" в 2025 р.

ДО УВАГИ ПЕРЕДПЛАТНИКІВ!

Передплата журналу «Альгологія» здійснюється тільки через
ПЕРЕДПЛАТНЕ АГЕНТСТВО «УКРІНФОРМНАУКА»
(<https://u-i-n.com.ua/>)

Наукові редактори випуску:

ВИНОГРАДОВА О.М., СЕМЕНЮК Н.Є.

Редактори

В.В. Несчетна, О.Є. Бондаренко

Адреса редакції: 01601 Київ, вул. Терещенківська, 2,
Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАНУ

Address of the Editorial Office: M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine,
2 Tereschenkivska Str., Kyiv 01601

e-mail: algologia@ukr.net

сайт: www.algologia.co.ua

Ідентифікатор медіа R30-03013

Затверджено до друку вченою радою Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
(протокол № 12 від 02 грудня 2025 р.)

Підп. до друку 01.12.2025. Формат 70×108/16. Ум.-друк. арк. 9,8. Обл.-вид. арк. 13,72.
Тираж прим. Зам. №

Віддруковано ВД «Академперіодика» НАН України, вул. Терещенківська, 4, Київ 01024
Свідощтво суб'єкта видавничої справи ДК № 544 від 27.07.2001

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

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

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

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

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

natasemenyuk@gmail.com; ek424nat@ukr.net;
davydovoleg01@gmail.com; elina.kozychuk@gmail.com

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

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

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

Опублікована 10.12.2025

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

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

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

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

Вступ

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

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

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

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

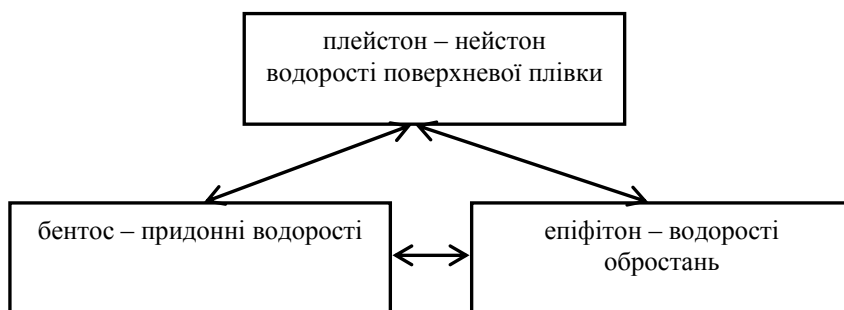


Рис. 1. Варіанти біотопічної приуроченості до певних субстратів типово планктонних форм *Cyanobacteria* і *Bacillariophyta* в різних контурних угрупованнях

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

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

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

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

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

Матеріали та методи

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Результати та обговорення

Таксономічне різноманіття й структурна організація контурних альгоугруповань Київського і Канівського водосховищ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Пр и м і т к а . Жирним шрифтом виділено родини, які займають перші п'ять рангових місць;

* — рангове місце родини знаходиться після 10-го.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Просторова континуальність — дискретність контурних альгоугруповань

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

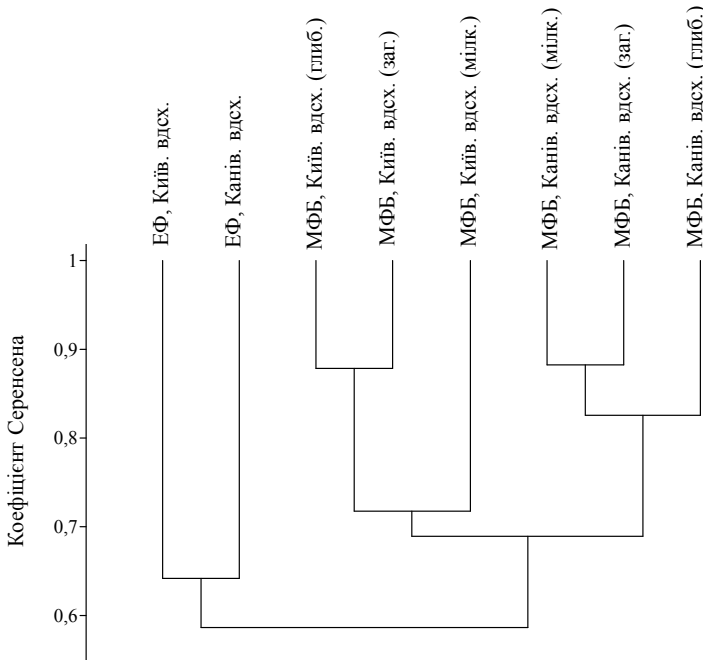


Рис. 2. Кластерний аналіз видового складу мікрофітобентосу та фітоепіфітону Київського та Канівського водосховищ (липень 2021 р.): МФБ — мікрофітобентос, ЕФ — епіфітон; мілк. — мілководні ділянки (літораль), глиб. — глибоководні ділянки (пелагіаль), заг. — загальний список видів для мілководних і глибоководних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

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

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

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

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

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

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

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

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

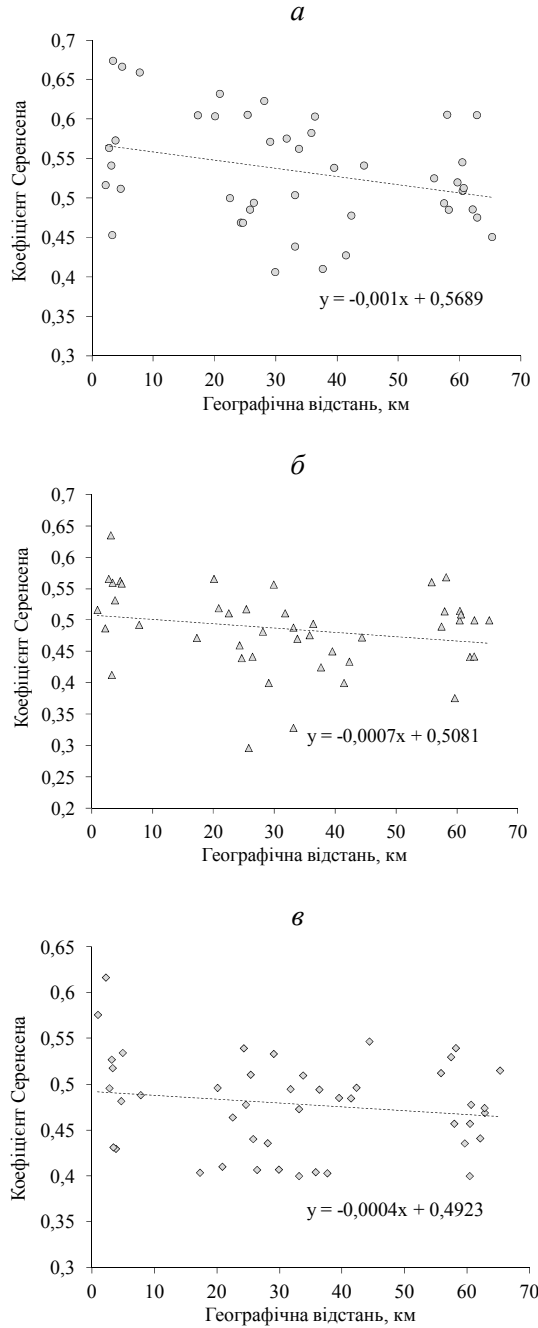


Рис. 3. Зниження видової подібності локальних альгоугруповань Київського та Канівського водосховищ за коефіцієнтом Серенсена зі збільшенням географічної відстані між локалітетами в липні 2021 р.: *а* — ЕФ; *б* — МФБ мілководних ділянок; *в* — МФБ глибоководних ділянок

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

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

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

Заключення

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

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

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

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

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

приуроченості контурних альгоугруповань Київського та Канівського водосховищ.

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

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

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

Список літератури

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

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

- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Lutsenko D.A. 2023a. Diveristy and ecological characteristics of algae in the water column in the subbasin of the large Danube lakes during the autumn-winter period (Ukraine). *Int. J. Algae*. 25(1): 71–94. <https://10.1615/InterJAlgae.v25.i1.50>
- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Larionova D.P. 2023b. Present-day characteristics of phytoplankton, microphytobenthos and phytoepiphyton of the Kaniv Reservoir. Report 1: Taxonomic, ecological diversity and spatial patterns. *Algologia*. 33(3): 147–184. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Ларіонова Д.П. 2023б. Сучасна характеристика фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону Канівського водосховища. Повідомлення 1: Таксономічне, екологічне різноманіття та просторовий розподіл. *Альгологія*. 33(3): 147–184.] <https://doi.org/10.15407/alg33.03.147>
- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Larionova D.P. 2023c. Present-day characteristics of phytoplankton, microphytobenthos and phytoepiphyton of the Kaniv Reservoir. Report 2: Abiotic variables, quantitative diversity, dominant species complex, trophic state, water quality. *Algologia*. 33(4): 247–277. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Ларіонова Д.П. 2023с. Сучасна характеристика фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону Канівського водосховища. Повідомлення 2: Абіотичні чинники, кількісне різноманіття, домінуючий комплекс, трофічність та оцінка якості водного середовища. *Альгологія*. 33(4): 247–277.] <https://doi.org/10.15407/alg33.04.247>
- Shcherbak V.I., Liashenko A.V., Semeniuk N.Ye., Zorina-Sakharova K.Ye., Lutsenko D.A. 2023d. Continuity and discreteness of the communities of hydrobionts in the lotic-lentic ecosystem of the Danube River Delta: Phytoplankton. *Hydrobiol. J.* 59(3): 3–27.
- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A. 2024a. Studying spatial distribution of planktonic, benthic and periphytic algal metacommunities in aquatic ecosystems of different types. *Ecol. Noospher.* 35(2): 112–120. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А. 2024а. Дослідження просторового розподілу метагруповань водоростей планктону, бентосу, перифітону в різнотипних гідроекосистемах. *Екол. ноосфер*. 35(2): 112–120.]
- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. 2024b. Plankton and contour algal communities in the Ukrainian section of the Western Bug River and its tributaries. Report 1: Abiotic variables, taxonomic, ecological characteristics and floristics specifics of phytoplankton, microphytobenthos, phytoperiphyton. *Algologia*. 34(2): 130–159. [Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. 2024б. Планктонні та контурні угруповання водоростей української ділянки р. Західний Буг та її допливів. Повідомлення 1. Абіотичні складові, таксономічна, екологічна характеристика та флористичні особливості фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоперифітону. *Альгологія*. 34(2): 130–159.] <https://doi.org/10.15407/alg34.02.130>
- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Kutishchev P.S., Lutsenko D.A., Koziychuk E.Sh. 2024c. Phytoplankton characteristics in various ecosystems of the Dnieper River: Abiotic factors and phytoplankton taxonomic diversity. *Hydrobiol. J.* 60(4): 3–23.
- Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. 2025a. Specifics of biotopic preference of algae in the water column in the freshwater ecosystems of different types.

- Algologia*. 35(2): 104–127. [Щербак В.І., Семенюк Н.С., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. 2025а. Особливості біотопічної приуроченості водоростей водної товщі прісноводних гідроекосистем різного типу. *Альгологія*. 35(2): 104–127.]
<https://doi.org/10.15407/alg35.02.104>
- Shcherbak V.I., Semenyuk N.Ye., Kutishchev P.S., Lutsenko D.A., Koziychuk E.Sh. 2025b. Phytoplankton characteristics in various ecosystems of the Dnieper River: quantitative indices, dominant complex, response of algae to the influence of certain ecological factors, and water quality. *Hydrobiol. J.* 61(3): 3–29.
- Sørensen T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation of Danish commons. *Kong. Danske Videnskab. Selskab. Biol. Skrift.* 5(4): 1–46.
- Timchenko V.M., Lynnyk P.M., Kholodko O.P. et al. 2013. *Abiotic components of the Kyiv Reservoir ecosystem*. Kyiv: Logos. 59 p. [Тімченко В.М., Линник П.М., Холодько О.П. та ін. 2013. *Абіотичні компоненти екосистеми Київського водосховища*. Київ: Логос. 59 с.]
- Vladimirova K.S. 1978. *Phytomicrobenthos of the Dnieper, its reservoirs and the Dnieper-Bug Estuary*. Kyiv: Nauk. Dumka. 365 p. [Владимирова К.С. 1978. *Фитомикробентос Дняпра, его водохранилищ и Днепровско-Бугского лимана*. Киев: Наук. думка. 365 с.]
- Wetzel C.E., Bicudo D. de C., Ector L., Lobo E.A., Soininen J., Landeiro V.L., Bini L.M. 2012. Distance decay of similarity in neotropical diatom communities. *PLoS ONE*. 7(9): e45071.
- Zaytsev Yu.P. 2015. On contour structure of biosphere. *Hydrobiol. J.* 51(3): 3–24.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ШИХАЛЄЄВА Г.М. ¹ (<http://orcid.org/0000-0002-1475-4415>)

КІРЮШКІНА Г.М. ¹ (<http://orcid.org/0000-0003-4445-9879>)

ГЕРАСИМЮК В.П. ² (<http://orcid.org/0000-0002-9199-9854>)

¹ Фізико-хімічний інститут захисту здоров'я людини і довкілля,

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,

вул. Преображенська, 18, Одеса 65082, Україна

i.l.monitoring@ukr.net

² Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра ботаніки,

фізіології рослин та садово-паркового господарства,

вул. Всеволода Змієнка, 2, Одеса 65082, Україна

gerasimyuk2007@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У МАКРОВОДОРОСТЯХ ПРИБЕРЕЖНОЇ АКВАТОРІЇ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ТА ЙОГО ДОПЛИВІВ (ПІВНІЧНО- ЗАХІДНЕ ПРИЧОРНОМОР'Я, УКРАЇНА)

Реферат. Наведено концентрації ряду мікроелементів (Al, Mn, Fe, Cu, Cd, Pb, Cr, Zn, V) у таломас зеленех (родів *Cladophora* Kütz., *Rhizoclonium* Kütz., *Ulothrix* Kütz., *Ulva* L. emend. Thur.), харових (родів *Spirogyra* L., *Chara* L.) та жовтозелених (роду *Vaucheria* DC.) водоростей, зростаючих у різних районах акваторії (на 14 станціях) гіпергалінного Куяльницького лиману та його основних допливах (р. Великий Куяльник, Пересіпських та Корсунцівських ставках, струмках на право- та лівобережжі лиману) у період 2004–2017 рр. За результатами синхронних досліджень вмісту металів у таломас макроводоростей та середовищі їхнього зростання (воді та донних відкладеннях) оцінена акумулююча здатність досліджених видів макроводоростей щодо зазначеного ряду металів, виявлена серія статистично значимих кореляцій між концентраціями окремих

Надійшла до редакції 14.07.2025. Після доопрацювання 18.08.2025. Підписана до друку 22.09.2025.

Опублікована 10.12.2025

Ц и т у в а н н я . Шихалєєва Г.М., Кірюшкіна Г.М., Герасимюк В.П. 2025. Особливості накопичення мікроелементів у макроводоростях прибережної акваторії Куяльницького лиману та його допливів (Північно-Західне Причорномор'я, Україна). *Альгологія*. 35(4): 271–298. <https://doi.org/10.15407/alg35.04.271>

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

металів у слані низки зелених водоростей, воді та донних відкладеннях. Показано, що на накопичення більшості мікроелементів таломами макроводоростей впливають як видоспецифічність, морфоструктура талому, так і концентрація мікроелементів у середовищі їхнього зростання й, вірогідно, ефект їхньої взаємодії, гідрохімічні та гідрологічні умови водойми.

Ключові слова: мікроелементи, макроводорості, вода, донні відкладення, Куяльницький лиман, доплив

Вступ

На сьогоднішній день, особливо в умовах воєнних дій на території України та глобальних кліматичних змін, екосистема одного з найстародавніших лиманів Північно-Західного Причорномор'я — гіпергалінного Куяльницького лиману (аналог Мертвого моря в Україні) деградує. Відбувається катастрофічне обміління лиману, скорочення притоку прісних вод, осолонення та підвищення температури води, засолення й опустелювання території його прибережної зони, посилення антропогенного навантаження на водну та наземну екосистеми, скорочення та трансформація біорізноманіття (Shykhaleyeva et al., 2013, 2023; Ennan et al., 2014, 2019; Gerasimyuk et al., 2020; Dubyna et al., 2022). Найпоширенішими забруднювачами екосистеми Куяльницького лиману (Кл) є важкі метали (ВМ) (Ennan et al., 2014; Shykhaleyeva et al., 2017), які характеризуються високою токсичністю, тривалим періодом напіврозпаду, здатністю включатися в кругообіг речовин та мігрувати по трофічним ланцюгам (Boran, Altinok, 2010; Nagajyoti et al., 2010; Apostoliuk et al., 2012; Ali et al., 2019; Ghorji et al., 2019). В більшості країн у медичній практиці до списку «важкі метали» включено також деякі «легкі метали», зокрема алюміній і берилій.

Більшість елементів, що знаходяться в складі рослин у мікроконцентраціях, таких як купрум (Cu), манган (Mn), цинк (Zn), ферум (Fe), є необхідними й незамінними компонентами біокаталізаторів та біорегуляторів найважливіших фізіологічних процесів. Вони беруть активну участь у регулюванні окисно-відновних процесів, фотосинтезу, входять до складу багатьох вітамінів, окремих білкових комплексів (ферментів) або активізують їхню діяльність, але в аномально високих концентраціях токсичні для рослин, тварин і людей (Algae..., 1989; Torres et al., 2008; Torchiy, 2010; Soltani et al., 2011).

Такі метали, як ртуть (Hg), свинець (Pb) і кадмій (Cd), входять до переліку найбільш небезпечних забруднюючих речовин навколишнього середовища та навіть за низьких концентрацій негативно впливають на ріст

і розвиток біоти та здоров'я людини (Shcherbachenko, 2014; Dehbi et al., 2023).

За ступенем загрози для живих організмів метали поділяють на три класи небезпечності. До першого класу, крім Hg, Cd, Pb, арсен (As), віднесено такий важливий мікроелемент, як Zn. До другого класу (помірно небезпечних) відносять такі елементи, як Cu, Cr, Ni, Mo, B, Sb. До третього (мало небезпечні) — V, Mn, Sr та Ba (Hryshko et al., 2012). Допустима кількість ВМ, яку людина може споживати з продуктами харчування без ризику для здоров'я згідно норм ВООЗ, коливається в залежності від виду металу й становить: для Pb 3 мг на тиждень, для Cd 0,4–0,5, для Hg 0,3.

Гранично допустимі концентрації вмісту ВМ для водоростей в Україні відсутні. Згідно з Національним стандартом безпеки харчових продуктів і продовольчої сировини, максимальний рівень концентрації ВМ у морських водоростях становить (мг/кг сухої біомаси): для Pb — 0,1, Cd — 0,050; стандартом, встановленим Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ 2005), максимальний рівень у морських водоростях становить: для Pb 0,574 мг/кг сухої маси, Cd 0,02, Cu 23,2, Zn 128, Fe 497.

Відомо, що водорості беруть безпосередню участь у біогеохімічній міграції ВМ та істотно впливають на їхній вміст як у водній фазі, так і донних відкладеннях, що дозволяє використовувати їх як індикатори рівня забруднення водної екосистеми (Khristoforova, 1989; Shamshad et al., 2015; Çelekli et al., 2018; Manev et al., 2020; Geng et al., 2024; Ismukhanova et al., 2025).

Як зазначено вище, небезпека забруднення водойми ВМ визначається як їхньою токсичністю для гідробіонтів, так і тим, що вони не піддаються процесам розпаду у водних екосистемах і фактично лише перерозподіляються між окремими компонентами: розчиняються у воді, адсорбуються та акумулюються гідробіонтами та донними відкладеннями.

Водорості містять унікальний комплекс необхідних для організму людини речовин. Вони відіграють важливу роль у формуванні органічної біомаси лікувальних сульфідних мулів Кл і є перспективною сировиною для отримання лікувальних препаратів та в інших галузях практичної діяльності людини (харчовій, біохімічній, фармацевтичній промисловості, біоенергетиці, сільському господарстві, біоремедіації тощо (Shykhalayeva et al., 2021). Тому організація спостережень за міграцією та акумуляцією токсичних металів у ланцюгу вода–донні відкладення–водорості наразі є вкрай актуальною, що дозволяє оцінити екологічний стан водойми та безпечність використання водоростей для біотехнологічних цілей.

Незважаючи на майже двохсотлітню історію вивчення ропи і лікувального мулу Кл, у процесі формування яких визначальну роль

відіграють водорості, відомості про їхній мікроелементний склад фрагментарні. Наразі аналітичні відомості про мікроелементний склад макроводоростей, вилучених з гіпергалінного Кл, стосуються лише даних щодо вмісту чотирьох металів (Cu, Cr, Pb, Cd) та охоплюють незначну кількість видів. Мікроелементний склад водоростей Кл наведено для двох видів водоростей — *Cladophora siwaschensis* та *Ulva intestinalis*, а допливів — лише для одного, а саме *U. intestinalis* (Shikhaleyeva et al., 2010; Shikhaleyeva, Kiryushkina, 2025).

У даній статті вперше розглядаються особливості міграції й накопичення дев'яти металів (Cu, Cr, Fe, Mn, Al, Zn, Al, Pb, Cd) у п'яти видах макроводоростей, поширених у Кл, та 11 видах у його допливах і середовищі їхнього зростання (вода, донні відкладення), динаміка сезонних та міжрічних коливань у період 2004–2017 рр.

Матеріали та методи

Матеріалом для роботи послужили проби макроводоростей, поширених в період 2004–2017 рр. у прибережній зоні та акваторії гіпергалінного Кл та його основних допливах (р. Великий Куяльник, канали стоків з Корсунцівських та Пересипських ставків, струмки). Це представники відділу зелених (*Chlorophyta*): родини *Cladophoraceae*, роду *Cladophora* Kütz. (*C. siwaschensis* C.Meyer, *C. glomerata* (L.) Kütz., роду *Rhizoclonium* Kütz. (*R. tortuosum* (Dillwyn) Kütz., *R. hieroglyphicum* (C.Agardh) Kütz., родини *Ulothrichaceae*, роду *Ulothrix* Kütz. (*U. implexa* (Kütz.) Kütz., *U. tenerrima* (Kütz.) Kütz., *U. zonata* (Weber et Mohr) Kütz., *Ulothrix* sp.), родини *Ulvaceae*, роду *Ulva* L. emend. Thur. (*U. clathrata* (Roth) C.Agardh, *U. intestinalis* L.); відділу харових (*Charophyta*): родини *Zygnemataceae*, роду *Spirogyra* L. (*S. decimina* (O.Müll.) Dumort.), родини *Characeae*, роду *Chara* L. (*C. vulgaris* L.) та класу жовтозелених *Xantophyceae*, відділу *Heterokontophyta*: родини *Vaucheriaceae*, роду *Vaucheria* A.P. de Candolle (*V. dichotoma* (L.) C.Martius). *Cladophora siwaschensis*, *U. implexa* та *U. intestinalis* траплялись як в гіпергалінному Кл, так і в його допливах.

Номенклатура водоростей наведена відповідно до міжнародної Algae Base (Guiry, Guiry, 2025). Результати дослідження таксономічного різноманіття альгофлори Кл та його допливів представлені нами раніше (Gerasimyuk et al., 2020; Ennan et al., 2022a, b).

Морфологіологічні особливості поширених у басейні Кл макроводоростей. Водорості відділу *Chlorophyta* роду *Ulothrix* (*U. implexa*, *U. tenerrima*, *U. zonata*) — однорічні, багатоклітинні, нерозгалужені таломі мають нитчасту структуру з одним стрічкоподібним або поясковим

хлоропластом, з одним або декількома піреноїдами, колір живих клітин від світло- до темно-зеленого, прикріплені до субстрату нижньою клітиною, головним компонентом клітинної стінки, яка відповідає за адсорбцію, є целюлоза; роду *Ulva* (*U. intestinalis*, *U. clathrata*) — однорічні, багато-клітинні слані кишкоподібної, мішкоподібної або у вигляді кущика форми, прикріплені до субстрату ризоїдами, мають яскраво-зелений колір та в залежності від умов середовища можуть варіювати від світло-зеленого до темно-зеленого; роду *Cladophora* (*C. glomerata*, *C. siwaschensis*) — різнонитчасті сифонокладальні таломи зеленого кольору з багатьма ядрами в клітині, які прикріплені ризоїдами до субстрату, клітинна стінка досить товста й складена переважно целюлозою; роду *Rhizoclonium* (*R. hieroglyphicum*, *R. tortuosum*) — нитчасті слані з багатьма ядрами, які прикріплені до субстрату; водорості відділу *Charophyta* роду *Spirogyra* (*S. decimina*) — нитчасті не розгалужені слані, вільноплаваючі, іноді представлені у вигляді твані, роду *Chara* (*C. vulgaris*) — прямостоячі різнонитчасті слані з чітко вираженими вузлами та міжвузлями, прикріплені ризоїдами до ґрунту; водорості відділу *Heterokontophyta* роду *Vaucheria* (*V. dichotoma*) мають сифональну багатоядерну структуру з ниткоподібною сланню без перетинок, з численними хлоропластами без піреноїдів. Слань жовтувато-зеленуватого кольору, 10–40 см завд., у вигляді простих або розгалужених ниток без поперечних перетинок (рис. 1).

Будова клітинного покриву досліджених водоростей різноманітна, оболонка клітин здебільшого целюозна.

Збір водоростей на вміст металів здійснювали під час проведення комплексних системних досліджень природних компонентів водної та наземної екосистем Кл, які з 2001 р. проводили спільно вчені ФХІЗНСІЛ МОН та НАН України, Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України та Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (Gerasimiyuk et al., 2020).

Зразки збирали на різних субстратах: природних (камені, мул, пісок) та штучних (бетонні плити) на станціях постійного спостереження по акваторії Кл, у гирлі та за річищем р. Великий Куяльник, каналах стоку з Пересипських та Корсунцівських ставків, струмках на право- та лівобережжі лиману (рис. 2).

Координати станцій спостережень визначали за допомогою навігатора GPS Garmin. Збір, фіксацію та обробку проб проводили за стандартними методиками (Algae..., 1989; Methods..., 2006).

Температуру води, розчинений кисень, рН, солоність вимірювали на місцях. Для визначення солоності води та розчиненого кисню у воді використовували портативний кондуктометр «SENSION 5» та оксиметр

«Sension 6» відповідно. Температуру води вимірювали скляним термометром ТЛ-4 зі шкалою 0,1 °С, рН — автономним рН-метром рН-150 МІ.

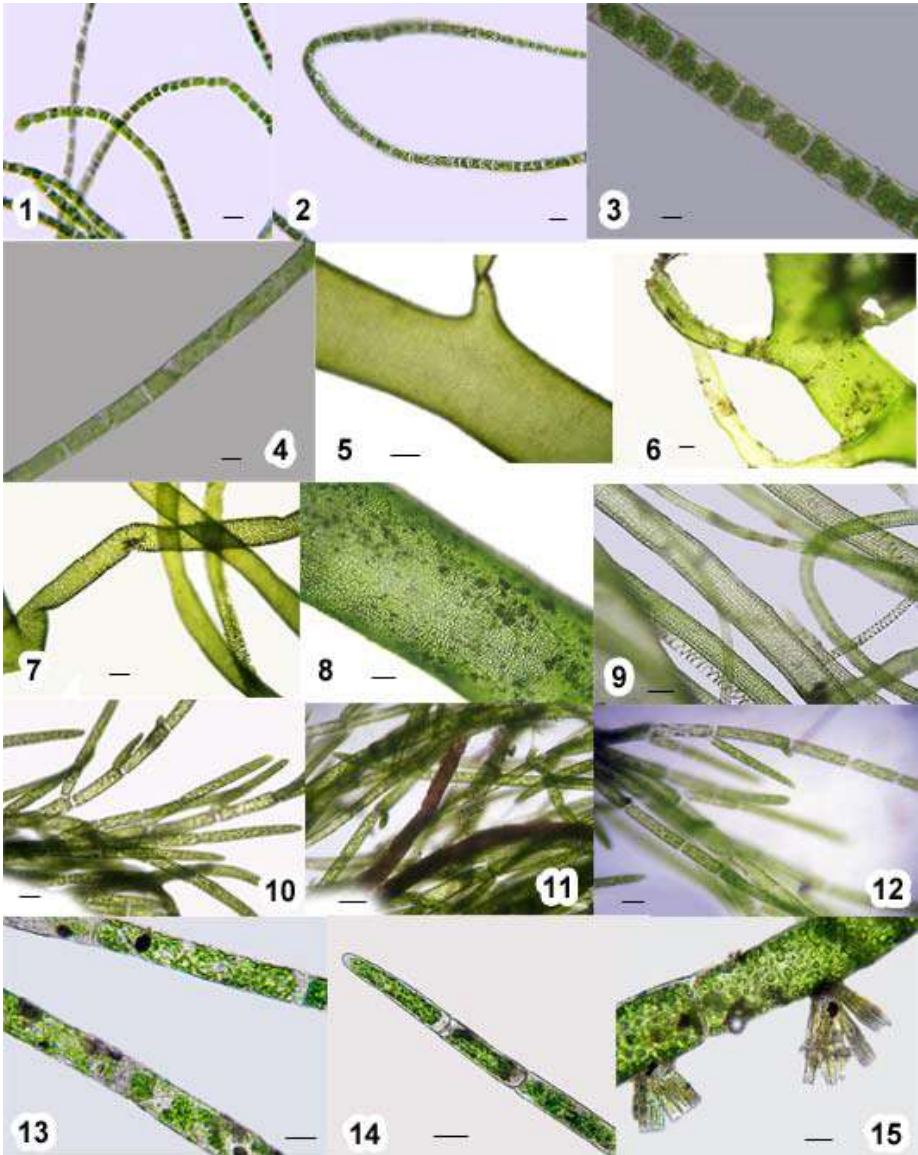


Рис. 1. Морфологічні особливості макроводоростей Куяльницького лиману. 1, 2 — *Ulothrix tenerrima* (Kütz.) Kütz. (нитки талому); 3, 4 — *U. implexa* (Kütz.) Kütz. (нитки талому); 5–7 — *Ulva clathrata* (Roth) C. Agardh (розгалужені талом); 8, 9 — *U. intestinalis* L. (частини слані); 10–12 — *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. (пучки ниток); 13, 14 — *C. glomerata* (частини ниток); 15 — *C. glomerata* (окремі клітини з діатомеями у вигляді обростань). Масштаб 10 мкм

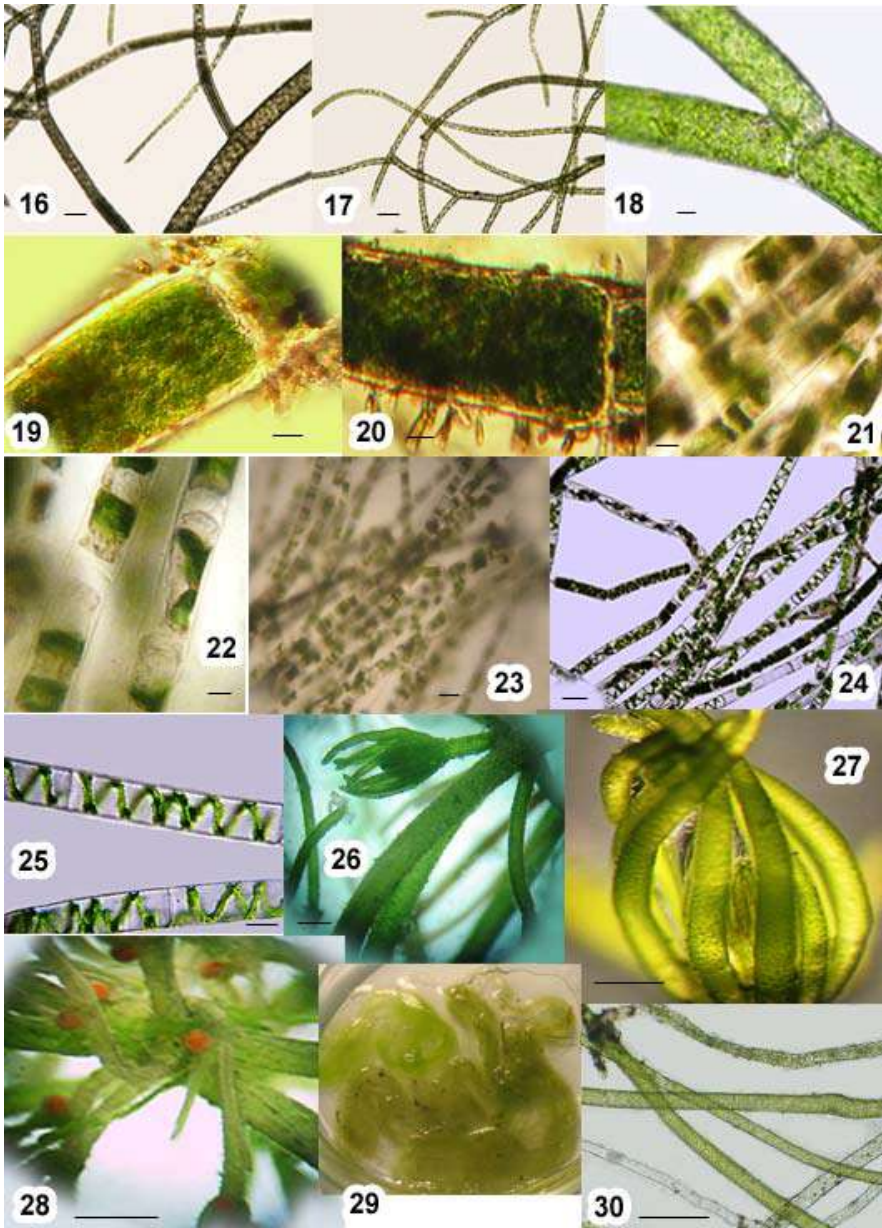


Рис. 1. Продовження. 16–18 — *Cladophora siwaschensis* С.Мeyer (розгалужені нитки); 19, 20 — *C. siwaschensis* (окремі клітини талом з діатомеями у вигляді обростань); 21, 22 — *Rhizoclonium hieroglyphicum* (С.Аgarth) Kütz. (фрагменти ниток); 23 — *R. hieroglyphicum* (нитки талом); 24 — *Spirogyra decimina* (O.Müll.) Dumort (нитки талом); 25 — *S. decimina* (фрагменти ниток); 26 — *Chara vulgaris* L. (фрагмент талом); 27 — *C. vulgaris* (верхня частина талом); 28 — *C. vulgaris* (талом водорості з антеридіями); 29 — *Vaucheria dichotoma* (L.) С.Мartius (загальний вигляд скупчення ниток у чашці Петрі); 30 — *V. dichotoma* (окремі талом з оогоніями). Масштаб: 16, 17, 26–28 — 100 мкм; 18–25 — 10 мкм; 30 — 20 мкм

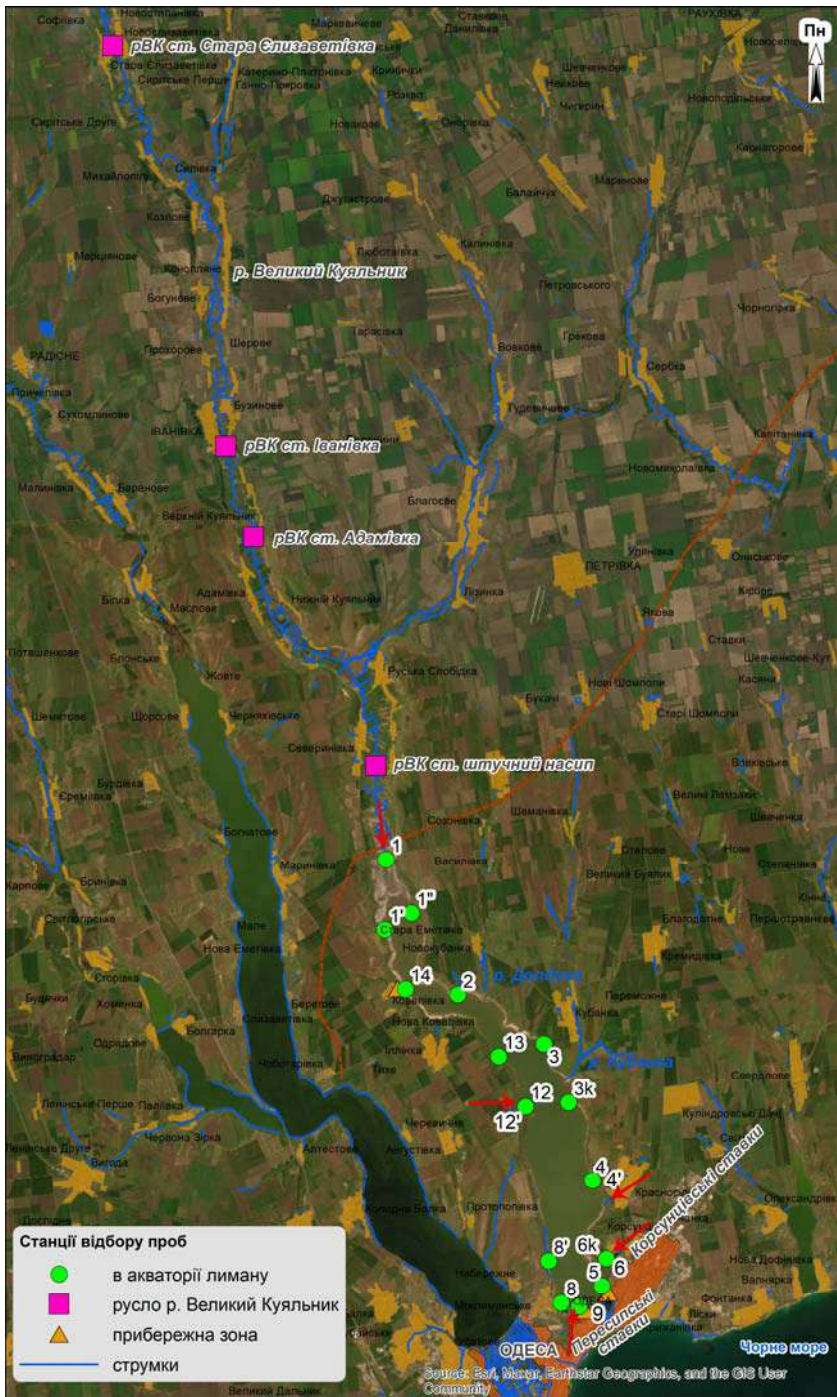


Рис. 2. Карта-схема станцій моніторингу водоростей-макрофітів і середовища їхнього зростання (вода, донні відкладення) в акваторії та прибережній зоні Кл і основних допливів. Детальний опис з фотографіями за оригінальними даними наведено нами раніше (Gerasyimuk et al., 2020)

Таломи водоростей відокремлювали від каменів, донних відкладень (мулу, піску), видаляли під мікроскопом сторонні домішки, промивали дистильованою водою, висушували за кімнатної температури, потім доводили до постійної маси в сушильній шафі за температури 105 °С. Далі зразки гомогенізували в агатовій ступці та озоляли концентрованою азотною кислотою згідно до загальноприйнятої методики (Nikanogov, Zhulydov, 1991). Вміст важких металів у таломех водоростей аналізували в трьох аналітичних повторностях.

Всього було проаналізовано на вміст важких металів 78 зразків водоростей (32 з акваторії Кл та 46 з його допливів). Проби водоростей з поверхневого горизонту води та мулу на ділянці площею 10 × 10 м та з поверхні кам'янистих субстратів і бетонних плит відбирали паралельно в трьох повторностях на кожній станції спостереження (рис. 2).

Синхронно з відбором зразків водоростей на цих же ділянках відбирали проби води та поверхневих шарів донних відкладень на ділянках під таломами водоростей.

Воду відразу фільтрували через мембранні фільтри в пластикові склянки, консервували 2%-ною азотною кислотою та зберігали у холодильнику до проведення аналізу. Проби донних відкладень готували аналогічно біологічним пробам.

Вміст мікроелементів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії на спектрофотометрі "Сатурн-3" з графітовою приставкою "Графіт-2" (електротермічний варіант). Контроль здійснювали з використанням холостих проб та стандартних зразків (ДСЗУ). Всі стандартні розчини вироблені спеціальним конструкторсько-технологічним бюро з дослідним виробництвом Фізико-хімічного інституту ім. О.В. Богатського НАН України.

Вміст металів розраховували в перерахунку на суху біомасу. Концентрацію (С) металів у воді виражали у мг/дм³, а в донних відкладеннях та водоростях — у мг/кг сухої біомаси.

Аналіз відібраних проб проводили в атестованій у галузі метрологічного контролю природних компонентів випробувальній лабораторії «Моніторинг» ФХІЗНСІЛ МОН і НАН України.

Ступінь накопичення металів у водоростях оцінювали щодо їхнього вмісту у відповідних пробах води та донних відкладень за допомогою коефіцієнта біологічного накопичення (КБН) (Sauliutė et al., 2017), який допомагає визначити, наскільки ефективно водорості концентрують метали з навколишнього середовища та дає змогу оцінити навантаження забруднення важкими металами в екосистемі.

Коефіцієнти кореляції Пірсона ($p = 0,05$) між концентраціями металів у водоростях, донних відкладеннях та воді розраховували за допомогою програми Microsoft Office Excel 2007.

Результати та обговорення

Особливістю гіпергалінного Кл є значна мінливість водного режиму. Лиман характеризується швидкими коливаннями рівня й солоності води. З точки зору гідрохімії Кл є водоймою натрієво-хлоридного типу. Основними катіонами є Na^+ , K^+ , Ca^{2+} та Mg^{2+} , головними аніонами — Cl^- , SO_4^{2-} та HCO_3^- . За критеріями мінералізації вода Кл відноситься до класу солоних вод, категорії ультрагалінних (Ennan et al., 2022a).

Під час відбору зразків водоростей (вересень 2004 р.–квітень 2017 р.) солоність води на станціях моніторингу в Кл коливалася в інтервалі 49,9–257,8‰, значення рН — від слабкислого до слаболужного (6,2–8,07), концентрація розчиненого у воді кисню — від 2,1 до 12,1 мг/дм³, температура води становила 12–36 °С. Зниження солоності ропи Кл спостерігалось у весняні періоди, а максимальне збільшення — влітку, переважно в липні.

В іонному складі вод допливів лиману серед катіонів домінували іони натрію, серед аніонів — хлорид- і сульфат-іони. Активна реакція середовища всіх допливів була схожою й варіювала в межах нейтральна–слаболужна (рН 6,8–8,8). За іонним складом вода р. Великий Куяльник відноситься до класу сульфатних вод з переходом у створі с. Северинівка до класу хлоридних вод, групи натрію. Води з каналів стоку з Пересипських і Корсунцівських ставків за мінералізацією слабосолонуваті, за кислотністю середовища — слаболужні, води струмків за мінералізацією варіювали в межах від прісних до солонуватих, за іонним складом води струмка по Гільдендорфській балці (ст. 4') відносяться до класу сульфатних вод, групи натрію, струмка за траверсом с. Августівка (ст. 12') — до класу хлоридних вод з переходом до класу сульфатних, групи натрію.

Загалом солоність води допливів коливалась у межах 0,8–5,3‰. Усі водойми мали високий вміст летких органічних сполук (2,3–46,2 мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$).

Активна реакція середовища водних витяжок ґрунтів на ділянках приурізної зони Кл (оголених донних відкладень) у період досліджень змінювалася від нейтральної до слаболужної (7,1–8,5).

У воді та донних відкладеннях Кл та його допливів завжди спостерігалася наявність ВМ, причому найвищий рівень забруднення виявлено серед елементів першого класу небезпеки (Pb, Cd).

В цей період у макрофітобентосі Кл домінувала зелена водорість *Cladophora siwaschensis*, а в місцях локального розпріснення — *Ulva intestinalis*, *Ulothrix implexa* та *Rhizoclonium tortuosum*. У маловодні роки на вологій поверхні ґрунту вздовж урізу води південної частини Кл (див. рис. 2, околиці ст. 5) були поширені *U. implexa* та *Chara vulgaris*, а на вологих ґрунтах правобережжя північної частини — *C. siwaschensis* і *C. vulgaris* (див. рис. 2, околиці ст. 14, ст. 1' відповідно).

У допливах лиману серед макроскопічних водоростей відділу зелених домінували *Cladophora glomerata*, *C. siwaschensis*, *Ulothrix tenerrima*, *U. implexa*, *Ulva intestinalis*, *U. clathrata*, серед харових — *Spirogyra decimina*. У річці Великий Куяльник, Пересипських і Корсунцівських ставках зустрічалися гетероконтофітові (жовтозелені) водорості *Vaucheria dichotoma*. На вологих мулистих ґрунтах мінералізованого струмка (див. рис. 2, околиці ст. 12') траплялися *Ulothrix zonata*, на р. Великий Куяльник — *C. vulgaris*.

Результати мікроелементного аналізу таломів макроводоростей, поширених у Кл та його допливах і середовищі їхнього зростання (вода, донні відкладення), наведено в табл. 1.

Вміст мікроелементів у компонентах (водорості–вода–донні відкладення) екосистеми Кл представлено у вигляді таких низхідних послідовностей:

Cladophora siwaschensis — Al > Zn > V > Mn > Cr > Cu > Fe > Pb > Cd,

вода — V > Zn > Al > Fe > Mn > Pb > Cr > Cu > Cd,

донні відкладення — Fe > Al > Zn > V > Cu > Pb > Mn > Cr > Cd.

Rhizoclonium tortuosum — Zn > Al > V > Mn > Cr > Pb > Fe > Cu > Cd,

вода — Al > V > Zn > Mn > Pb > Fe > Cr > Cu > Cd,

донні відкладення — Fe > Al > Zn > V > Cu > Pb > Cr > Cd.

Ulothrix implexa — V > Cu > Zn > Cr > Mn > Al > Pb > Cd,

вода — V > Zn > Al > Mn > Pb > Cr > Cu > Cd,

донні відкладення — Al > Zn > Mn > Cu > Cr > Pb > V > Cd.

Ulva intestinalis та *Chara vulgaris* — Cr > Cu > Pb > Cd,

вода — Cr > Pb > Cu > Cd,

донні відкладення — Cu > Pb > Cr > Cd.

Донні відкладення Кл, на відміну від води, виявили дещо змінений порівняно з біотою порядок розподілу концентрацій досліджених металів.

Закономірність розподілу металів у таломех водоростей допливів та у воді в місцях зростання виражена наступними регресійними рядами:

Cladophora siwaschensis — Zn > V ≥ Al > Cr ≥ Cu > Fe > Pb > Mn > Cd

(ст. 9),

вода — Fe > Zn > Pb > Cr > Al > Mn > Cd > V > Cu (ст. 9).

C. glomerata — Zn > Al > V > Cu > Mn > Cr > Pb > Cd (ст. 9),

вода — Al > V > Zn > Mn > Cu > Cr > Pb > Cd (ст. 9).

- C. glomerata* — V > Mn > Cu > Cr > Pb > Cd (pBK),
вода — V > Mn > Cr > Cu > Pb > Cd (pBK).
- C. glomerata* — Zn > Al > Cu > V > Mn > Cr > Pb > Cd (ст. 12'),
вода — Al > V > Cu > Cr = Pb > Mn > Zn > Cd (ст. 12').
- Rhizoclonium hieroglyphicum* — Cr > Cu > Pb > Cd (ст. 9),
вода — Pb > Cr > Cu > Cd (ст. 9).
- R. hieroglyphicum* — Mn > Cu > Cr > Pb > Cd (pBK),
вода — Mn > Cr > Pb > Cu > Cd (pBK).
- R. hieroglyphicum* — Zn > V > Mn > Cu ≥ Cr > Pb > Fe > Cd (ст. 12'),
вода — V > Zn > Fe > Pb ≥ Cr > Cu > Mn = Cd (ст. 12').
- Rh. hieroglyphicum* — Mn ≥ Cu > Cr > Pb > Cd (ст. 4'),
вода — Mn > Cr > Cu > Pb > Cd (ст. 4').
- Ulothrix tenerrima* — Zn > V ≥ Al > Mn ≥ Cu > Cr > Pb > Cd (ст. 9),
вода — V > Al > Mn > Cu ≥ Pb > Cr > Cd (ст. 9).
- U. tenerrima* — Cr > Cu > Pb > Cd ≥ Mn (ст. pBK),
вода — Mn > Cr > Pb = Cu > Cd (ст. pBK).
- U. implexa* — V > Cu > Mn > Pb > Cr > Cd (ст. 9),
вода — V > Mn > Cu > Pb > Cr > Cd (ст. 9).
- Ulva clatrata* — Al > V > Cu > Mn > Cr > Pb > Cd (ст. 9),
вода — Al > V > Mn > Cr > Pb > Cu > Cd (ст. 9).
- U. clatrata* — Cu > Mn > Cr > Pb > Cd (ст. 12'),
вода — Mn > Pb > Cr > Cu > Cd (ст. 12').
- U. intestinalis* — V > Cr > Cu > Pb > Cd (ст. 9),
вода — V > Cr ≥ Pb > Cu > Cd (ст. 9).
- U. intestinalis* — Cu > Mn > Cr > Pb > Cd (pBK),
вода — Mn > Cr > Cu > Pb > Cd (pBK).
- U. intestinalis* — Zn > V > Mn > Cr > Cu > Pb > Fe > Cd (ст. 12'),
вода — Zn > V > Mn > Cr = Cu > Fe > Cd > Pb (ст. 12').
- U. intestinalis* — Mn > Cr > Cu > Pb > Cd (ст. 4'),
вода — Mn > Cr > Pb > Cu > Cd (ст. 4').
- Ulothrix zonata* — Al > Zn > Mn > V > Cu > Pb > Cr > Fe > Cd (ст. 12').
- Spirogyra decimina* — Zn > V > Cr > Mn > Cu > Pb > Cd (ст. 9),
вода — Zn > V > Mn > Pb ≥ Cr ≥ Cu > Cd (ст. 9).
- S. decimina* — Zn > Al > V > Mn > Cu > Cr > Pb > Cd (ст. 6),
вода — Al ≥ V > Mn > Cr > Pb > Zn > Cd (ст. 6).
- Vaucheria dichotoma* — Al > Mn > Cu > Pb > Cr > Cd (ст. 9),
вода — Al > Mn > Cr > Pb ≥ Cu > Cd (ст. 9).
- V. dichotoma* — Al > Pb ≥ Mn > Cu > Cr > Cd (pBK),
вода — Al > Mn > Cr > Cu = Pb > Cd (pBK).

Таблиця 1. Концентрація мікроелементів у макроводоростях Куяльницького лиману та його допливів і середовищі їхнього зростання (воді, донних відкладеннях) за даними 2004-2017 рр. (водорості та донні відкладення (ДВ) – мг/кг сухої маси; вода – мг/дм³)

Об'єкти дослідження (кількість біологічних повторностей)	Cu	Cr	Pb	Cd	V	Mn	Al	Zn	Fe
* <i>Rhizosolenium tortuosum</i> (30) Вода	<u>0,202-1,374</u> 0,460	<u>0,283-1,935</u> 0,924	<u>0,253-1,935</u> 0,892	<u>0,0020-0,0098</u> 0,0056	<u>13,90-52,02</u> 32,97	2,676	41,28	163,38	0,655
	<u>0,0079-0,060</u> 0,0249	<u>0,0068-0,0577</u> 0,0307	<u>0,0032-0,098</u> 0,0631	<u>0,0011-0,0063</u> 0,0023	<u>0,10-2,91</u> 1,60	0,0891	2,186	0,314	0,0314
<i>Cladophora sinuata</i> (39) Вода	<u>9,43-38,80</u> 18,31	<u>2,65-10,06</u> 5,92	<u>1,43-16,02</u> 10,72	<u>0,64-1,56</u> 1,07	<u>3,32-52,10</u> 27,71	0,966	52,41	47,81	2165
	<u>0,202-1,842</u> 0,688	<u>0,283-8,394</u> 3,118	<u>0,133-1,664</u> 0,532	<u>0,0010-0,0621</u> 0,0219	<u>1,80-51,70</u> 18,52	<u>0,2-15,38</u> 7,79	<u>1,0-130,41</u> 65,71	<u>3,61-42,21</u> 22,92	<u>0,291-0,802</u> 0,545
ДВ	<u>0,0148-0,0682</u> 0,0253	<u>0,0187-0,1108</u> 0,0399	<u>0,0111-0,0979</u> 0,0698	<u>0,0011-0,0119</u> 0,0048	<u>0,11-5,00</u> 2,464	<u>0,196-0,254</u> 0,225	<u>0,958-1,213</u> 1,09	<u>1,086-1,126</u> 1,11	<u>0,396-0,398</u> 0,396
	<u>4,40-18,31</u> 11,82	<u>1,11-8,54</u> 4,39	<u>2,48-14,72</u> 8,87	<u>0,11-1,76</u> 0,98	<u>7,47-49,0</u> 26,09	<u>4,73-4,87</u> 4,81	<u>50,92-56,24</u> 53,13	<u>16,59-56,24</u> 36,42	<u>2,722-2,798</u> 2,760
<i>Ulva intestinalis</i> (10) Вода	<u>1,253-1,275</u> 1,264	<u>3,271-3,300</u> 3,286	<u>0,111-0,142</u> 0,126	<u>0,031-0,056</u> 0,0440	-	-	-	-	-
	<u>0,0143-0,0795</u> 0,0375	<u>0,0293-0,1440</u> 0,103	<u>0,0502-0,0984</u> 0,0757	<u>0,0088-0,0104</u> 0,0104	-	-	-	-	-
ДВ	<u>8,78-25,08</u> 14,49	<u>3,82-13,59</u> 8,33	<u>8,13-9,97</u> 8,91	<u>1,43-2,53</u> 1,92	-	-	-	-	-
	<u>1,09-15,34</u> 8,22	<u>0,99-5,27</u> 3,13	<u>0,291-1,268</u> 0,780	<u>0,003-0,050</u> 0,027	<u>1,76-72,00</u> 25,25	<u>0,074-5,392</u> 2,421	0,97	3,6	-
<i>Ullothrix implexa</i> (10) Вода	<u>0,0237-0,0593</u> 0,042	<u>0,0283-0,0637</u> 0,046	<u>0,028-0,083</u> 0,055	<u>0,0059-0,0071</u> 0,0067	<u>1,180-2,336</u> 1,758	<u>0,106-0,160</u> 0,133	1,056	1,174	-
	4,57	2,91	1,59	0,284	1,06	4,96	39,9	24,2	-

Канал стоку з Пересипських ставків (ст. 9)										
<i>Chara vulgaris</i> (10) Бола	<u>0.207-3.415</u>	<u>2.867-5.475</u>	<u>0.157-2.495</u>	<u>0.0371-0.230</u>	-	-	-	-	-	-
	1,811	4,171	1,326	0,1336						
	<u>0.0470-0.0682</u>	<u>0.1108-</u>	<u>0.0806-0.0915</u>	<u>0.0011-0.0014</u>	-	-	-	-	-	-
ДІВ	0,0576	<u>0.1193</u>	0,0861	0,00127						
	42,7-18,3	<u>1,98-5,3</u>	<u>11,50-14,72</u>	<u>0,71-1,93</u>	-	-	-	-	-	-
	30,0	3,62	12,84	1,29						
*Cladophora										
<i>siwasciensis</i> (9) Бола	<u>0.930-3.127</u>	<u>1.027-2.169</u>	<u>0.462-2.420</u>	<u>0.014-0.597</u>	1,69	<u>0.055-1.313</u>	1,66	2,34	1,230	
	1,389	1,485	1,257	0,139		0,684				
<i>glomerata</i> (9) Бола	<u>0.002-0.020</u>	<u>0.015-0.417</u>	<u>0.004-1.117</u>	<u>0.003-0.102</u>	0,013	<u>0.013-0.114</u>	0,084	0,518	1,234	
	0,008	0,150	0,289	0,029		0,064				
<i>Rhizoclonium</i> <i>hieroglyphicum</i> (9) Бола	<u>10.94-20.48</u>	<u>0.662-9.84</u>	<u>0.299-0.871</u>	<u>0.028-0.056</u>	24,45	<u>9.237-13.860</u>	<u>117.0-285.54</u>	<u>187.0-908.02</u>	-	
	15,71	5,251	0,585	0,042		11,55	201,27	547,51		
<i>Rhizoclonium</i> <i>hieroglyphicum</i> (9) Бола	<u>0.029-0.041</u>	<u>0.009-0.029</u>	<u>0.017-0.022</u>	<u>0.005-0.006</u>	0,209	<u>0.129-0.136</u>	<u>0.749-1.391</u>	<u>0.007-0.283</u>	-	
	0,035	0,019	0,019	0,005		0,132	1,069	0,145		
<i>Rhizoclonium</i> <i>hieroglyphicum</i> (9) Бола	2,280	6,278	0,508	0,137	-	-	-	-	-	
	0,002	0,004	0,008	0,003	-	-	-	-	-	
<i>Ulothrix</i> <i>tenerima</i> (9) Бола	<u>11.90-14.82</u>	<u>5.83-8.42</u>	<u>0.72-0.84</u>	<u>0.084-0.117</u>	<u>89.75-176.39</u>	<u>11.32-16.72</u>	<u>106.18-110.68</u>	<u>628.74-764.71</u>	-	
	13,36	7,13	0,78	0,100	133,0	14,0	108,43	696,73		
<i>Ulothrix</i> sp.(3) Бола	<u>0.025-0.041</u>	<u>0.020-0.025</u>	<u>0.029-0.033</u>	<u>0.0054-0.0058</u>	<u>0.85-0.93</u>	<u>0.008-0.071</u>	<u>0.54-0.67</u>	<u>0.008-0.009</u>	-	
	0,033	0,022	0,031	0,0055	0,89	0,039	0,61	0,008		
<i>Ulothrix</i> sp.(3) Бола	0,99	1,114	1,183	0,221	-	0,251	-	-	-	
	0,021	0,023	0,036	0,009	-	0,135	-	-	-	
<i>Ulothrix</i> <i>implexa</i> (9) Бола	15,34	0,99	1,268	0,050	72,00	5,392	-	-	-	
	0,069	0,029	0,032	0,005	0,410	0,083	-	-	-	
<i>Ulva clathrata</i> (9) Бола	<u>3.435-11.80</u>	<u>0.969-2.590</u>	<u>0.393-0.488</u>	<u>0.050-0.067</u>	15,00	<u>1.469-6.498</u>	56,49	-	-	
	7,093	1,899	0,433	0,059		4,022				
Бола	<u>0.011-0.031</u>	<u>0.034-0.043</u>	<u>0.017-0.042</u>	<u>0.005-0.011</u>	0,41	<u>0.091-0.124</u>	0,779	-	-	
	0,019	0,034	0,027	0,007		0,113				

Струмок на правобережжі, ст. 12'										
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i> (9) Вода	0,409-4,726	1,891-2,969	0,423-2,056	0,043-0,054	24,35	5,91-26,90	0	146,18	0,806	
	2,568	2,430	1,242	0,049		16,40				
<i>Cladophora glomerata</i> (9) Вода	0,011-0,017	0,024-0,033	0,024-0,039	0,0037-0,0061	1,344	0,004-0,006	-	0,725	0,246	
	0,014	0,029	0,031	0,0049		0,005				
<i>Ulva intestinalis</i> (9) Вода	11,33	1,989	0,372	0,026	10,39	6,14	76,21	97,92	-	
	0,070	0,041	0,041	0,0034	1,615	0,030	2,17	0,010	-	
<i>Ulva clathrata</i> (9) Вода	0,316-3,223	0,955-4,075	0,586-0,943	0,031-0,198	27,95	15,26	-	95,75	-	
	1,768	2,775	0,739	0,087						
<i>Ulva clathrata</i> (9) Вода	0,014-0,031	0,010-0,033	0,006-0,026	0,0042-0,040	-	-	-	-	-	
	0,021	0,021	0,014	0,0168						
<i>Ulva clathrata</i> (9) Вода	4,326-4,750	1,421-2,458	0,401-0,624	0,030-0,072	-	0,794-5,570	-	-	-	
	4,538	1,939	0,513	0,051		3,182				
<i>Ulothrix zonata</i> (6) Вода	0,011-0,008	0,024-0,038	0,032-0,039	0,0037-0,0097	-	0,099-0,157	-	-	-	
	0,009	0,031	0,035	0,0067		0,129				
<i>Ulothrix zonata</i> (6) Вода	0,647-2,420	1,136-1,894	0,419-2,930	0,0327-0,0650	20,6-29,6	3,46-74,79	33,46-429,46	116,55	1,225	
	2,534	1,515	1,675	0,0490	25,11	39,126	231,46			
<i>Ulothrix zonata</i> (6) Вода	0,017-0,040	0,0099-0,0703	0,026-0,0466	0,0060-0,0065	0,180-1,344	0,064-0,108	1,085-1,276	0,725	0,246	
	0,029	0,041	0,037	0,0062	0,762	0,086	1,181			
Струмок на лівобережжі по Краснослівській балці, ст. 4'										
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i> (6) Вода	3,080	1,831	0,597	0,043	-	3,87	-	-	-	
	0,028	0,033	0,024	0,0031	-	0,077	-	-	-	
<i>U. intestinalis</i> (6) Вода	2,425-2,521	1,383-3,782	0,482-1,073	0,037-0,219	-	2,70	-	-	-	
	2,473	2,583	0,778	0,128						
<i>U. intestinalis</i> (6) Вода	0,019-0,028	0,027-0,033	0,024-0,036	0,0031-0,0120	-	0,078	-	-	-	
	0,024	0,031	0,029	0,0075						

Примітка: у чисельнику — граничні величини, у знаменнику — середні; " - " — немає даних; * — обростання дитомовими мікрводоростями.

Як видно з наведених послідовностей, найбільший вміст мікроелементів у досліджених видах водоростей припадає на Zn, Al, V, Mn, Cu, більшість з яких є ліофільними, необхідними для життєдіяльності організмів.

Кожен вид має свої особливості. Крім того, порядок розподілу металів в одних і тих самих видах водоростей може дещо змінюватися залежно від водойми їхнього зростання. Це свідчить про те, що вміст і доступність хімічних елементів у середовищі зростання водоростей є суттєвими чинниками, які впливають на накопичення металів таломами водоростей.

Максимуми та мінімуми концентрацій ВМ у сланях водоростей і воді водойм здебільшого збігаються.

Таким чином, простежується зв'язок між накопиченням ВМ макроводоростями та їхнім вмістом у воді місцезростань.

Найменшою концентрацією у всіх досліджених видах водоростей та середовищі їхнього зростання характеризується Cd (див. табл. 1).

У воді Кл та його допливів концентрації всіх досліджених металів були найнижчими, а у донних відкладеннях Кл — значно вищими, ніж у воді та таломачах (за винятком Cu, Cr та V у *Ulothrix implexa*, Cr у *Chara vulgaris*, V, Mn та Zn у *Rhizoclonium tortuosum*, Mn та Al у *Cladophora siwaschensis*).

Накопичення важких металів у донних відкладеннях, зазвичай, обумовлено розчинністю у воді, схильністю металів адсорбуватися на твердих фазах і вступати в реакції комплексоутворення, що пов'язано з окислювальним потенціалом, температурою, рН середовища, вмістом органічних речовин тощо.

Водорості, вилучені з гіпергалінного Кл та його прісноводних і солонуватих допливів, за чутливістю, тобто здатністю до накопичення найтоксичніших металів — Cd та Pb (див. табл. 1), можна розмістити у такій послідовності:

Кл

Cd — *C. vulgaris* > *U. intestinalis* > *U. implexa* > *C. siwaschensis* > *R. tortuosum*

Pb — *C. vulgaris* > *R. tortuosum* > *C. siwaschensis* > *U. implexa* > *U. intestinalis*

Допливи лиману (за узагальненими по всім допливам даними)

Cd — *S. decimina* > *C. siwaschensis* > *R. hieroglyphicum* > *U. intestinalis* > *U. tenerrima* > *U. clathrata* > *U. implexa* > *C. glomerata* > *V. dichotoma*

Pb — *S. decimina* > *U. implexa* > *C. siwaschensis* > *U. intestinalis* > *U. tenerrima* > *C. glomerata* > *R. hieroglyphicum* > *U. clathrata* > *V. dichotoma*

Найчутливішими до Cd та Pb є представники харових водоростей (*C. vulgaris* з Кл та *S. decimina* з допливів). Серед зелених водоростей, вилучених з Кл, чутливими до Cd є *U. intestinalis* та *U. implexa*, з допливів

— *C. siwaschensis* та *R. hieroglyphicum*, до Pb — *R. tortuosum* та *C. siwaschensis* з Кл і *U. implexa* та *C. siwaschensis* з допливів.

Рівень Pb та Cd у всіх (за винятком *U. intestinalis* та *R. tortuosum* відповідно) видах макроводоростей, вилучених з гіпергалінного Кл, перевищував рекомендований стандарт, встановлений Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ) для Pb та Cd у 0,574 мг/кг та 0,02 мг/кг відповідно, причому найвища концентрація Pb зафіксована у *C. vulgaris* (1,326 мг/кг), а Cd — у *S. decimina* (0,240 мг/кг). У макроводоростях з допливів максимальні концентрації Pb та Cd відмічені у *S. decimina* (4,10 мг/кг та 0,340 мг/кг відповідно). Рівень Cu був нижчий за стандарт (23,2 мг/кг) з найвищою концентрацією, зафіксованою у таломі *U. implexa* (8,22 мг/кг) з Кл та у *S. decimina* (17,87 мг/кг) з допливів. Рівень Zn був вищим за рекомендований стандарт (128 мг/кг) у талом *R. tortuosum* (163,38 мг/кг), вилучених з Кл, та у *C. glomerata* (547,51 мг/кг), *U. tenerrima* (696,73 мг/кг) та *S. decimina* (735,68 мг/кг) з допливів.

У талом *S. decimina* досліджених видів водоростей з Кл та його допливів спостерігалось найбільше накопичення Zn та значно менше Cu (див. табл. 1).

Отримані результати вказують на наявність помітних відмінностей у концентраціях металів у межах видів водоростей, середовищі їхнього зростання та природи субстрату (див. табл. 1, рис. 3).

Металоакумуляуюча здатність водоростей залежить від хімічного складу середовища зростання та мінералізації водойм. Так, у слані морської водорості *C. siwaschensis*, вилученої з гіпергалінного Кл, концентрації майже всіх досліджених металів (рис. 3, *a*) більші, ніж у слані цієї водорості, вилученої з каналів стоку Пересипських ставків (ст. 9), та навпаки (рис. 3, *б, в*), концентрації металів у слані прісноводних водоростей (*U. intestinalis*, *U. implexa*), вилучених з Кл, менші, ніж з допливів.

Максимуми накопичення міді спостерігались у слані *C. glomerata* (15,7 мг/кг), *U. intestinalis* (15,3 мг/кг) та *S. decimina* (17,87 мг/кг), вилучених з каналу стоку Пересипських ставків (ст. 9) та струмка (ст. 12') відповідно, марганцю — у слані *R. hieroglyphicum* (16,6 мг/кг) та *U. intestinalis* (15,3 мг/кг), вилучених зі струмка (ст. 12'). Найбільш активними концентраторами металів є водоростеві угруповання обростань кам'яних субстратів (див. рис. 3, *г*). Вони в 1,5–3,0 рази більше поглинають метали. Насамперед, із води поглинається хром, а потім свинець, що пов'язано, мабуть, зі знаходженням металів у різних формах і відповідно до їхньої доступності засвоєння водоростями, які беруть участь у процесах вивітрювання кам'янистого субстрату, що складає дно лиману, та сприяють насиченню прикордонного шару вода–донні відкладення макро- та мікроелементами.

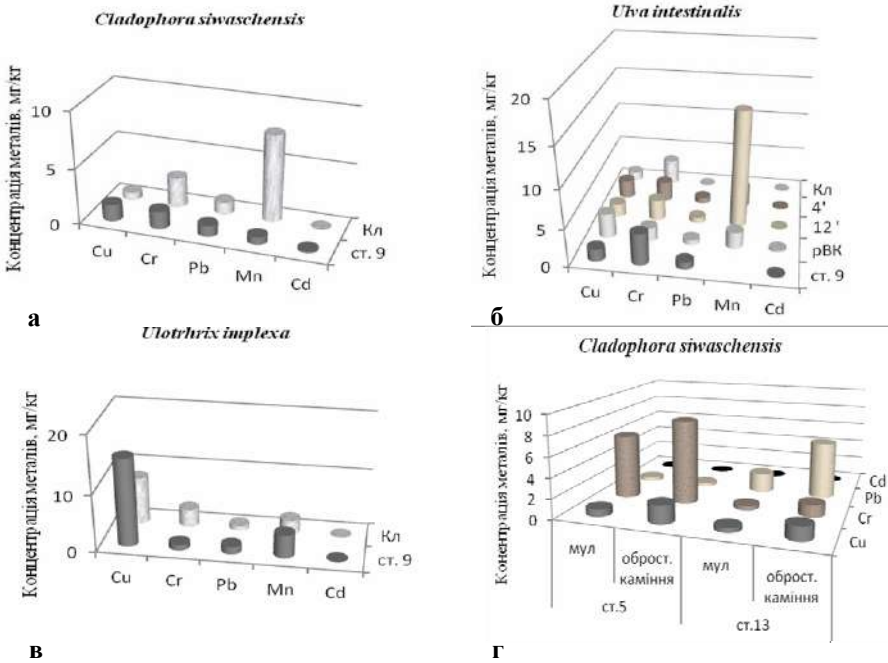


Рис. 3. Концентрація ряду металів у водоростях, вилучених з різних за мінералізацією водойм (а–в) (за усередненими даними за 2004–2017 рр.) та природи субстрату (г) (травень 2005 р.)

Характерний також просторовий розподіл вмісту металів у таломх водоростей по акваторії Кл та сезонна динаміка накопичення металів у водоростях (рис. 4, а, б), яка характеризується збільшенням до кінця вегетаційного періоду, що, очевидно, може бути пов'язано з активізацією вегетації досліджених видів водоростей та збільшенням площі їхньої поверхні.

Відмічено також міжрічні зміни (з року в рік) концентрацій металів у таломх водоростей (рис. 5, а, б), що може бути пов'язано зі змінами абіотичних чинників середовища (Rajfur, Kłos, 2013; Vodnar, Vinyarska, 2014; Utomo et al., 2016) їхнього зростання в результаті кліматичних і антропогенних чинників.

Здатність кожного виду водоростей накопичувати метали також значно варіює залежно від доступності металу, його концентрації у водному середовищі та контакту з таломми водоростей, будови та хімічного складу клітинної оболочки, що узгоджується з літературними даними (Hussein, Amr, 2023). Клітинні стінки усіх досліджених видів водоростей містять функціональні групи, такі як полісахариди, до яких метали мають високу спорідненість. Ці функціональні групи водоростей, разом із великою площею поверхні клітин, забезпечують сорбцію металів з води та їхнє накопичення.

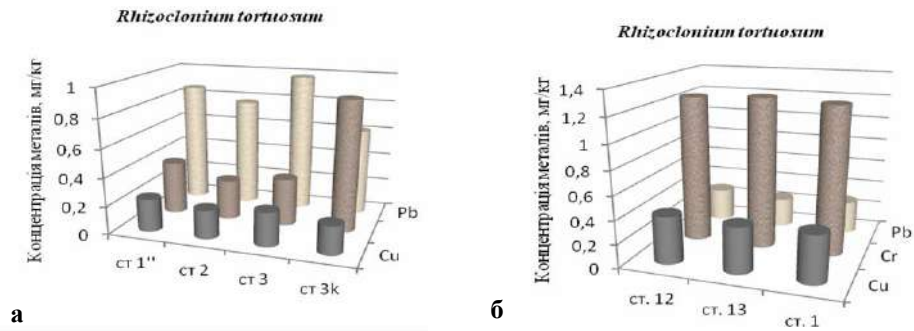


Рис. 4. Просторовий розподіл вмісту металів у таломх водоростей з Кл на різних стадіях вегетації: а — травень, 2005 р., б — жовтень 2005 р.

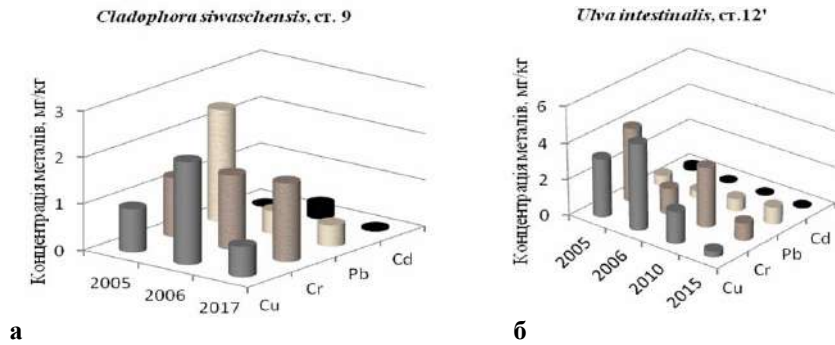


Рис. 5. Міжрічні зміни (а, б) вмісту металів у водоростях, вилучених з різних доплівів

Для виявлення закономірності зв'язку складу зовнішнього та внутрішнього середовищ розраховували коефіцієнт біологічного накопичення металів (табл. 2, 3), що характеризує ступінь концентрування елемента макроводоростями щодо середовища їхнього зростання (вода, донні відкладення).

Як видно з табл. 2, коефіцієнт біологічного накопичення металів у водоростях з Кл щодо води (КБНА) у багато разів вищий, ніж коефіцієнт біологічного накопичення металів щодо донних відкладень (КБНД), що пояснюється високим вмістом важких металів у донних відкладах порівняно з водою.

За інтенсивністю концентрування таких елементів, як Cu, Cr, Pb, Cd відносно води і донних відкладень, водорості з гіпергалінного Кл можна розмістити у наступний ряд: *U. implexa* > *C. vulgaris* > *C. siwaschensis* > *U. intestinalis* > *R. tortuosum*.

Таблиця 2. Коefіцієнти біологічного накопичення металів макроводоростями, вилученими з КЛ

Елемент	КБНА					КБНД				
	<i>Cladophora siwasehensis</i>	<i>Rhizoclonium tortuosum</i>	<i>Ulothrix intestinalis</i>	<i>Ulothrix implexa</i>	<i>Chara vulgaris</i>	<i>Cladophora siwasehensis</i>	<i>Rhizoclonium tortuosum</i>	<i>Ulothrix intestinalis</i>	<i>Ulothrix implexa</i>	<i>Chara vulgaris</i>
Cu	27,2	18,5	33,7	195,7	31,44	0,06	0,03	0,09	1,8	0,06
Cr	78,2	30,1	31,9	68,0	36,2	0,7	0,2	0,4	1,1	1,2
Pb	7,6	14,1	1,7	14,2	15,4	0,06	0,08	0,01	0,5	0,11
Cd	4,6	2,4	4,2	4,0	105,2	0,02	0,01	0,02	0,09	0,11
V	7,5	20,6	-	14,4	-	0,71	1,18	-	23,82	-
Mn	34,6	30,0	-	18,2	-	1,62	2,77	-	0,49	-
Al	60,3	18,9	-	0,9	-	1,24	0,79	-	0,02	-
Zn	20,7	52,7	-	3,1	-	0,63	3,42	-	0,15	-
Fe	1,4	20,9	-	-	-	$1,9 \times 10^{-4}$	$3,0 \times 10^{-4}$	-	-	-

Примітка: КБНА — коefіцієнт біологічного накопичення щодо води; КБНД — коefіцієнт біологічного накопичення щодо донних відкладень, "—" — дані відсутні.

Таблиця 3. Коефіцієнти біологічного накопичення металів (КБНА) макроводоростями, вилученими з догливів

Види водоростей	Водний об'єкт	Cu	Cr	Pb	Cd	V	Mn	Al	Zn	Fe
<i>Cladophora sphaerulifera</i>	Канал стоку з Пересипських ставків, ст. 9	173,6	9,9	4,3	4,8	130	10,7	19,8	4,5	0,99
	Канал стоку з Пересипських ставків, ст. 9	448,9	276,4	30,8	8,4	116,9	87,5	188,3	3775,9	-
<i>C. glomerata</i>	рВК	9,5	3,5	2,7	5,3	118,5	10,9	-	-	-
	Струмок, ст. 12'	161,9	48,5	9,1	7,6	6,4	204,7	35,1	9792	-
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>	Канал стоку з Пересипських ставків, ст. 9	140	1569,5	63,5	45,7	-	-	-	-	-
	рВК	185,4	50,3	23,6	9,3	-	54	-	-	-
	Струмок, ст. 12'	183,4	88,8	40,1	10	18,1	3280	-	201,6	3,3
<i>Ullothrix tenerrima</i>	Струмок, ст. 4'	110,0	55,5	24,9	13,9	-	50,3	-	-	-
	Канал стоку з Пересипських ставків, ст. 9	404,8	324,1	25,2	18,2	149,4	358,9	177,8	87091,3	-
	рВК	141,3	168,0	18,2	13,2	-	1,2	-	-	-

Водорості, вилучені з допливів, за інтенсивністю концентрування зазначених елементів (табл. 3) відносно води утворюють наступний регресійний ряд: *S. decimina* > *R. hieroglyphicum* > *U. tenerrima* > *U. clatrata* > *C. glomerata* > *U. implexa* > *U. intestinalis* > *V. dichotoma* > *C. siwaschensis* > *U. zonata*.

Таким чином, найкращими концентраторами хрому серед видів, вилучених з гіпергалінного Кл та допливів, є *C. siwaschensis*, *U. implexa* та *R. hieroglyphicum*, *S. decimina* відповідно, свинцю — *R. tortuosum*, *U. implexa*, *C. vulgaris* та *S. decimina*, *V. dichotoma*, *U. intestinalis* відповідно, міді — *U. implexa* та *S. decimina* відповідно, ванадію — *R. tortuosum* та *S. decimina*, *U. implexa* відповідно, алюмінію — *C. siwaschensis* та *S. decimina*, *U. zonata*, *C. glomerata* відповідно, мангану — *C. siwaschensis*, *R. tortuosum* та *R. hieroglyphicum*, *U. zonata*, *U. tenerrima* відповідно, цинку — *R. tortuosum* та *S. decimina* відповідно, кадмію — *C. vulgaris* та *S. decimina*, *U. intestinalis* відповідно. Це свідчить про здатність окремих видів макроводоростей вибірково акумулювати з води певні елементи.

За середньорічними (2004–2017 рр.) показниками концентрацій мікрокомпонентів у ропі й поверхневому шарі донних відкладень Кл встановлена зворотня кореляція середньої сили між співвідношенням концентрацій у ропі і донних відкладеннях плюмбуму ($r = -0,477$), ванадію ($r = -0,452$) і пряма — цинку ($r = 0,378$) та алюмінію ($r = 0,428$). Встановлена також пряма кореляція від дуже слабкої (0,39) до помірної (0,61) сили між мікроелементами (Cr, Pb, Cd) у таломас водоростей (*R. tortuosum*, *C. siwaschensis*) з Кл і воді лиману та зворотня — від дуже слабкої до слабкої сили для ванадію. Це свідчить про те, що дані про поглинання металу макроводоростями можуть бути корисними для оцінки ризику впливу важких металів або біодоступності під час моніторингу водних екосистем.

Висновки

Наведені концентрації 9 мікроелементів (Al, Mn, Fe, Cu, Cd, Pb, Cr, Zn, V) у сланях зелених (родів *Cladophora* Kütz., *Rhizoclonium* Kütz., *Ulothrix* Kütz., *Ulva* L. emend. Thur.), харових (родів *Spirogyra* L., *Chara* L.) та з класу жовтозелених (роду *Vaucheria* DC.) водоростей, зростаючих у різних районах акваторії (на 14 станціях) гіпергалінного Куяльницького лиману та його основних допливах (р. Великий Куяльник, Пересипських та Корсунцівських ставків, струмків на право- та лівобережжі лиману) в період 2004–2017 рр.

Аналіз коефіцієнтів біоаккумуляції свідчить про ефективний перехід важких металів до макроводоростей переважно з води.

Порівняння сорбційної здатності різних видів водоростей свідчить про те, що водорості *Ulothrix implexa*, *Cladophora siwaschensis* та *Rhizoclonium tortuosum*, вилучені з гіпергалінного Кл, мають високу здатність до накопичення Cu, Mn, Al, Zn, а *C. vulgaris* — Cd. Серед водоростей, вилучених з допливів, найвищу здатність до накопичення Mn виявили *Rhizoclonium hieroglyphicum*, *Ulothrix zonata*, *U. tenerrima* та *Cladophora glomerata*, V, Al, Zn — *Spirogyra decimina*, *Ulothrix tenerrima*, *U. implexa* та *C. glomerata*; Cu, Cr, Pb, Cd — *Spirogyra decimina*. Отже ці види водоростей можна використовувати як біоіндикатори відповідних металів у водному середовищі для оцінки ризику впливу важких металів на екосистему та розробки біотехнологій очищення водного середовища.

Отримані значення вмісту важких металів у воді, донних відкладеннях та макроводоростях інформативно відображають процеси перерозподілу та накопичення ВМ у компонентах екосистеми гіпергалінного Куяльницького лиману та його допливів.

У всіх досліджених видах макроводоростей з родин *Ulothrichaceae*, *Ulvaceae* та *Cladophoraceae* максимум накопичення досліджених важких металів фіксували у водоростях, вилучених з допливів. Але найвищу здатність до накопичення Cu, Cr, Pb, Cd, V, Al, Zn продемонструвала харова водорість *Spirogyra decimina* з родини *Zygnemataceae*.

На накопичення більшості мікроелементів сланями макроводоростей впливають як видоспецифічність, морфоструктура талому, фаза розвитку, так і концентрація мікроелементів у середовищі їхнього зростання та, вірогідно, ефект їхньої взаємодії, гідрохімічні та гідрологічні умови водойми та їхня зміна під впливом кліматичних та антропогенних чинників. Також мікроелементний склад макроводоростей може бути обумовлений співвідношенням та різноманітністю складу мікроводоростей обростань, їх фізіологічним станом.

Враховуючи те, що концентрації токсичних Pb та Cd у зразках *Ulva intestinalis*, *U. clathrata*, *Rhizoclonium tortuosum*, *R. hieroglyphicum*, *Ulothrix tenerrima* та *Cladophora glomerata*, вилучених із гіпергалінного Кл та прісноводних допливів, не перевищували рекомендований для водоростей стандарт, встановлений Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ), вони є потенційно безпечними в якості кормів, а також як сировини для медпрепаратів.

Отримані результати мають теоретичне й практичне значення для підготовки науково-біологічних обґрунтувань використання біоресурсів Кл та засолених водойм у цілому.

Список літератури

- Algae: Reference Book*. 1989. Ed. S.P. Wasser. Kyiv: Nauk. Dumka. 608 p. [*Водоросли: Справочник*. 1989. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Наук. думка. 608 с.]
- Ali H., Khan E., Ilahi I. 2019. Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation. *J. Chem.* 2019. Article ID 6730305: 14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2019/67303>
- Apostoliuk S.O., Dzhygyrey V.S., Sokolovsky I.A. et al. 2012. *Industrial Ecology*. Kyiv: Znannya. 2012. 430 p. [Апостолок С.О., Джигирей В. С., Соколовський І. А. та ін. 2012. *Промислова екологія*. Київ: Знання. 430 с.]
- Bodnar O.I., Vinyarska G.B. 2014. Ecological factors of the aquatic environment in the regulation of physiological processes in algae. In: *Modern achievements of ecology and their implementation in natural science education*. Mat. Sci. method. Sem. (Ternopil, 24 April, 2014). Dep. V. Hnatyuk Ternop. Nat. Univ. Pp. 16–20.
- Boran M., Altinok I. 2010. A Review of Heavy Metals in Water, Sediment and Living Organisms in the Black Sea. *Turk. J. Fisher. Aquat. Sci.* 10: 565–572. <https://doi.org/10.4194/trjfas.2010.0418>
- Çelekli A., Toudjani A.A., Lekesiz H.Ö., Çetin T. 2018. Ecological quality assessment of running waters in the North Aegean catchment with diatom metrics and multivariate approach. *Limnologica*. 73: 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2018.09.001>
- Dehbi M., Dehbi F., Kanjal I., Tahraoui H., Zamouche M., Amrane A., Assadi A., Hadadi A., Mouni L. 2023. Analysis of Heavy Metal Contamination in Macroalgae from Surface Waters in Djelfa, Algeria. *Water*. 15(5): 974. <https://doi.org/10.3390/w15050974>
- Dubyna D.V., Ennan A.A.-A., Dziuba T.P., Vakarenko L.P., Shykhaleyeva G.N., Kiryushkina H.M. 2022. Anthropogenic Transformations of Vegetation in the Kuyalnik Estuary Valley (Ukraine, Odesa District). *Diversity*. 14(12): 1115. <https://doi.org/10.3390/d14121115>
- Ennan A.A.-A., Shykhaleyeva G.M., Tsarenko P.M., Kiryushkina H.M. 2022a. Algorflora of the Kuyalnik Estuary: current state and long-term dynamics. *Algologia*. 32(3): 224–250. [Ennan A.A.-A., Шихалєєва Г.М., Царенко П.М., Кірюшкіна Г.М. 2022a. Альгофлора Куяльницького лиману: сучасний стан і багаторічна динаміка. *Альгологія*. 32(3): 224–250.] <https://doi.org/10.15407/alg32.03.224>
- Ennan A.A., Shykhaleyev I.I., Shykhaleyeva G.N., Adobovsky V.V., Kiryushkina A.N. 2014. Effects of Kuyalnik estuary degradation (Northwest Black Sea Region, Ukraine). *Herald Odes. Nat. Univ.* 3(51): 60–69. [Ennan A.A., Шихалєєв І.І., Шихалєєва Г.М., Адобовський В.В., Кірюшкіна Г.М. 2014. Причини і наслідки деградації Куяльницького лиману (Північно-Західне Причорномор'я, Україна). *Вісн. Одес. нац. ун-ту*. 3(51): 60–69.] [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3\(51\).40404](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3(51).40404)
- Ennan A.A., Shykhaleyeva G.N., Gerasimiyuk V.P., Kiryushkina A.N., Tsarenko P.M. 2019. Algal flora of the Kuyalnik estuary: the history of study and current state. In: *Advances in Modern Phycology: Abstr. VI Int. Conf. (Kyiv, 15–17 May, 2019)*. Kyiv. Pp. 34–36.

- Ennan A.A.-A., Shykhaleyeva G.M., Tsarenko P.M., Kiryushkina H.M., Gerasimiyuk V.P. 2022b. Algofloristic studies of the Kuyalnyk Estuary basin reservoirs (North-Western Black Sea Coast, Ukraine). *Algologia*. 32(2): 105–132. <https://doi.org/10.15407/alg32.02.105>
- Ghori N.H., Ghori T., Hayat M.Q., Imadi S.R., Gul A., Altay V., Ozturk M. 2019. Heavy metal stress and responses in plants. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 16(3): 1807–1828. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02215-8>
- Geng N., Xia Y., Li D., Bai F., Xu C. 2024. Migration and Transformation of Heavy Metal and Its Fate in Intertidal Sediments: A Review. *Processes*. 12(2): 311. <https://doi.org/10.3390/pr12020311>
- Gerasimiyuk V.P., Ennan A. A.-A., Shykhaleyeva G.M. 2020. *Encyclopedia of Kuyalnyk Estuary*. Vol. 2. *Algae*. Eds P.M. Tsarenko, A.A.-A. Ennan. Odesa: Astroprint. 446 p. [Герасимюк В.П., Еннан А. А.-А., Шихалєєва Г. М. 2020. *Енциклопедія Куяльницького лиману*. Т. 2. *Водорості*. Одеса: Астропрінт. 446 с.]
- Guiry G.M., Guiry M.D. 2025. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Hryshko V.M., Syshchykov D.V., Zubrovska O., Danulchuk O., Mashtaler N.V. 2012. Heavy metals: entry into soil, translocation in plants and environmental safety. Donetsk: Donbas. 304 p. [Гришко В.М., Сишиков Д.В., Зубровська О., Данильчук О., Машталер Н.В. 2012. *Важкі метали: надходження в ґрунт, транслокація у рослинах та екологічна безпека*. Донецьк: Донбас. 304 с.]
- Hussein I.A.-Sh., Amr M.I. 2023. Accumulation of Heavy Metals by Bitter Lakes Macro- Algae in Egypt: Environmental Bioindicator. *Res. Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3033494/v1>
- Ismukhanova L., Madibekov A., Opp C., Sultanbekova B., Zhadi A. 2025. Accumulation and Migration of Heavy Metals in Hydrobionts of Lake Markakol, Kazakhstan. *Ann. Aquac. Res.* 7(1): 1050.
- Khristoforova N.K. 1989. Bioindication and monitoring of heavy metal pollution in marine waters. Leningrad: Nauka. 192 p. [Христофорова Н.К. 1989. Биондикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Ленинград: Наука. 192 с.]
- Manev I., Kirov V., Neshovska H. 2020. Heavy metals accumulation in Black sea ecosystems: seawater, sediment, algae, benthic organisms. *Trad. Modern. Vet. Med.* 5(2(9): 88–99. *Methods of hydroecological research of surface waters*. Eds O.M. Arsan, O.A. Davydov, T.M. D'yachenko et al. 2006. Kyiv: LOGOS. 408 p. [Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. Ред. О.М. Арсан, Давидов О.А., Дьяченко Т.М. та ін. 2006. Київ: ЛОГОС. 408 с.]
- Nagajyoti P.C., Lee K.D., Sreekanth T.V.M. 2010. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ. Chem. Lett.* 8(3): 199–216. <https://doi.org/10.1007/s10311-010-0297-8>
- Nikanorov A.M., Zhulydov A.V. 1991. *Biomonitoring of metals in freshwater ecosystems*. Leningrad: Hydrometeoizdat. 309 p. [Никаноров А.М., Жулидов А.В. 1991. *Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах*. Ленинград: Гидрометеоиздат. 309 с.]

- Rajfur M., Kłos A. 2013. Sorption of heavy metals in the biomass of alga *Palmaria*. *Water Sci. Technol.* 68(7): 1543–1549. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.400>
- Sauliūtė G., Stankevičiūtė M., Svecevičius G., Baršienė J., Valskienė R. 2017. *Assessment of heavy metals bioconcentration factor (BCF) and genotoxicity response induced by metal mixture in *Salmo salar* tissues*: Mat. Conf. Environ. Eng. Vilnius (Lithuania): Gedimin. Techn. Univ. Press. <https://doi.org/10.3846/enviro.2017.043>
- Shamshad I., Khan S., Waqas M., Ahmad N., Rehman K.U., Khan K. 2015. Removal and bioaccumulation of heavy metals from aqueous solutions using freshwater algae. *Water Sci. Technol.* 71(1): 38–44. <https://doi.org/10.2166/wst.2014.458>
- Shykhaleyeva G.N., Kiryushkina G.M. 2025. The content of heavy metals (Cu, Cr, Pb, Cd) in the thalli of *Ulva intestinalis* of the hyperhaline Kuyalnyk estuary and its tributaries. In: *Global trends in science and education*. Proc. 5th Int. sci. pract. conf. Kyiv. Pp. 433–439.
- Shykhaleyeva G.M., Ennan A.A.-A., Tsarenko P.M., Kiryushkina G.M. 2023. Analysis of the Influence of Abiotic Factors on the Development of Microalgae in the Hyperhaline Kuyalnyk Estuary (The Black Sea Northwestern Coast, Ukraine). *Hydrobiol. J.* 59(5): 3–14.
- Shykhaleyeva G.M., Ennan A.A., Chursina O.D., Shykhaleyev I.I., Yurchenko Yu.Yu. 2017. Ecological and geochemical assesement of Kuyalnik Estuary. *G.S. Skovoroda Khark. Nat. Ped. univ.* 19: 199–207. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1109596>
- Shykhaleyeva G.M., Ennan A.A.-A., Tsarenko P.M., Tsarenko O.M., Kiryushkina G.M. 2021. In: *Encyclopedia of Kuyalnyk Estuary*. Vol. 4. *Medicinal plants*. Kyiv: Education of Ukraine. 400 p. [Шихалєєва Г.М., Еннан А.А.-А., Царенко П.М., Царенко О.М., Кірюшкіна Г.М. 2021. В кн.: *Енциклопедія Куяльницького лиману*. Т. 4. *Лікарські рослини*. Київ: Освіта України. 400 с.]
- Shykhaleyeva G.N., Ennan A.A., Gerasimyuk V.P., Chursina O.D., Babinets' S.K., Kiryushkina G.M. 2010. Bioindication of heavy metals by the macroalgae of Kuyal'nik estuary (North-Western Prichernomor'ya). *Sci. Not. Tern. Nat. Ped. Univ.* 3(44): 317–320. [Шихалєєва Г.М., Еннан А.А., Герасимюк В.П., Чурсіна О.Д., Бабінець С.К., Кірюшкіна Г.М. 2010. Біоіндикація важких металів макроводоростями Куяльницького лиману (Північно-Західне Причорномор'я). *Наук. зап. Терн. нац. пед. ун-ту*. 3(44): 317–320.]
- Shykhaleyeva G.M., Ennan A.A., Chursina O.D., Shykhaleyev I.I., Kiryushkina G.M., Kuzmina I.S. 2013. Long-term dynamics of the water-salt regime of the Kuyalnyk Estuary. *Visn. Odes. Nat. Univ.* 18.3(47): 67–78. [Шихалєєва Г.М., Еннан А.А., Чурсіна О.Д., Шихалєєв І.І., Кірюшкіна А.Н., Кузьміна І.С. 2013. Многолетняя динамика водно-солевого режима Куяльницького лимана. *Вісн. Одес. нац. ун-ту*. 18.3(47): 67–78.]
- Shcherbachenko O.I. 2014. The heavy metals as toxic factor of environmental pollution. Stability and adaptation of plants to heavy metals stress. *Sci. not. State Nat. Hist. Museum. Lviv.* 30: 157–182. [Щербаченко О.І. 2014. Важкі метали як токсичний фактор забруднення природного середовища, стійкість і адаптація рослин до їх впливу. *Наук. зап. Держ. природознав. музею*. Львів. 30: 157–182.]

- Soltani S., Saadatmand S., Khavarinejad R., Nejadstari T. 2011. Antioxidant and antibacterial activities of *Cladophora glomerata* (L.) Kütz in Caspian Sea Coast, Iran. *Afr. J. Biotechnol.* 10: 7684–7689.
- Topchiiy N.M. 2010. Effect of heavy metals on photosynthesis. *Physiology and biochemistry of cultivated plants.* 42(2): 95–106. [Топчій Н.М. 2010. Вплив важких металів на фотосинтез. *Физиол. и биохим. культ. раст.* 42(2): 95–106.]
<https://nasplib.isofts.kiev.ua/handle/123456789/66268>
- Torres M.A., Barros M.P., Campos S.C.G., Pinto E., Rajamani S., Sayre R.T., Colepicolo P. 2008. Biochemical biomarkers in algae and marine pollution: A review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 71(1): 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.05.009>
- Utomo H.D., Tan K.X.D., Choong D., Yu J., Ong J., Lim Z. 2016. Biosorption of Heavy Metal by Algae Biomass in Surface Water. *J. Environ. Protect.* 7(11): 1547–1560. <https://doi.org/10.4236/jep.2016.711128>

Shykhaleyeva G.M. ¹ (<http://orcid.org/0000-0002-1475-4415>)

Kiryushkina H.M. ¹ (<http://orcid.org/0000-0003-4445-9879>)

Gerasimyuk V.P. ² (<http://orcid.org/0000-0002-9199-9854>)

¹ Physical-Chemical Institute for Human Health and Environment Protection of the Odesa I.I. Mechnikov National University,
18 Preobrazhenska Str., Odesa 65082, Ukraine

² Odesa I.I. Mechnikov National University, Department of Botany,
Physiology of Plants and Horticulture,
2 Vsevolod Zmienko Str., Odesa 65026, Ukraine

Features of microelements accumulation in macroalgae of the coastal area of the Kuyalnyk Estuary and its tributaries (North-Western Black Sea, Ukraine)

The article presents the concentrations of a number of trace elements (Al, Mn, Fe, Cu, Cd, Pb, Cr, Zn, V) in thalli of representatives *Chlorophyta* (genera *Cladophora* Kütz., *Rhizoclonium* Kütz., *Ulotrix* Kütz., *Ulva* L. emend. Thur.), *Charophyta* (genera *Spirogyra* L., *Chara* L.) and *Xanthopyta* (genus *Vaucheria* DC.) algae in different areas of the water area (at 14 stations) of the hyperhaline Kuyalnyk Estuary and its main tributaries (the Velikiy Kuyalnyk River, Peresytsky and Korsuntsivskyi ponds, streams on the right and left banks of the estuary) in the period of 2004–2017. Based on the results of synchronous studies of the content of metals in the thalli of macroalgae and their environment (water and bottom sediments), the accumulative ability of the studied macroalgae concerning the specified number of metals was revealed as well as statistically significant correlations between the concentrations of individual metals in the thalli of green algae,

water, and bottom sediments. It has been shown that the accumulation of most trace elements by macroalgae thalli is influenced both by species specificity, the morphostructure of the thallus, and the concentration of trace elements in their growth environment, and probably the effect of their interaction, hydrochemical and hydrological conditions of the reservoir.

K e y w o r d s: microelements, macroalgae, water, bottom sediments, Kuyalnyk Estuary, inflows

Citation. Shykhaleyeva G.M., Kiryushkina H.M., Gerasimiyuk V.P. 2025. Features of microelements accumulation in macroalgae of the coastal area of the Kuyalnyk Estuary and its tributaries (North-Western Black Sea, Ukraine). *Algologia*. 35(4): 271–298. <https://doi.org/10.15407/alg35.04.271>

ТКАЧЕНКО Ф.П. ¹* (<https://orsid.org/0000-0001-5769-5120>)

КАСЬЯНОВ Є.О. ² (<https://orsid.org/0009-0004-7690-8450>)

¹ Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
вул. Володимира Змієнка, 2, Одеса 65058, Україна

² Національний природний парк «Білобережжя Святослава»,
вул. Лоцманська, 3, м. Очаків 57508, Миколаївська обл., Україна

* Адреса для листування: tvf@ukr.net

ВОДРОСТІ-МАКРОФІТИ ПРИБЕРЕЖЖЯ КІНБУРНЬСЬКОЇ КОСИ ТА ЇЇ ВНУТРІШНІХ ОЗЕР (НПП «БІЛОБЕРЕЖЖЯ СВЯТОСЛАВА», УКРАЇНА)

Реферат. Досліджено видову різноманітність водоростей-макрофітів прибережжя та внутрішніх озер Кінбурнської коси Чорного моря в межах НПП «Білобережжя Святослава». Альгологічні проби відбирали у вегетаційні періоди 2019–2021 рр. Виявлено 53 види водоростей-макрофітів із 33 родів, 23 родин, 17 порядків, 7 класів і 4 відділів. Найрізноманітніше були представлені *Chlorophyta* (42,6%), друге місце посідали *Rhodophyta* (40,7%), третє — *Heterocontophyta* (*Phaeoeruptae*) (13,1%). Частка *Charophyta* становила лише 3,6%. Домінуючими родинами за кількістю видів серед червоних водоростей були *Ceramiales* та *Rhodomelales*, а серед зелених — *Cladophorales* та *Ulvales*. Найбільш схожим за флористичною структурою виявився макрофітобентос прибережжя Чорного моря та Ягорлицької затоки. За географічним розподілом у складі бентосних водоростевих угруповань переважали бореальна та космополітна групи, за частотою трапляння — ведучі та рідкісні види, за тривалістю вегетації — однорічні види, за відношенням до органічного забруднення — мезо- та олігосапоби. Досить високе таксономічне різноманіття макроводоростей різних екоотопів і наявність ряду рідкісних видів свідчать про те, що парк «Білобережжя Святослава» виконує свою важливу природоохоронну функцію.

Ключові слова: водорості-макрофіти, таксономічне різноманіття, еколого-географічні характеристики, НПП «Білобережжя Святослава», Чорне море

Надійшла до редакції 14.07.2025. Після доопрацювання 18.08.2025. Підписана до друку 22.09.2025.
Опублікована 10.12.2025

Ц и т у в а н н я . Ткаченко Ф.П., Касьянов Є.О. 2025. Водорості-макрофіти прибережжя Кінбурнської коси та її внутрішніх озер (НПП «Білобережжя Святослава», Україна). *Альгологія*. 35(4): 299–310.
<https://doi.org/10.15407/alg35.04.299>

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

Вступ

У прибережних частинах водойм макрофітобентос є основним продуцентом органічних речовин завдяки процесу фотосинтезу. Макроскопічні водорості разом з водними квітковими рослинами виконують дуже важливу формуючу роль у середовищі існування. Вони змінюють хімічні показники водного середовища, насичують його киснем і визначають екологічний стан (Tkachenko et al., 2008).

Національний природний парк (НПП) «Білобережжя Святослава» займає західну частину Кінбурнського п-ва. Загальна площа парку становить 35223 га, а його водна складова — близько 25000 га (Moisiyenko, 2012). Це прилегло до Кінбурнської коси акваторії Ягорлицької затоки моря, Чорного моря, Дніпро-Бузького лиману та солоні й солонуваті озера в межах коси.

Відомостей про водну рослинність прибережних вод Кінбурнської коси небагато, в основному вони стосуються Ягорлицької затоки. Ці дані уривчасті та значною мірою застарілі (Pogrebnyak, Pashkovska, 1966; Kalugina-Gutnik, 1975; Tkachenko, Maslov, 2002; Korolesova, 2015). До того ж інформація представлена сумарно разом з Тендрівською затокою. В зазначених роботах згадувалися близько 90 видів водоростей-макрофітів. Ціленаправлені дослідження альгофлори водойм парку були розпочаті в 2019 р. (Tkachenko, Gerasimyuk, 2020; Tkachenko, 2021; Gerasimyuk, 2022; Terenko et al., 2022).

У 2023 р. досліджувані акваторії зазнали негативного впливу штучного водопілля в результаті підриву Каховської ГЕС. Збільшилася концентрація забруднюючих речовин у воді й погіршилась якість поверхневих вод, про що свідчать порівняння результатів хімічного аналізу до та після катастрофи. У 2023 р. у річковій і морській воді було виявлено 106 органічних забруднювачів (переважно пестицидів і продуктів їхнього розпаду) в значно вищих концентраціях, ніж у 2020 р. З'явилася нова забруднююча речовина — залишок вибухової речовини 4-нітротолуолу. Концентрації таких металів, як мідь, миш'як та цинк, у деяких пробах перевищували порогові значення токсичності (Minicheva et al., 2024). Безумовно, ці гідрохімічні зміни будуть пригнічувати розвиток гідробіонтів. Тому отримані нами довоєнні результати щодо макрофітобентосу представляють значний інтерес для подальшого екологічного моніторингу цих заповідних акваторій.

Метою нашої роботи було вивчення видового різноманіття водоростей-макрофітів та вищих водних рослин прибережжя Кінбурнської коси та її внутрішніх озер у межах НПП «Білобережжя Святослава» та

спроба за їхнім складом оцінити екологічний стан прибережних акваторій парку.

Матеріали та методи

Зразки макрофітів відбирали за загальноприйнятою методикою (Kalugina-Gutnik, 1975; Algae..., 1989) на глибині 0,5–2,5 м у вегетаційні періоди (квітень–листопад) 2019–2021 рр. на 12 основних станціях моніторингу в чотирьох типах акваторій (рис. 1), а саме:



Рис. 1. Карта-схема Кінбурнського півострова та його прибережжя

прибережжі Дніпро-Бузького лиману (причал «Римби» координати N 46° 32' 21" і E 31° 38' 11", біля с. Покровське N 46° 32' 11" і E 32° 36' 25", біля с. Василівка N 46° 31' 15" і E 31° 49' 46"; морському прибережжі (біля коси Кінбурнська стрілка N 46° 32' 54" і E 31° 32' 4", морпункт N 46° 31' 24" і E 31° 34' 31", навпроти рекреаційного пункту «Катран» N 46° 31' 12" і E 31° 34' 56"); прибережжі Ягорлицької затоки (навпроти оз. Ракушне N 46° 29' 16" і E 31° 45' 39", біля с. Покровка N 46° 28' 18" E 31° 34' 56", навпроти оз. Черніно N 46° 28' 00" і E 31° 41' 57"); на внутрішніх озерах Кінбурнського п-ва (оз. Солоне N 46° 31' 37" і E 31° 41' 11", оз Черніно N 46° 28' 02" і E 31° 41' 55", оз. Серьогіне N 46° 30' 57" і E 31° 37' 23").

Додатково проби були зібрані в Атерлицьких і Гуриних озерах та низці безіменних озер на узбережжі моря навпроти рекреаційного пункту «Сосновий бір», у Дніпро-Бузькому лимані навпроти Бієнкової заплави і в самій заплаві, в Ягорлицькій затоці на підводних спорудах непрацюючого

мідієвого господарства. Ґрунти в прибережжі Кінбурнської коси (Ягорлицька затока і Чорне море) піщані, а зі сторони Дніпро-Бузького лиману і внутрішніх озерах коси — мулисто-піщані, тому макроводорості розташовувалися тут лише на стулках молюсків, або на штучних твердих субстратах, а також траплялися у вільно плаваючому стані. В інші місяці посезонно збір зразків здійснювали співробітники парку Касьянов Є.О., Чаус В.Б. і Макауцан О.Є. Проби заморожували й передавали в ОНУ імені І.І. Мечникова для подальшої обробки. Зразки водоростей, які були в задовільному стані, гербаризували.

Під час дослідження відібрано та оброблено 93 якісні проби макрофітобентосу. Видовий склад водоростей і вищі рослини ідентифікували за відомими літературними джерелами (Zinova, 1967; Dobrochaeva et al., 1987; Junger et al., 1993; Borisova et al., 2016).

Мікроскопіювання зразків водоростей здійснювали на світловому мікроскопі Carl Zeiss RF 2 (Німеччина). Номенклатура водоростей наведена відповідно до *AlgaeBase* (Guri, Guri, 2025). Еколого-флористична та фітогеографічна характеристики видів водоростей наведені згідно з даними А.А. Калугіної-Гутник (Kalugina-Gutnik, 1975).

Результати та обговорення

Всього за період досліджень у прибережних акваторіях і внутрішніх озерах НПП «Білобережжя Святослава» виявлено 53 види водоростей-макрофітів (див. таблицю).

Виявлені види водоростей-макрофітів входили до складу 33 родів, 23 родин, 17 порядків, 7 класів та 4 відділів. Найрізноманітніше були представлені *Chlorophyta* (42,6%), друге місце посідали *Rhodophyta* (40,7%), третє — *Heterokontophyta* (*Phaeophyceae*) (13,1%). Частка *Charophyta* становила 3,6%.

Домінуючими родинами за кількістю видів серед червоних водоростей виявилися *Ceramiales* і *Rhodomelales*, серед зелених — *Cladophorales* та *Ulvales*. Найбільш подібним за флористичною структурою був макрофітобентос прибережжя Чорного моря та Ягорлицької затоки.

Крім водоростей-макрофітів, у донних фітоценозах водойм парку досить широко були представлені деякі синьозелені водорості, зокрема: *Scytonematopsis crustacea* (Thuret ex Bornet & Flahault) Koválik & Komárek, *Calothrix scopulorum* C.Agardh ex Bornet et Flahault, *Lyngbya aestuarii* Liebman ex Gomont та *Oscillatoria corallinae* Gomont ex Gomont. Вони утворювали або значні за площею донні плівки, або обростали інші водорості та вищі водні рослини.

Таблиця. Видовий склад водоростей-макрофітів, виявлених у прибережжі НПП «Білобережжя Святослава» (2019–2021 рр.)

Таксон	Прибережжя			Озера Кінбурнського п-ва
	Чорного моря	Ягорлицької затоки	Дніпро-Бузького лиману	
<i>Gongolaria barbata</i> (Stackh.) Kuntze	+	–	–	–
<i>Desmarestia viridis</i> (O.F.Müller) J.V.Lamour.	+	–	–	–
<i>Ectocarpus fasciculatus</i> Harvey	+	–	–	–
<i>E. siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngb.	+	+	–	–
<i>Pleurocladia lacustris</i> A.Braun	–	–	+	–
<i>Punctaria latifolia</i> Greville	+	–	–	–
<i>Striaria attenuata</i> (Greville) Greville	+	–	–	–
<i>Acrochaetium secundatum</i> (Lyngbye) Nageli	+	+	–	–
<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye	+	+	–	–
<i>Carradoriella denudata</i> (Dillwyn) Savoie & G.W.Saunders	+	–	–	–
<i>Ceramium arborescens</i> J.Agardh	+	+	–	–
<i>C. deslongchampsii</i> Chauvin ex Duby	+	–	–	–
<i>C. diaphanum</i> (Ligthf.) Roth	+	–	–	–
<i>C. siliquosum</i> var. <i>elegans</i> (Roth) G.Furnari	+	–	+	–
<i>C. virgatum</i> Roth	+	+	–	–
<i>Chondria capillaris</i> (Hudson) M.J.Wynne	+	+	–	–
<i>C. dasyphylla</i> (Woodward) C.Agardh	+	+	–	–
<i>Chroodactylon wolleanum</i> Hansgirg	+	–	–	–
<i>Dasya pedicellata</i> (C.Agardh) J.Agardh	+	–	–	–
<i>Grania efflorescens</i> (J.Agardh) Kylyn	+	–	–	–
<i>Hydrolithon farinosum</i> (J.V.Lamouroux) Penrose & Y.M.Chamberlain	+	+	–	–
<i>Leptosiphonia fibrillosa</i> (C.Agardh) Savoie & G.W.Saunders]				
<i>Lomentaria clavellosa</i> (Lightfoot ex Turner) Gaillon	+	–	–	–
<i>Lophosiphonia obscura</i> (C.Agardh) Falkenberg	+	–	–	–

<i>Polysiphonia breviararticulata</i> (C.Agardh) Zanardini		+		
<i>P. elongata</i> (Hudson) Sprengel	+	+	-	-
<i>P. sanguinea</i> (C.Agardh) Zanardini	+	+	-	-
<i>Pyropia leucosticta</i> (Thuret) Neefus et J.Brodie	+	-	-	-
<i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) K.M.Drew	+	-	-	-
<i>Vertebrata subulifera</i> (C.Agardh) Kuntze	+	-	-	-
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C.Agardh	+	+	-	-
<i>B. hypnoides</i> J.V.Lamouroux	+	-	-	-
<i>Bulbochaete setigera</i> C.Agardh ex Hirn	-	-	-	+
<i>Chaetomorpha tortuosa</i> (Dillwyn) Kleen	+	+	-	-
<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kütz.	+	-	-	-
<i>C. fracta</i> (O.F.Müller ex Vahl) Kütz.	-	-	+	-
<i>C. glomerata</i> (L.) Kütz.	-	-	+	-
<i>C. laetevirens</i> (Dillw.) Kütz.	+	+	-	-
<i>Cladophora sericea</i> (Hudson) Kütz.	+	-	-	-
<i>C. siwaschensis</i> K.I.Meyer	-	-	-	+
<i>C. vadorum</i> (J.E.Areschoug) C.Hoek	+	+	-	-
<i>C. vagabunda</i> (L.) Kütz.	+	+	-	-
<i>Gayralia oxysperma</i> (Kütz.) K.L.Vinogradova ex Sxagel et al.	-	-	+	-
<i>Percursaria percursa</i> (C.Agardh) Rosenvinge	-	-	+	+
<i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harvey	-	+	-	+
<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thuret	+	+	-	-
<i>U. implexa</i> (Kütz.) Kütz.	+	+	+	-
<i>Ulva compressa</i> L.	+	+	+	+
<i>U. flexuosa</i> Wulfen	+	+	+	+
<i>U. intestinalis</i> L.	+	+	+	+
<i>U. rigida</i> C.Agardh	+	-	-	-
<i>Ulvella scutata</i> (Reinke) R.Nielsen, C.J.O'Kelly & B.Wysor	-	+	-	-
<i>U. viridis</i> (Reinke) R.Nielsen, C.J.O'Kelly & B.Wysor	-	+	-	-
<i>Chara uzbekistanica</i> Hollerb.	-	-	-	+
<i>Lamprothamnium papulosum</i> (Wallroth) J.Groves	-	+	-	-
Загалом	41	25	10	8

Важливу формуючу середовище роль у прибережжі різнотипних водойм парку виконували також водні судинні рослини: *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande, *Stuckenia pectinata* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Zosterella noltei* Hornemann, *Zostera marina* L., *Ceratophyllum tanaiticum* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Iris pseudacorus* L., *Typha angustifolia* L., види роду *Carex* L. та інші (всього 14 видів). Вони були поширені в основному уздовж узбережжя Дніпро-Бузького лиману та внутрішніх озер Кінбурнської коси. Цікавими з екологічної точки зору є внутрішні озера Кінбурнської коси. Всього їх налічується понад 800, а в межах парку — 300. Вони мілководні (0,2–1,0 м), різні за площею, наповнені муловими відкладеннями, в основному ізольовані. Влітку більшість з них пересихає. Солоність озер у прибережжі лиману становила 5,23‰, у лимані — 4,53‰. Уздовж берега моря і Ягорлицької затоки солоність води складала 13–14‰, у пов'язаних з ними озерах весною — 24‰, а до осені зростала до 63,5‰. В таких умовах тут розвивалися лише толерантні зелені водорості (*Percursaria percursa*, *Rhizoclonium tortuosum*, *Cladophora siwaschensi*) і синьозелені (*Lyngbya aestuarii*) (Ткаченко, Касьянов, 2022).

За географічним розподілом у складі досліджуваних бентосних водоростевих угруповань домінували бореальна та космополітна групи (рис. 2, А). У фітоценозах переважали провідні та рідкісні види (рис. 2, Б). За періодом і тривалістю вегетації найчисельнішими були однорічні та сезонні літні види водоростей (рис. 2, В). За ставленням до органічного забруднення домінували мезо- і олігосапоби (рис. 2, Г).

Такі характеристики водоростей-макрофітів є типовими для прибережних районів Чорного моря (Kalugina-Gutnik, 1975). Національний природний парк покликаний зберігати природне видове різноманіття рослин і тварин. При цьому особлива увага приділяється видам, занесеним до Червоної книги України (Red..., 2009). Заслугує на увагу знахідка рідкісних видів бурих водоростей, таких як: *Pleurocladia lacustris* і *Punctaria latifolia*, червоних — *Chroodactylon wolleanum*, *Stylonema alsidii* і *Lophosiphonia obscura*, зелених — *Cladophora vadorum* і *C. siwaschensis* та харової *Lamprothamnium papulosum*, які занесені до Червоної книги України. Науковий інтерес також представляють виявлені нові локалітети регіонально рідкісних водоростей: *Gongolaria barbata*, *Chara uzbekistanica*, *Percursaria percursa*, *Bulbochaete setigera* та *Gayralia oxysperma*. Викликає занепокоєння масове поширення адвентивного виду бруї водорості *Desmarestia viridis*, яка, вочевидь, займає нішу зникаючої *G. barbata*.

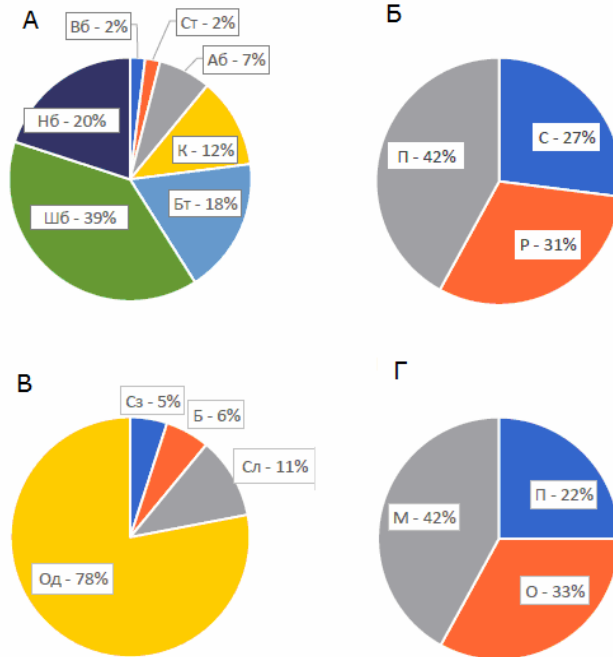


Рис. 2. Еколого-флористичний і фітогеографічний аналіз флори водоростей-макрофітів прибережжя Кінбурнської коси та її внутрішніх озер: А — фітогеографічний склад (ШБ — широкобореальні, НБ — нижньобореальні, Бт — бореально-тропічні, К — космополіти, Вб — верхньобореальні, Ст — субтропічні, Аб — арктобореальні); Б — частота трапляння (П — провідні, С — супутні, Р — рідкісні); В — за періодом і тривалістю вегетації (Сл — сезонні літні, Сз — сезонні зимові, Од — однорічники, Б — багаторічники); Г — сапробіонтий склад (М — мезосапроби, О — олігосапроби, П — полісапроби)

Висновки

У результаті проведених досліджень макрофітобентосу водойм НПП «Білобережжя Святослава» виявлено 53 види водоростей-макрофітів із 33 родів, 23 родин, 17 порядків, 7 класів та 4 відділів. Найрізноманітніше були представлені *Chlorophyta* (42,6%), друге місце посідали *Rhodophyta* (40,7%), третє — *Heterokonthophyta* (*Phaeoecyceae*) (13,1%). Частка *Charophyta* становила 3,6%. Домінуючими родинами за кількістю видів серед червоних водоростей виявилися *Ceramiales* та *Rhodomelales*, серед зелених — *Cladophorales* та *Ulvales*. Найбільш подібним за флористичною структурою був макрофітобентос прибережжя Чорного моря та його Ягорлицької затоки. За географічним розподілом у складі бентосних водоростевих угруповань переважали бореальна й космополітна групи, за частотою трапляння — ведучі та рідкісні види, за тривалістю вегетації — однорічні, а за відношенням до органічного забруднення — мезо- та олігосапроби.

Співвідношення відділів водоростей у морському прибережжі парку відповідає такому для Чорного моря. Заслуговує на увагу знахідка рідкісних видів бурих водоростей: *Pleurocladia lacustris* і *Punctaria latifolia*, червоних: *Chroodactylon wolleanum*, *Stylonema alsidii* та *Lophosiphonia obscura*, зелених *Cladophora vadorum* і *C. siwaschensis* та харової *Lamprothamnium papulosum*, які занесені до Червоної книги України. Науковий інтерес представляють також виявлені нові локалітети регіонально рідкісних видів водоростей: *Gongolaria barbata*, *Chara uzbekistanica*, *Percursaria percursa*, *Bulbochaete setigera* та *Gayralia oxysperma*.

Список літератури

- Algae: Reference Book*. 1989. Eds S.P. Wasser. Kyiv: Nauk. Dumka. 608 p. [Водоросли: Справочник. Под ред. С.П. Вассера. 1989. Київ: Наук. думка. 608 с.]
- Borisova O.V., Palamar-Mordvinceva G.M., Tsarenko P.M. 2016. *Flora algae of Ukraine*. Vol. 12. *Charophytes*. Issue 2. Kyiv. 282 p. [Борисова О.В., Паламар-Мордвинцева Г.М., Царенко П.М. *Флора водоростей України*. Т. 12. *Харофітові водорості*. Вип. 2. Київ. 282 с.]
- Dobrochaeva D.N., Kotov M.I., Prokudin Yu M et al. 1987. *Identification manual of the high plants of Ukraine*. Kyiv: Nauk. Dumka. 547 p. [Доброчаева Д.Н., Котов М.И., Прокудин Ю.Н. и др. 1987. *Определитель высших растений Украины*. Киев: Наук. думка. 547 с.]
- Gerasimyuk V.P. 2022. Microscopic algae reservoirs of Kinburn peninsula (NNP «Biloberejja Sviatoslava», Ukraine). *Algologia*. 32(1): 20–34. [Герасимюк В.П. 2022. Мікроскопічні водорості водойм Кінбурнської піщаної коси (НПП «Білобережжя Святослава», Україна). *Альгологія*. 32(1): 20–34.] <https://doi.org/10.15407/alg32.01.020>
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2025. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway.
- Junger V.P., Moshkova N.O. 1993. *Identification manual of the fresh water algae of Ukraine*. VII. *Oedogoniales*. Kyiv: Nauk. Dumka. 412 p. [Юнгер В.П., Мошкова Н.О. 1993. *Визначник прісноводних водоростей України*. VII. *Едогонієві водорості – Oedogoniales*. Київ: Наук. думка. 412 с.]
- Kalugina-Gutnik A.A. 1975. *Phytobenthos of the Black Sea*. Kyiv: Nauk. Dumka. 247 p. [Калугина-Гутник А.А. 1975. *Фитобентос Чорного моря*. Київ: Наук. думка. 247 с.]
- Korolesova L.L. 2015. Biocenosis of charophytes algae how importance element costal ecosystems (on example of Tendrovsky and Yagorlitsky bays of Black Sea). *Bull. ONU. Ser.: Geogr. Geol. Sci.* 20(1): 135–143. [Королесова Д.Д. 2015. Биоценоз харовых водорослей как важный элемент прибрежных экосистем (на примере Тендровского и Ягорлыцкого заливов Черного моря). *Вісн. ОНУ. Сер.: Геогр. та геол. науки*. 20(1): 135–143.]
- Minicheva G.G., Garkusha O.P., Kalashnik K.S., Marynets G.V., Sokolov E.V. 2024. Reaction of planktonic and benthic algae in the Black Sea to the consequences of the destruction of the

- Kahovska Reservoir dam on the Dnipro River (Ukraine). *Algologia*. 34(2): 104–129. [Мінічева Г.Г., Гаркуша О.П., Калашнік К.С., Маринець Г.В., Соколов Є.В. 2024. Реакція водоростей планктону та бентосу Чорного моря на наслідки руйнування греблі Каховського водосховища на р. Дніпро (Україна). *Альгологія*. 2024. 34(2): 104–129.] <https://doi.org/10.15407/alg34.02.104>
- Moisiyenko I.I. 2012. NNP «Biloberejja Sviatoslava». In: *Phytodiversity of nature reserves and national nature parks of Ukraine*. Pt. 2. *National Nature Parks*. Kyiv: Phytosociocentre. Pp. 27–43. [Мойсієнко І.І. 2012. НПП «Білобережжя Святослава». У кн.: *Фіто-різноманіття заповідників і національних природних парків України*. Ч. 2. *Національні природні парки*. Київ: Фітосоціоцентр. С. 27–43.]
- Pogrebnyak I.I., Pashkovska N.M. 1966. Bottom plants of Yagorlitsky bay of Black Sea. In: *XXI scientific conference biology and geography faculty's in OSU*. Abstracts rep. (Odesa, 30 March–5 Apr., 1966). Odesa: Odesa Univ. Publ. Pp. 73–74. [Погребняк І.І., Пашковська Н.М. 1966. Донна рослинність Ягорлицької затоки Чорного моря. У кн.: *XXI наукова конференція біологічних та географічних факультетів в ОДУ*. Тези доп. (Одеса, 30 бер.–5 кв. 1966 р.). Одеса: Вид-во ОДУ. С. 73–74.]
- Terenko G.V., Tkachenko F.P., Gerasimyuk V.P. 2022. Phytoplankton of costal complex reservoirs of National Nature Park «Biloberejja Sviatoslava» (Ukraine). *Hydrobiol. J.* 58(2): 45–56. [Теренко Г.В., Ткаченко Ф.П., Герасимюк В.П. 2022. Фітопланктон прибережного комплексу водойм Національного природного парку «Білобережжя Святослава» (Україна). *Гідробіол. журн.* 58(2): 45–56.]
- Tkachenko F.P. 2021. A new find of *Pleurocladia lacustris* A. Braun (*Phaeophyceae*) in Dniπρο estuary of the Black Sea (Ukraine). *Algologia*. 31(1): 74–79. [Ткаченко Ф.П. 2021. Нова знахідка *Pleurocladia lacustris* A. Braun (*Phaeophyceae*) у Дніпровському лимані Чорного моря (Україна). *Альгологія*. 31(1): 74–79.]
- Tkachenko F.P., Gerasimyuk V.P. 2020. Algorflora of Yagolitsky Bay of the Black Sea (Kinburn peninsula, NNP «Biloberejja Sviatoslava»). In: *Monitoring and conservation biodiversity in Ukraine. Plants and fungi*. Issue 16. Vol. 1. Kyiv; Chernivtsi: Druk Art. 280 p. [Ткаченко Ф.П., Герасимюк В.П. 2020. Альгофлора Ягорлицької затоки Чорного моря (Кінбурнська коса, НПП «Білобережжя Святослава»). У кн.: *Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні. Рослинний світ та гриби*. Вип. 16. Т. 1. Київ; Чернівці: Друк Арт. 280 с.]
- Tkachenko F.P., Kasjanov Ye.O. 2022. Reveal rare species of green algae *Percursaria percursa* in salty lakes Kinburn peninsula (NNP "Biloberejja Sviatoslava"). In: *Modern research in world science*. Proc. III Int. sci. pract. conf. (Lviv, 12–14 June, 2022). Lviv. Pp. 121–125. [Ткаченко Ф.П., Касьянов Є.О. 2022. Знаходження рідкісного виду зеленої водорості *Percursaria percursa* в солоних озерах Кінбурнської коси (НПП «Білобережжя Святослава»). У кн.: *Сучасні дослідження у світовій науці*. Мат. III міжнар. наук.-практ. конф. (Lviv, 12–14 черв. 2022 р.). Lviv. Pp. 121–125.]

- Tkachenko F.P., Maslov I.I. 2002. Sea macrophytobenthos of Black Sea biosphere preserve. *Ecol. Sea*. 62: 35–40. [Ткаченко Ф.П., Маслов И.И. 2002. Морской макрофитобентос Черноморского биосферного заповедника. *Экол. моря*. 62: 35–40.]
- Tkachenko F.P., Tretjak I.P., Kostilyov E.F. 2008. Algae-macrophytes as the indicators of ecological state of Odessa coastal of Black Sea. *Chornomor. Bot. J.* 4(2): 222–229. [Ткаченко Ф.П., Третяк І.П., Костильов Е.Ф. Водорості-макрофіти як показники екологічного стану Одеського узбережжя Чорного моря. *Чорномор. бот. журн.* 4(2): 222–229.]
- Red data book of Ukraine. Plant world.* 2009. Ed. Ya.P. Diduch. Kyiv: Globalconsalting. 912 p. [Червона книга України. Рослинний світ. 2009. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг. 912 с.]
- Zinova A.D. 1967. *Identification manual of the green, brown and red algae of the South Seas of the USSR.* Moscow, Leningrad: Nauka. 398 p. [Зинова А.Д. 1967. *Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР.* М., Л.: Наука. 398 с.]

Tkachenko F.P. ¹(<https://orsid.org/0000-0001-5769-5120>)

Kasyanov Ye.O. ²(<https://orsid.org/0009-0004-7690-8450>)

¹ Odesa I.I. Mechnikov National University,

2 Volodymyra Zmienka Str., Odesa 65058, Ukraine

² National Nature Park “Biloberezhzhia Sviatoslava”,

3 Lotsmanska Str., Ochakiv, Mykolaiv Region 57508, Ukraine

Macrophytobenthos of the Kinburn Spit coast and its inland lakes (National Nature Park "Biloberezhzhia Sviatoslava", Ukraine)

The species diversity of algae-macrophytes in the coastal zone and inland lakes of the Kinburn Spit of the Black Sea within the National Nature Park "Biloberezhzhia Sviatoslava" was studied. Algological samples were collected during the vegetation periods of 2019–2021. As a result of the study, 53 species of macrophyte algae were identified, belonging to 33 genera, 23 families, 17 orders, 7 classes, and 4 divisions. The most diverse were *Chlorophyta* (42.6%), followed by *Rhodophyta* (40.7%), and *Heterokonthophyta (Phaeophyceae)* (13.1%). *Charophyta* accounted for 3.6%. Among red algae, the dominating families were *Ceramiales* and *Rhodomelales*, while among green algae, they were *Cladophorales* and *Ulvales*. The macrophytobenthos of the Black Sea coast and its Yavorlytska Bay showed the highest similarity of floristic structure. By geographical distribution, the benthic algal communities were dominated by boreal and cosmopolitan groups; by frequency of occurrence— common and rare species; by vegetation

duration — annual species; and by tolerance to organic pollution — meso- and oligosaprobies. The relatively high taxonomic diversity of macro algae from various ecotopes, along with the presence of several rare species, indicates that the “Biloberezhzhia Sviatoslava” Park fulfills its important nature conservation function.

Keywords: algae-macrophytes, taxonomic diversity, ecological and geographical characteristics, National Nature Park “Biloberezhzhia Sviatoslava”, Black Sea

ГЕРАСИМЮК В.П.^{1,2} (<https://orcid.org/0000-0002-9199-9854>)

¹ Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,

вул. Всеволода Змієнка, 2, Одеса 65082, Україна

² Інститут рибного господарства, екології моря та океанографії,

вул. Садова, 26, с. Софіївська Борщагівка 08131, Бучанський р-н, Київська обл., Україна

Адреса для листування: gerasimyuk2007@ukr.net

МІКРОФІТОБЕНТОС РІЧОК ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я (УКРАЇНА)

Реферат. Узагальнено результати оригінальних багаторічних досліджень мікрофітобентосу 12 річок Північно-Західного Причорномор'я (ПЗП). Досліджено таксономічний склад мікроскопічних водоростей річок району. На 53 станціях річок відібрано й оброблено 581 пробу. Виявлено 431 вид мікроскопічних водоростей, які належать до 170 родів, 75 родин, 38 порядків, 12 класів, 6 відділів, 4 царств та 2 доменів (імперій). Видовий склад альгофлори був представлений гетероконтофітовими (285 видів), ціанобактеріями (60), зеленими (48), евгленовими (21), харовими (13) та динофлагелятами (4). Для даного району дослідження характерна перевага гетероконтофітових (285 видів). У р. Дунай знайдено 288 видів водоростей, у річках Південний Буг — 210, Дністер — 166, Великий Куяльник — 139, Барабой — 126, Кодима — 105, Кучурган — 97, Тилігул — 90, Кам'янка — 75, Синюха — 67, Мертвовід — 55 та Ягорлик — 54 види. Майже половина видового складу (49,2%) належала до 10 провідних родин: *Bacillariaceae*, *Naviculaceae*, *Fragilariaceae*, *Euglenaceae*, *Scenedesmaceae*, *Cymbellaceae*, *Surirellaceae*, *Pinnulariaceae*, *Oscillatoriaceae* та *Selenastraceae*. Представники 10 провідних родів: *Nitzschia* Hassall (29 видів), *Navicula* Bory (23), *Pinnularia* Ehrenb. (13), *Surirella* Turpin (12), *Euglena* Ehrenb. (10), *Desmodesmus* (F.Chodat) An, Friedl et E.Hegew. (9), *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (8), *Phormidium* Kütz. ex Gomont (8), *Cymbella* C.Agardh (8) і *Gomphonema* (C.Agardh) Ehrenb. (8) домінували в мікрофітобентосі річок. У досліджених річках виявлено декілька рідкісних видів для водойм ПЗП та України в цілому. В обростаннях макрофітів знайдено 205 видів водоростей, в обростаннях мулу — 176, каміння — 47, піску — 37, у річковій піні — 16, в обростаннях прудовика — 11.

Ключові слова: водорості, бентос, річки, Північно-Західне Причорномор'я, таксономічна структура, нові види

Надійшла до редакції 14.08.2025. Після доопрацювання 29.09.2025. Підписана до друку 01.12.2025.

Опублікована 10.12.2025

Ц и т у в а н н я . Герасимюк В.П. 2025. Мікрофітобентос річок Північно-Західного Причорномор'я (Україна). *Альгологія*. 35(4): 311–330. <https://doi.org/10.15407/alg35.04.311>

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

Вступ

Мікроскопічні водорості відіграють важливу роль у житті гідробіонтів річок Північно-Західного Причорномор'я (ПЗП). У процесі фотосинтезу вони створюють органічну речовину, виділяють кисень і поглинають вуглекислий газ, а також переробляють неорганічні й органічні речовини, які забруднюють водойми. Більшість з них є індикаторами санітарного стану водойм та їжею для багатьох гідробіонтів (Algae..., 1989).

Усього в світі нараховується 2,5-4 млрд річок, в Україні — 73 тис. Загальна площа басейну всіх річок земної суші складає 773 тис. км². На території району дослідження розташовані 102 річки (Shvebs, Igoshin, 2003).

Вважається, що річки та водні потоки суші відіграють лише помірну роль у кліматі, виконуючи функції транспортних коридорів, по яких розчинені в них сполуки вуглецю виносяться в океан. Вони також віддають парникові гази в атмосферу, роблячи відчутний внесок у глобальне потепління. І мова не тільки про вуглекислий газ, метан, оксид азоту та інші леткі сполуки, які потрапляють у річки та утворюються у великій кількості внаслідок людської діяльності, зокрема через використання добрив та стічні води. Згодом вони випаровуються з поверхні річок і від їхньої площі залежить також загальний внесок у кліматичні процеси (Shvebs, Igoshin, 2003).

За розмірами до великих річок належать Дунай, Дністер і Південний Буг, до середніх — Тилігул, Кодима, Великий Куяльник, Мертвовід, Синюха та Кучурган, до малих — Барабой, Ягорлик і Кам'янка. Кодима, Мертвовід і Синюха є притоками р. Південний Буг, Кам'янка — р. Дністер. Дунай входить до десятки найбільш глибоководних річок світу (глибина р. Місісіпі 61 м, Сент-Лоуренс — 65 м, Гудзон — 66 м, Хуанхе — 80 м, Амазонка — 90 м, Меконг — 100 м, Замбезі — 116 м, Дунай — 178 м, Янзи — 200 м, Конго — 250 м).

Річки Північно-Західного Причорномор'я в альгологічному відношенні добре вивчені. Загальновідомі роботи: Sredinsky (1872–1873), Aksentiev (1926), Svyrenko (1926), Shirshov (1928), Roll (1937), Ivanov (1982), Skoryk (1992), Klochenko et al. (1993), Davydov (1997), Taraschuk (2004), Nesterova, Terenko (2007), Tsarenko-Belous, Klochenko (2008), Mironyuk, Tkachenko (2012, 2013) та ін. присвячені дослідженням мікрофітобентосу, перифітону та фітопланктону окремих річок ПЗП. Проте узагальнюючої роботи по мікроскопічним водоростям, де підіймалися б питання сучасної систематики, екології та біогеографії мікрофітів, на жаль, ще немає.

Досліджені річки відрізняються за морфометричними показниками (табл. 1).

Таблиця 1. **Морфометричні показники деяких річок Північно-Західного Причорномор'я** (за даними Shvebs, Igoshin, 2003)

Річка	Довжина, км	Ширина, м	Глибина, м	Площа басейну, тис. км ²
Дунай	2960	500–1500	7–178	817
Дністер	1362	100–150	5–120	72,1
Південний Буг	806	50–150	2–6	63,7
Тилігул	168–173	10–20	4–80	3,55–5,38
Кодима	149–179	3–20	3–6	2,45
Великий Куяльник	130–150	4–5	0,1–0,8	1,860
Мертвовід	114	10–40	1–50	1,820
Синюха	111	40–120	6–60	16,7
Кучурган	119	5–46	3–14	2,09
Барабой	74	10–20	2–6,5	0,65
Ягорлик	73	4–10	1,5–9	1,59
Кам'янка	52	1,8–10,0	0,5–1,0	0,40

Представлена робота є продовженням та узагальненням циклу наших попередніх робіт по річках ПЗП (Gerasimiuk et al., 2001, 2008; Gerasimiuk, Kirilenko, 2006, 2014; Gerasimiuk, 2008, 2010; Gerasimiuk, Gerasimiuk, 2009, 2017; Gerasimiuk, Bebik, 2011; Gerasimiuk, Mironyuk, 2011a, b; Gerasimiuk, Rudenko, 2011; Mironyuk et al., 2011; Gerasimiuk, Chemerska, 2014; Kirilenko, Gerasimiuk, 2015).

Метою даної роботи є вивчення таксономічного складу мікроскопічних водоростей річок Північно-Західного Причорномор'я.

Матеріали та методи

Дослідження проводили в річках ПЗП (Дунай, Дністер, Південний Буг, Барабой, Великий Куяльник, Кам'янка, Кодима, Кучурган, Мертвовід, Синюха, Тилігул, Ягорлик) протягом 1997–1998 і 2001–2017 рр. Зразки відбирали в обростаннях макроскопічних водоростей і вищих водних рослин, каміння, на поверхні м'яких ґрунтів (пісках і мулу) та льоду. Протягом даного періоду було зібрано й оброблено 581 пробу на 53 станціях і виготовлено 215 постійних та 581 тимчасовий препарат (табл. 2).

Екологічний аналіз виконували за допомогою визначників, атласів та монографій (Identification..., 1938–1993; Krammer, Lange-Bertalot, 1986–1991; Gusliakov et al., 1992; Algae..., 2006, 2009, 2011, 2014; Gerasimiuk, Ennan, Shykhaleeva, 2020).

При визначенні водоростей використовували: Identification..., 1938–1993; Kondratyeva, 1968; Vodenicharov et al., 1971; Hindák et al., 1975; Krammer, Lange-Bertalot, 1986–1991; Tsarenko, 1990; Gusliakov et al., 1992; та ін. Сучасні назви видів представлені згідно з Algae..., 2006, 2009, 2011, 2014; Prodrumus of Spore Plants of Ukraine: Algae, 2024 та електронною міжнародною базою даних водоростей (Guiry, Guiry, 2025).

Таблиця 2. Зразки мікроскопічних водоростей бентосу річок ПЗП

Річка	Рік	Регулярність відбору	Кількість	
			станцій	проб
Кам'янка	1997–1999, 2011	Щомісячно	5	95
Південний Буг	1997–2009, 2011, 2014, 2017	Щомісячно	6	110
Дністер	2004–2009, 2014	Щоквартально	8	45
Дунай	2000, 2010, 2011, 2024	Щоквартально	3	37
Барабой	2009–2011, 2014, 2015	Щоквартально	5	60
Великий Куяльник	2004–2010, 2015	Щоквартально	6	51
Кодима	2005–2008, 2011	Щоквартально	3	25
Кучурган	2010, 2011, 2014	Щоквартально	3	80
Тилігул	2005–2011	Щоквартально	4	30
Синюха	2008, 2009	Епізодично	4	16
Мертвовід	2008, 2009, 2014	Епізодично	3	20
Ягорлик	2015, 2016	Епізодично	3	12
Усього			53	581

Результати та обговорення

У результаті проведених досліджень у річках ПЗП виявлено 431 вид мікрводоростей, які належать до 170 родів, 75 родин, 38 порядків, 12 класів, 8 відділів, 4 царств та 2 імперій (доменів). До загальної кількості видів входили *Heterokontophyta* (285 видів), *Cyanobacteria* (60), *Chlorophyta* (48), *Euglenozoa* (21), *Charophyta* (13) та *Dinoflagellata* (4) (табл. 3). Нижче наведено список видів мікрофітобентосу досліджених річок ПЗП.

До царства бактерій (згідно з Guiry, Guiry, 2025) належало 60 видів водоростей, до хромістів — 289, до протозоа — 2, до рослин — 61 вид. З них до прокаріотів відносилось 60 видів, до еукаріотів — 371. Для альгофлори району досліджень характерне домінування гетероконтофітових водоростей (285 видів).

**Список видів водоростей досліджених річок Північно-Західного
Причорномор'я**

Умовні позначення: 1 — Дунай, 2 — Південний Буг; 3 — Дністер; 4 — Великий Куяльник; 5 — Барабой; 6 — Кодима; 7 — Кучурган; 8 — Тилігул; 9 — Кам'янка; 10 — Синюха; 11 — Мертвовід; 12 — Ягорлик.

ДОМЕН (ІМПЕРІЯ) PROKARYOTA (PROCARYOTA) Allsopp

ЦАРСТВО BACTERIA Woose et al.

**ВІДДІЛ CYANOBACTERIA (CYANOBACTERIOTA, CYANOPROKARYOTA,
CYANOPHYCOTA, CYANOPHYTA) Stanier et Cavalier-Smith**

КЛАС CYANOPHYCEAE Schaffner

Limnothrix guttulata (Goor) I.Umezaki et M.Watanabe (1; 2; 4–8); *Rhabdogloea smithii* (R. et F.Chodat) Komárek (1); *Jaaginema quadripunctulatum* (Bruhl ex Biswas) Anagn. et Komárek (3; 4; 6; 11; 12); *Leptolyngbya foveolarum* (Gomont) Anagn. et Komárek (1); *L. tenuis* (Gomont) Anagn. et Komárek (1; 4–8); *Stenomitos frigidus* (F.E.Fritsch) Miscoe et J.R.Johansen (1, 2, 6); *Oscillatoria bonnemaisonii* P.Crouan et H.Crouan ex Gomont (1); *O. corallinae* Gomont (4); *O. limosa* C.Agardh ex Gomont (1; 2; 4. 6); *O. major* Vaucher ex Forti (1); *O. margaritifera* Kütz. ex Gomont (1; 2; 5–8; 11); *O. ornata* Kütz. ex Gomont (1); *O. tenuis* C.Agardh ex Gomont (1; 2; 4; 5–8); *O. ucrainica* Vladimir. (1; 3); *Trichodesmium lacustre* Klebahn (1, 5); *Phormidium ambiguum* Gomont (1–3); *P. breve* (Kütz. ex Gomont) Anagn. et Komárek (1; 4–8; 11); *P. chalybeum* (Mertens ex Gomont) Anagn. et Komárek (1; 2; 4–8); *P. granulatum* (N.L.Gardner) Anagn. (1; 3; 4); *P. inundatum* Kütz. ex Gomont (1); *P. irriguum* (Kütz. ex Gomont) Anagn. et Komárek (1); *P. nigroviride* (Thwaites ex Gomont) Anagn. et Komárek (2); *P. simplicissimum* (Gomont) Anagn. et Komárek (1); *Kamptonema okenii* (C.Agardh ex Gomont) Strunecky, Komárek et J.Smarda (4); *Limnoraphis cryptovaginata* (Schkorb.) J.Komárek et al. (1); *Lyngbya aestuarii* Liebman ex Gomont (1, 2); *L. majuscula* Harvey ex Gomont (1, 3); *Plankthotrix agardhii* (Gomont) Anagn. et Komárek (1, 3); *Anagnostidinema amphibium* (C.Agardh ex Gomont) Strunecky, Bohunická, J.R.Johansen et Komárek (1–5, 7, 11, 12); *Spirulina albida* Kolkwitz (6); *S. laxa* G.M.Smith (1–4; 5; 8); *S. major* Kütz. ex Gomont (1–8, 11); *Aphanocapsa grevillei* (Berk.) Rabenh. (1); *A. incerta* (Lemmerm.) Cronberg et Komárek (2); *Coelosphaerium kuetzingianum* Nägeli (2); *Merismopedia convoluta* Bréb. ex Kütz. (1, 2); *M. glauca* (Ehrenb.) Kütz. (1–4, 6–8); *M. warmingiana* (Lagerh.) Forti (1; 4–6); *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. (2–5, 7, 8); *M. pulverea* (Wood) Forti (1); *Synechocystis aquatilis* Sauv. (2); *Woronichinia compacta* (Lemmerm.) Komárek et Hindak (2); *Chroococcus turgidus* (Kütz.) Nägeli (1); *Johanseninema constrictum* (Szafer) Hasler, Dvorak et Poulickova (1, 2, 4–8, 12); *Gloeocapsopsis magma* (Bréb.) Komárek et Anagn. ex Komárek (1); *Calothrix braunii* Bornet et Flahault (1); *C. brevissima* G.S.West (1, 6); *C. kossinskajae* V.I.Poljansky (1); *Rivularia coadunata* Foslie (1, 8); *R. dura* Roth ex Bornet et Flahault (1, 8); *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault (4); *N. paludosum* Kütz. ex Bornet et Flahault (4), *N. linckia*

(Roth) Born et Flahault (2, 8), *N. pruniforme* C.Agardh ex Bornet et Flahault (8); *Anaebaenopsis elenkinii* V.V.Mill. (1), *A. knipowitschii* (Usachev) Komárek (1, 7); *Nodularia spumigena* Mert. ex Bornet et Flahault (1, 8); *Anabaena sedovii* Kossinsk. (2); *Dolichospermum flos-aquae* (Bréb. ex Bornet et Flahault) Wacklin, Hoffm. et Komárek (1); *Trichormus variabilis* (Kütz. ex Bornet et Flahault) Komárek et Anagn. (1).

ДОМЕН (ІМПЕРІЯ) EUKARYOTA Chatton

ЦАРСТВО CHROMISTA Caval.-Sm. emend. Caval.-Sm.

ВІДІЛІ НЕТЕРОКОНТОРPHYTA (CHROMOPHYTA, OCHROPHYTA) Moestrup, R.A.Andersen et Guiry

КЛАС CHRYSOPHYCEAE Bourr.

Chromulina pascheri Hofen. (1); *Chrysamoeba scherffellii* (Pascher) Matv. (4); *Dinobryon divergens* O.E.Imhof (1); *Mallomonas apochromatica* Conrad (3, 4); *M. caudata* Iwanoff (1); *M. elliptica* (Kisselev) W.Conrad (1); *M. genevensis* Chodat (8); *M. ploesslii* Perty (1); *Neotessella lapponica* (Skuja) B.Y.Jo, J.I.Kim, W.Shin, P.Skaloud et Siver (1); *Synura petersenii* Korshikov (1); *Octactis speculum* (Ehrenb.) F.H.Chang, J.M.Grieve, J.E.Sutherland (1).

КЛАС XANTHOPHYCEAE P.Allorge sensu H.Ettl

Pseudopolyedriopsis skujae Hollerb. (8).

КЛАС COSCINODISCOPHYCEAE Round et R.M.Crawford emend. Medlin et Kaczmarska

Aulacoseira granulata (Ehrenb.) Simonsen (1–4, 6, 8, 10); *A. islandica* (O. Müll.) Simonsen (1, 2); *A. italica* (Ehrenb.) Simonsen (1, 3); *Coscinodiscus granii* L.F.Gough (1); *C. radiatus* Ehrenb. (1); *Melosira juergensii* C.Agardh (1); *M. inflexa* (Roth) Guiry (2); *M. moniliformis* var. *octogona* (Grinow) Hust. (4); *M. nummuloides* (Dillwyn) C.Agardh (1); *M. normanii* (Arn. ex Van Heurck) De Toni (2, 9), *M. varians* C.Agardh (1–12); *Pseudosolenia calcar-avis* (M.Schultze) Sundström (1); *Proboscia alata* (Brightw.) Sundström (1); *Urosolenia eriensis* (H.Sm.) Round et R.M.Crawford (1).

КЛАС MEDIOPHYCEAE (Joese et Proschk.-Lavr.) Medlin et Kaczmarska

Chaetoceros similis Cleve (1); *C. simplex* Ostenf. (1, 5); *C. wighamii* Brightw. (1); *Pleurosira laevis* (Ehrenb.) Compere (1–3); *Ditylum brightwellii* (T.West) Grunow (1); *Cyclotella atomus* Hust. (1); *C. caspia* Grunow (1); *C. distinguenda* Hust. (1, 3); *Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round (1); *Stephanodiscus astraea* (Kütz.) Grunow (1–3), *S. binderanus* (Kütz.) Willi Krieg. (1, 3), *S. hantzschii* Grunow (1–3); *Stephanocyclus meneghinianus* (Kütz.) Kulilovskiy, Genkal et Kosiolek (1–12); *Praestephanos triporus* (Genkal et G.V.Kuzmin) A.Tuji et J.-S.Ki (1); *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve (1); *Thalassiosira baltica* (Grunow) Ostf. (1); *T. eccentrica* (Ehrenb.) A.Cleve (1); *T. parva* Proschk.-Lavr. (1).

КЛАС BACILLARIOPHYCEAE Haeckel emend. Medlin et Kaczmarska

Fragilaria amphicephaloides Lange-Bert. (7); *F. capucina* Desm. (1–3); *F. crotonensis* Kitton (1, 3, 8, 11); *F. fragilarioides* (Grunow) Cholnoky (7); *F. vaucheriae* (Kütz.) Boey-Pet. (2, 3);

Fragilariforma virescens (Ralfs) D.M.Williams et Round (1–4, 6, 7, 12); *Odontidium anceps* (Ehrenb.) Ralfs (1, 2); *O. hyemale* (Roth) Kütz. (1, 3); *Belonastrum berolinensis* (Lemmerm.) Round et Maidana (1); *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) D.M.Williams ex Round (2, 6); *Staurosira construens* Ehrenb. var. *construens* (1–3); *Staurosira construens* var. *venter* (Ehrenb.) P.Tsarenko (1–3); *Staurosirella leptostauron* (Ehrenb.) D.M.Williams et Round (2); *S. martyi* (Heribaud) E.A.Morales et K.M.Manoylov (2, 9); *Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kütz.) D.M.Williams et Round (1, 2, 4, 5, 8, 9, 11); *Tabularia fasciculata* (C.Agardh) D.M.Williams et Round (1–5, 7–11); *T. parva* (Kütz.) D.M.Williams et Round (1–5, 7–11); *T. tabulata* (C.Agardh) D.M.Williams et Round (1–8, 10–12); *Ulnaria acus* (Kütz.) M.Aboal (1–4, 6–8, 11); *U. aequalis* (Kütz.) D.M.Williams et Van de Vijver (4); *U. amphirhynchus* (Ehrenb.) Compere et Bukhtiyarova (2); *U. capitata* (Ehrenb.) Compere (1–4); *U. ulna* (Nitzsch) P.Compere (1–8, 10–12); *Asterionella formosa* Hassal (1, 2); *Diatoma elongata* (Lyngb.) C.Agardh (1–3, 5, 7, 10); *D. tenuis* C.Agardh (3, 8); *D. vulgaris* Bory var. *vulgaris* (1–4, 6, 7); *D. vulgaris* var. *brevis* Grunow (5); *D. vulgaris* var. *ehrenbergii* (Kütz.) Grunow (2); *D. vulgaris* var. *linearis* Grunow (1–11); *Meridion circulare* (Grev.) C.Agardh (3, 9); *Eunotia bilunaris* (Ehrenb.) Schaarschmidt (2, 8, 12); *E. faba* (Ehrenb.) Grunow (1); *E. monodon* Ehrenb. (1); *E. parallela* Ehrenb. (2); *E. pectinalis* (Kütz.) Rabenh. (3); *E. praerupta* Ehrenb. (1); *E. veneris* (Kütz.) De Toni (1); *Lyrella lyra* (Ehrenb.) Karayeva (1); *Petroneis humerosa* (Bréb. ex W.Sm.) Stickle et D.G.Mann (1, 3); *Aneumastus tusculus* (Ehrenb.) D.G.Mann et Stickle (1–3); *Decussiphicus placenta* (Ehrenb.) Guiry et K.Gandhi (3); *Mastogloia angulata* F.W.Lewis (2); *M. baldjikiana* Grunow ex A.W.F.Schmidt (2); *M. smithii* Thwaites (5); *Rhoicosphenia abbreviata* (C.Agardh) Lange-Bert. (1–12); *Gomphonella olivacea* (Hornemann) Rabenh. (1–9, 11, 12); *Anomooneis sphaerophora* (Kütz.) Pfützer (1–9); *Staurophora salina* (W.Sm.) Mereschk. (2, 4); *S. tackei* (Hust.) Bahls (1); *Brebissonia lanceolata* (C.Agardh) R.K.Mahoney et Reimer (2, 4, 8); *Cymbella affinis* Kütz. (1–3); *C. helvetica* Kütz. (1–12); *C. lanceolata* (C.Agardh) C.Agardh (1–4, 6–8, 10–12); *C. leptoceros* (Ehrenb.) Kütz. (1, 3); *C. neocistula* Krammer (1–12); *C. parva* (W.Sm.) Kirchner (2, 3); *C. tumida* (Bréb.) Van Heurck (1–4, 6, 10–12); *Cymbopleura inaequalis* (Ehrenb.) Krammer (1, 3); *Encyonema caespitosum* Kütz. (2, 7); *E. elginense* (Krammer) D.G.Mann (1–3, 6–8, 12); *E. leibleinii* (C.Agardh) Silva, Jahn, Ludwig, Menezes (2, 3, 6, 9, 12); *E. silesiacum* (Bleisch) D.G.Mann (4, 12); *Kurtkrammeria aequalis* (W.Smith) Bahls (3); *Gomphonema acuminatum* Ehrenb. (2, 3, 7, 8, 10, 12); *G. angustatum* (Kütz.) Rabenh. (1–3, 6); *G. augur* Ehrenb. (3, 6, 7, 10, 12); *G. gracile* Ehrenb. (1, 12); *G. parvulum* Kütz. (1–10, 12); *G. truncatum* Ehrenb. (1–12); *G. turris* Ehrenb. (3); *Placoneis dicephala* (W.Sm.) Mereschk. (1, 2); *P. elginensis* (W.Greg.) E.J.Cox (1, 3); *P. gastrum* (Ehrenb.) Mereschk. (1–3, 5); *P. placentula* (Ehrenb.) Mereschk. (2); *Reimeria sinuata* (W.Greg.) Kociolek et Stoermer (1–3); *Achnanthes adnata* Bory (1–3, 9); *A. lyrata* Proschk.-Lavr. (2); *Achnanthidium affine* (Grunow) Czarn. (7); *A. minutissima* (Kütz.) Czarn. (2, 5, 12); *Gogorevia exilis* (Kütz.) Kulikovskiy et Kosiolek (2, 4, 10); *Lemnicola hungarica* (Grunow) Round et Basson (2, 3, 7, 12); *Planothidium delicatulum* (Kütz.) Round et Bukht. (1, 2, 9,

11); *P. dispar* (Cleve) Witkowski, Lange-Bertalot et Metzeltin (1); *P. lanceolatum* (Bréb. ex Kütz.) Round et Bukht. (1–3, 5–9, 11, 12); *Cocconeis disculus* (Schum.) Cleve (1, 6); *C. euglypta* Ehrenb. (1–4); *C. neodiminuta* Krammer (1, 6); *C. neothumensis* Krammer (1, 2); *C. pediculus* Ehrenb. (1–3, 6); *C. placentula* Ehrenb. var. *placentula* (1–12); *C. placentula* var. *intermedia* (Herib. et Perag.) Cleve (1, 3); *C. placentula* var. *lineata* (Ehrenb.) Cleve (1, 3); *C. scutellum* Ehrenb. (1–3, 8); *Frustulia vulgaris* (Thwaites) De Toni (3); *Halamphora coffeaeformis* (C.Agardh) Levkov (1–4, 8, 9); *H. veneta* (Kütz.) Levkov (1–12); *Brachysira microcephala* (Grunow) Compere (4); *Cosmioneis pusilla* (W.Sm.) D.G.Mann et Stickle (2, 3); *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D.G.Mann (7); *L. mutica* (Kütz.) D.G.Mann (2, 4, 8); *L. ventricosa* (Kütz.) D.G.Mann (2, 3); *Lacustriella lacustris* (W.Greg.) Lange-Bertalot et Kulikovskiy (3); *Neidium affine* (Ehrenb.) Pfitzer (1); *Eolimna minima* (Grunow) Lange-Bert. (2); *Fallacia pygmaea* (Kütz.) Stickle et D.G.Mann (1–12); *Sellaphora pupula* (Kütz.) Mereschk. (1–3, 5, 7); *S. rectangularis* (W.Greg.) Czam. (2, 3); *Pinnularia borealis* Ehrenb. (3); *P. brauniana* (Grunow) Studnicka (1); *P. brebissonii* (Kütz.) Rabenh. (1–3); *P. globiceps* W.Greg. (1, 6, 7, 12); *P. intermedia* (Lagerst.) Cleve (1); *P. interrupta* W.Sm. (1); *P. microstauron* (Ehrenb.) Cleve (1, 2, 4); *P. neomajor* Krammer (1, 2, 7); *P. rangoonensis* (Grunow) Cleve (10); *P. rupestris* Hantzsch (1, 5); *P. viridis* (Nitzsch) Ehrenb. (1–5; 7–10, 12); *Diploneis elliptica* (Kütz.) Cleve (1); *D. oblongella* (Nägeli ex Kütz.) Cleve (1, 3); *D. ovalis* (Hilse) Cleve (3, 5); *D. pseudovalis* Hust. (1, 5); *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve (1–12); *C. bacillum* (Grunow) Cleve (2); *C. permagna* (Bailey) Cleve (1–3, 5, 11); *C. schumanniana* (Grunow) Cleve (1, 8, 10, 12); *C. silicula* (Ehrenb.) Cleve (1–4, 7–9); *Haslea spicula* (W.J.Hickie) Bukht. (4, 5, 8, 12); *Hippodonta capitata* (Ehrenb.) Lange-Bert., D.Metzeltin et A.Witkowski (1–12); *H. hungarica* (Grunow) Lange-Bert., D.Metzeltin et A.Witkowski (1–8, 10, 11); *H. linearis* (Østrup) Lange-Bert., D.Metzeltin, A.Witkowski (1–3); *Mayamaea fossalis* (Krasske) Lange-Bert. (4); *Navicula alinae* Lange-Bert. (1, 4–11); *N. capitatoradiata* H.Germ. ex Gasse (1); *N. cincta* (Ehrenb.) Ralfs (2, 5, 8, 9); *N. cryprocephala* Kütz. (1–12); *N. digitoradiata* (W.Greg.) Ralfs (2, 4, 5, 9); *N. gregaria* Donkin (1–12); *N. lanceolata* (C.Agardh) Ehrenb. (1–3, 10); *N. laterostrata* Hust. (3); *N. menisculus* Schum. (1–3); *N. oblonga* Kütz. (1–4); *N. peregrina* (Ehrenb.) Kütz. (1–3, 6, 8, 9); *N. radiosa* Kütz. (1–12); *N. reinhardtii* (Grunow) Grunow (1, 2, 5, 6, 10); *N. rhynchotella* Lange-Bert. (1–3); *N. salinarum* Grunow (1, 2, 4–9, 12); *N. slesvicensis* Grunow (2, 3); *N. tripunctata* (O.F.Müll.) Bory (1–3); *N. veneta* Kütz. (1, 3–5, 7, 10); *N. viridula* (Kütz.) Ehrenb. (1–4, 6, 7, 9, 10); *N. vulpina* Kütz. (3, 7); *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh. (1–5, 7, 9); *G. attenuatum* (Kütz.) Rabenh. (1–5, 7, 8, 9, 11, 12); *G. distortum* (W.Sm.) Griffith et Henfr. (1, 3, 5); *G. scalproides* (Rabenh.) Cleve (2); *Pleurosigma elongatum* W.Sm. (2, 4–6, 8, 11); *Craticula buderi* (Hust.) Lange-Bert. (3); *C. cuspidata* (Kütz.) D.G.Mann (1–4, 6–8); *C. halophila* (Grunow) D.G.Mann (2, 3, 8, 9); *Dorofeyukea kotschyi* (Grunow) Kulikovskiy, Kosiolek, Tusset et T.Ludwig (3); *Stauroneis anceps* Ehrenb. (1, 2, 4, 6); *S. phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenb. (2, 3); *S. smithii* Grunow (2); *Amphora commutata* Grunow (1–5, 7, 8); *A. libyca* Ehrenb. (1, 2); *A. ovalis* (Kütz.) Kütz. (1–2); *A. pediculus*

(Kütz.) Grunow (1–4, 6, 8, 9, 10); *Bacillaria paxillifera* (O.F.Müll.) T.Marsson (1, 2); *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reimer et F.W.Lewis (1, 3, 4, 5, 12); *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow (1, 2, 4, 5, 9–12); *H. spectabilis* (Ehrenb.) Hust. (1); *H. virgata* (Roper) Grunow (1); *H. vivax* (W.Sm.) Grunow (5); *Homoeocladia angularis* (W.Smith) Kuntze (10); *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W.Sm. (1–11); *N. amphibia* Grunow (1–3, 5–10, 12); *N. brevissima* Grunow (9); *N. capitellata* Hust. (2–4); *N. commutata* Grunow (1, 2, 4, 8, 9); *N. dissipata* (Kütz.) Rabenh. (1–3, 5, 8–10); *N. dubia* W.Sm. (2, 9); *N. filiformis* (W.Sm.) Van Heurck (1, 3, 4, 6, 9); *N. fonticola* (Grunow) Grunow (1–3); *N. frustulum* (Kütz.) Grunow var. *frustulum* (1–6, 8–10); *N. frustulum* var. *subsalina* Hust. (5); *N. gracilis* Hantzsch (3–6, 10); *N. hantzschiana* Rabenh. (2); *N. heufleriana* Grunow (1, 7); *N. incurva* Grunow var. *lorenziana* R.Ross (1, 2); *N. intermedia* Hantzsch ex Cleve et Grunow (1); *N. lanceolata* W.Sm. (9); *N. linearis* W.Sm. (1, 2, 7, 9, 10, 12); *N. microcephala* Grunow (1–4, 9, 12); *N. obtusa* W.Sm. (1, 3, 4); *N. palea* (Kütz.) W.Sm. (1–3); *N. paleacea* (Grunow) Grunow (1, 2); *N. pusilla* Grunow (1, 3, 9); *N. recta* Hantzsch (1–3, 5, 7, 10); *N. scalpelliformis* Grunow (1, 3–5, 11); *N. sigma* (Kütz.) W.Sm. (1–11); *N. sigmoidea* (Nitzsch) W.Sm. (1, 3, 6, 7, 12); *N. sublinearis* Hust. (1–3, 9); *N. vermicularis* (Kütz.) Hantzsch (1–3, 9); *N. vitrea* G.Norman (1, 3); *Tryblionella acuminata* W.Sm. (9); *T. acuta* (Cleve) D.G.Mann (2, 3); *T. angustata* W.Sm. (1, 3, 4, 6, 10); *T. apiculata* W.Greg. (1–10); *T. debilis* Arn. ex O'Meara (3); *T. hantzschiana* Grunow (1–7, 9–11); *T. hungarica* (Grunow) Frenguelli (1–12); *T. levidensis* W.Sm. (1–6, 9); *T. victoriae* Grunow (1–3); *Rhopalodia gibba* (Ehrenb.) O.Müller (1–8, 12); *Rh. gibberula* (Ehrenb.) O.Müll. (1–3); *Rh. musculus* (Kütz.) O.Müll. (2); *Epithemia adnata* (Kütz.) Bréb. (1–8, 12); *E. parallela* (Grunow) Ruck et Nakov (1–4, 10); *E. sorex* Kütz. (1–4, 6, 8, 12); *E. turgida* (Ehrenb.) Kütz. (2, 3); *Entomoneis alata* (Ehrenb.) Ehrenb. (1, 4, 5); *E. paludosa* (W.Sm.) Reimer (1, 2, 4); *Campylodiscus bicostatus* W.Sm. ex Roper (1); *C. clypeus* (Ehrenb.) Ehrenb. ex Kütz. (1, 2, 4); *C. noricus* Ehrenb. ex Kütz. (3, 4); *Corona echeneis* (Ehrenb. ex Kütz.) Ehrenb. (1–3); *Iconella bifrons* (Ehrenb.) Ruck et Nakov (1); *I. bisesiata* (Bréb.) Ruck et Nakov (1, 3); *I. capronii* (Bréb. et Kitton) Ruck et Nakov (1, 2); *I. curvula* (W.Sm.) Ruck et Nakov (4, 5, 10, 11); *I. linearis* (W.Sm.) Ruck et Nakov (1); *I. robusta* (Ehrenb.) Ruck et Nakov (1–3); *I. splendida* (Ehrenb.) Ruck et Nakov (1, 2, 5); *Surirella angusta* Kütz. (1, 3); *S. librile* (Ehrenb.) Ehrenb. (1–7, 9, 11); *S. minuta* Bréb. ex Kütz. (1–9, 11); *S. ovalis* Bréb. (1–5, 10); *S. peisonis* Pant. (4); *S. striatula* Turpin (2, 3); *S. undulata* (Ehrenb.) Ehrenb. (1–3, 6).

ВІДІЛ ДИНОФЛАГЕЛЛАТА (DINOPHYTA, PERIDINEA) Bütschli

КЛАС ДИНОPHYCEAE Pascher

Ceratium hirundinella (O.F.Müll.) Dujardin (1, 2, 3); *C. tripos* (O.F.Müll.) Nitzsch (1); *Prorocentrum cordatum* (Ostenf.) J.D.Dodge (1, 3); *P. micans* Ehrenb. (1).

ЦАРСТВО PROTOZOA R.Owen

ВІДІЛ (= ТИП) EUGLENOZOA (= EUGLENOPHYTA) Caval.-Sm.

КЛАС EUGLENOPHYCEAE Stoenichen

Eutreptia lanowii Steuer (1); *Euglena deses* (O.F.Müller) Ehrenb. (1, 4); *E. ehrenbergii* G.A.Klebs (4); *E. hemichromata* Skuja (5, 8); *E. oblonga* Schmitz (1); *E. pavlovskoensis* (V.I.Poljansky) T.G.Popova (1); *E. satelles* Brasl.-Spect. (1, 4); *E. splendens* P.A.Dang. (4); *E. viridis* Ehrenb. (1–8, 10, 12); *Euglena* sp. (1); *Euglenaformis proxima* (P.A.Dang.) M.S.Benett et Triemer (2, 4, 5); *Trachelomonas ornata* (Svirenko) Skvortsov (6, 8); *Discoplastis spartirhyncha* (Skuja) Triemer (1); *Lepocinclis acus* (O.F.Müller) B.Marin et Melkonian (1, 4, 5, 8); *L. cyclidiopsis* M.S.Benett et Triemer (3, 4, 8); *L. ovum* (Ehrenb.) Lemmerm. (7); *L. oxyuris* (Schmarda) B.Marin et Melkonian (1, 4, 8); *L. tripteris* (Dujardin) B.Marin et Melkonian (1, 2, 4); *Phacus caudatus* Hübner (1–5, 7, 8, 11, 12); *Ph. pyrum* (Ehrenb.) F.Stein (2); *Phacus* sp. (2).

ЦАРСТВО PLANTAE Haeckel

ВИДІЛІ CHLOROPHYTA Reichenbach

КІЯС TREBOUXIOPHYCEAE Friedl

Chlorella vulgaris Beijer (1, 3); *Closteriopsis acicularis* (G.M.Sm.) J.H.Belcher et Svale (1); *C. longissima* (Lemmerm.) Lemmerm. (1); *Golenkiniopsis longispina* (Korschikov) Korschikov (3, 6); *G. solitaria* (Korschikov) Korschikov (2); *Hindakia tetrachotoma* (Printz) C.Bock, Pröschold et Krienitz (1); *Crucigeniella irregularis* (Wille) P.Tsarenko et D.M.John (2); *Lagerheimia marssonii* Lemmerm. (2); *Oocystis parva* West et G.S.West (3).

КІЯС CHLOROPHYCEAE T.A.Chr.

Chlamydomonas debaryana Gorosch. (1); *Microglena monadina* Ehrenb. (4); *Phyllariochloris striata* (Korschikov) Pascher et Jahoda (8); *Pandorina morum* (O.F.Müll) Bory (1, 2); *Volvox globator* L. (3); *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Meneghini (1, 2, 4, 6); *Sphaerocystis planctonica* (Korschikov) Bourr. (1, 2, 4, 5); *Treubaria triappendiculata* Bern. (1, 2); *Ankyra lanceolata* (Korsch.) Fott (1, 6, 8); *Korshikoviella limnetica* (Lemmerm.) Silva (3, 7); *Hydrodictyon reticulatum* (L.) Bory (1–3); *Lacunastrum gracillimum* (West et G.S.West) H.McManus (4); *Monactinus simpex* (Meyen) Corda (1, 2, 6); *Pediastrum duplex* Meyen (1–3, 4, 6); *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E.Hegew. (1–3); *Stauridium tetras* (Ehrenb.) E.Hegew. (1–3, 6); *Tetraedron caudatum* (Corda) Hansg. (1–3); *T. minimum* (A.Br.) Hansg. (2, 3, 6); *T. triangulare* Korschikov (5); *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs (1, 6); *A. fusiformis* Corda ex Korschikov (1, 8); *Monoraphidium griffithii* (Berk.) Komárk.-Legn. (3); *M. komarkovae* Nygaard (2); *Raphidocelis danubiana* (Hindák) Marvan, Komarek, Comas (1, 2); *R. sigmoidea* Hindák (7); *Selenastrum gracile* Reinsch (1, 2); *Coelastrum astroidem* De Not. (1, 2, 5); *C. microporum* Nägeli (4, 5); *C. pseudomicroporum* Korschikov (2, 5); *Crucigenia fenestrata* (Schmidle) Schmidle (2); *C. lauterbornei* (Schmidle) Schmidle (2, 6); *Comasiella arcuata* (Lemmerm.) E.Hegew et al. (1–3); *Desmodesmus armatus* (Chodat) E.Hegew. (1–10, 12); *D. bicaudatus* (Deduss.) P.Tsarenko (2); *D. communis* (E.Hegew.) E.Hegew. (1, 2, 4); *D. denticulatus* (Lagerh.) An, Friedl et E.Hegew. (1, 10); *D. intermedius* (Chodat) E.Hegew. (1, 4, 5); *D. magnus* (Meyen) P.Tsarenko (1); *D. microspina* (Chodat) P.Tsarenko (4); *D. opoliensis* (P.G.Richter) E.Hegew. (1–10, 12); *D. serrato-pectinatus* (Chodat) P.Tsarenko (2); *D. spinosus* (Chodat) E.Hegew. (1);

D. subspicatus (Chodat) E.Hegew. et A.Schmidt (7); *Pectinodesmus pectinatus* (Meyen) E.Hegewald, M.Wolf, Al.Keller, Friedl et Krienitz (2, 3, 6–8, 12); *Scenedesmus ellipticus* Corda (1, 2, 4–6, 9); *S. obtusus* Meyen (2); *Tetradesmus dimorphus* (Turpin) M.J.Wynne (1–3, 5, 6); *T. obliquus* (Turpin) M.J.Wynne (1).

ВІДДІЛ CHAROPHYTA (= STREPTOPHYTA) Migula

КЛАС CONJUGATOPHYCEAE (= ZYGNEMATOPHYCEAE) Engler

Closterium lunula Ehrenb. et Hemprich ex Ralfs (2); *C. moniliferum* Ehrenb. ex Ralfs (8); *Cosmarium brebissonii* Menegh. ex Ralfs (2); *C. crenatum* Ralfs ex Ralfs (1); *C. cyclicum* P.Lundell (3); *C. horomuiense* Hiranob (12); *C. laeve* Rabenh. (1); *C. margaritifera* Menegh. ex Ralfs (1, 4); *C. obtusatum* (Schmidle) Schmidle (2); *C. rectangulare* Grunow (2, 6); *C. subrectangulare* Gütw. (2); *Staurastrum chaetoceros* (Schröder) G.M.Smith (6); *Staurodesmus subulatus* (Kütz.) Croascale (6).

Таблиця 3. Таксономічний спектр мікрофітобентосу річок Північно-Західного Причорномор'я

Домен	Царство	Відділ	Кількість				
			класів	порядків	родин	родів	видів
<i>Prokaryota</i>	<i>Bacteria</i>	<i>Cyanobacteria</i>	1	5	13	31	60
<i>Eukaryota</i>	<i>Chromista</i>	<i>Heterokontophyta</i>	6	24	43	97	285
		<i>Dinoflagellata</i>	1	2	2	2	4
	<i>Protozoa</i>	<i>Euglenozoa</i>	1	1	4	7	21
	<i>Plantae</i>	<i>Chlorophyta</i>	2	5	11	28	48
		<i>Charophyta</i>	1	1	2	5	13
Усього	4	6	12	38	75	170	431

До складу 10 провідних родин входили *Bacillariaceae*, *Naviculaceae*, *Fragilariaceae*, *Euglenaceae*, *Scenedesmaceae*, *Cymbellaceae*, *Surirellaceae*, *Pinnulariaceae*, *Oscillatoriaceae* та *Selenastraceae*. Види, які належать до них, разом склали 215 видів або 49,2% (табл. 4).

До провідних родів відносилися *Nitzschia* Hassall (29 видів), *Navicula* Bory (23), *Pinnularia* Ehrenb. (13), *Surirella* Turpin (12), *Euglena* Ehrenb. (10), *Desmodesmus* (F.Chodat) An, Friedl et E.Hegew. (9), *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (8), *Phormidium* Kütz. ex Gomont (8), *Cymbella* C.Agardh (8) і *Gomphonema* (C.Agardh) Ehrenb. (8). Сума видів, які мають відношення до цих родів, становить 128 видів або 29,2%.

Найбільшу кількість видів водоростей відмічено у великих річках: Дунай (288 видів), Південний Буг (210), Дністер (166), середніх: Великий Куяльник (139), Кодима (105), Кучурган (97), малих: Барабой (126), Кам'янка (75) та Ягорлик (54) (табл. 5).

Таблиця 4. Провідні родини альгофлори річок Північно-Західного Причорномор'я

Місце	Родина	Кількість видів	
		од.	%
1	<i>Bacillariaceae</i>	43	9,8
2	<i>Naviculaceae</i>	31	7,1
3	<i>Fragilariaceae</i>	24	5,5
4, 5	<i>Euglenaceae</i>	20	4,6
4, 5	<i>Scenedesmaceae</i>	20	4,6
6, 7	<i>Cymbellaceae</i>	18	4,1
6, 7	<i>Surirellaceae</i>	18	4,1
8	<i>Pinnulariaceae</i>	17	3,9
9	<i>Oscillatoriaceae</i>	13	3,0
10	<i>Selenastraceae</i>	11	2,5
Усього		215	49,2

В обростаннях виявлено 205 макрофітів, у мулі — 176, у піску — 37, на камінні — 47, у річковій піні — 16, в обростаннях прудовика — 11 видів мікрофітів.

На поверхні вищих водних рослин знайдено різну кількість видів (*Ceratophyllum demersum* — 86, *Potamogeton pectinatus* — 83, *Phragmites australis* — 72, *Lemna minor* — 49, *Batrachium aquatile* — 39, *Salvinia natans* — 37, *Typha angustifolia* — 36, *Salix babylonica* — 21, *Nuphar lutea* — 20, *Fontinalis* sp. — 19, *Myriophyllum spicatum* — 14, *Trapa natans* — 13, *Urticularia vulgaris* — 4).

В обростаннях водоростей-макрофітів спостерігалася також різна кількість видів мікроскопічних водоростей (*Cladophora glomerata* — 50, *Ulva compressa* — 48, *Cladophora fracta* — 42, *Oedogonium* sp. — 30, *Chara*

fragilis — 23, *Chaetomorpha crassa* — 22, *Vaucheria sessilis* — 14 та *Ulothrix implexa* — 13).

У річках виявлені деякі рідкісні види для водойм Північно-Західного Причорномор'я та України: *Mallomonas apochromatica*, *Cyclotella atomus*, *Amphora genkalii*, *Halamphora subacutiuscula* (Schoeman) J.G.Štěpánek et Kociolek, *Iconella curvula* та *Surirella peisonis* (див. фото).

Таблиця 5. Розподіл водоростей по річках ПЗП різного типу

Річка	Відділ						Усього
	<i>Cyano- bacteria</i>	<i>Eugle- nozoa</i>	<i>Dinofla- gellata</i>	<i>Hetero- konto- phyta</i>	<i>Chloro- phyta</i>	<i>Charo- phyta</i>	
Дунай	44	10	3	197	31	3	288
Південний Буг	14	3	1	162	25	5	210
Дністер	12	2	2	130	18	2	166
Великий Куяльник	20	11	–	95	12	1	139
Барабой	14	5	–	93	14	–	126
Кодима	13	3	–	75	10	4	105
Кучурган	10	3	1	77	4	1	97
Тилігул	16	7	1	58	7	1	90
Кам'янка	–	–	–	72	3	–	75
Синюха	2	1	–	61	3	–	67
Мертвовід	6	1	–	43	5	–	55
Ягорлик	3	2	–	45	3	1	54
Усього	60	21	4	285	48	13	431

Серед водоростей виявлено 96 планктонних, 220 бентосних та 115 перифітонних форм. За типом організації водоростей серед знайдених таксонів одноклітинними виявився 231 вид, 156 — колоніальними та 44 — багатоклітинними видами. З них виявлено 194 види нерухливих форм і 227 рухливих. За типом морфологічної диференціації слані до форм з кокоїдною формою тіла належала переважна більшість видів (335), з нитчастим типом форм — 41, з монадним — 35, з пальмелоїдним — 14, пластинчастим — 5, амебоїдним — 1 вид.



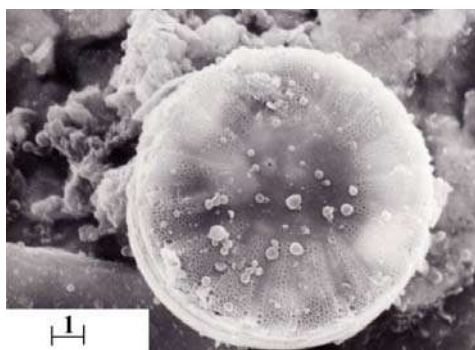
1



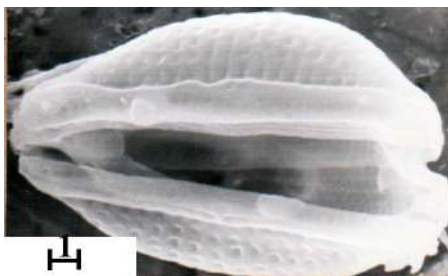
2



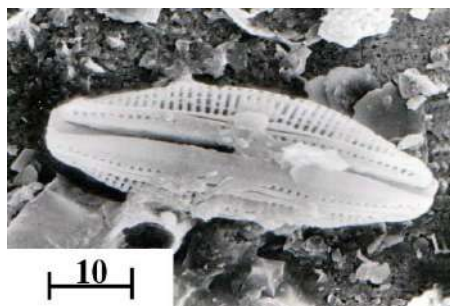
3



4



5



6

Фото. Рідкісні для території Північно-Західного Причорномор'я та України види водоростей: 1 — *Mallomonas apochromatica* Conrad (окремі клітини); 2 — *Surirella peisonis* Pant. (стулка); 3 — *Iconella curvula* (W.Sm.) Ruck et Nakov (стулка); 4 — *Cyclotella atomus* Hust. (стулка); 5 — *Halamphora subacutiuscula* (Schoeman) J.G. Štěpánek et Kociolek (панцир з червонного боку); 6 — *Amphora genkalii* Gusl. (стулка). 1–3 — СМ; 4–6 — СЕМ. Масштаб, мкм

За відношенням до рівня мінералізації води прісноводні організми (358 видів) домінували над солонуватоводними (60) та морськими (13). До прісноводних (олігогалобних) форм належали індиференти (287), галофіли (65) та галофоби (6). Морські (полігалобні) види траплялися лише в гирлі річок, які впадали в Чорне море та причорноморські лимани.

За відношенням до рН у мікрофітобентосі річок переважали алкаліфіли — 311 вид, індиференти — 102 та ацідофіли — 18 видів.

З наведених вище таксонів 277 є індикаторами сапробності води річок ПЗП. З них 147 — β -мезосапроби, 40 — α -мезосапроби, 11 — β - α -мезосапроби, 14 — σ - β -мезосапроби, 5 — полісапроби. Олігосапроби нараховували 52 види, ксеносапроби — 7, ксено-олігосапроби — 1 вид. Сапробний індекс дорівнював 2, 34, що відповідає β -мезосапробному рівню забруднення води річок ПЗП.

Альгофлора річок ПЗП була представлена космополітною (258) і бореальною (155) групами з північно-альпійськими (11), аркто-бореальними (3) та бореально-тропічними елементами (4).

Висновки

У результаті багаторічних (1997–2017 рр.) оригінальних досліджень річок Північно-Західного Причорномор'я виявлено 431 таксон видового та внутрішньовидового рангів мікроскопічних водоростей бентосу, які відносяться до 170 родів, 75 родин, 38 порядків, 12 класів, 6 відділів, 4 царств та 2 імперій (доменів). До царства бактерій належали 60 видів, до хромістів — 289, до протозоа — 21 та рослин — 61 вид. Прокаріоти нараховували 60 видів, еукаріоти — 371. Серед водоростей річок переважали гетероконтофітові (285 видів). Крім них у мікрофітобентосі траплялися ціанобактерії (60), зелені (48), харові (13), евгленові (21) водорості та динофлагеляти (4).

В обростаннях макрофітів знайдено 205 видів водоростей, в обростаннях каміння — 47, на панцирах молюсків (прудовика) — 11, в товщі піни — 16, на мулистих ґрунтах — 176, на піщаних — 37.

Список літератури

- Aksentiev B.N. 1926. Plankton diatoms in the lower reaches of the Dniester River and some adjacent reservoirs. *J. Sci. Adv. Dep. Odesa*. 2(1): 53–61. [Аксентьев Б.Н. 1926. Планктонные диатомеи низовий Днестра и некоторых прилегающих к нему водоемов. *Журн. наук.-досл. кафедр Одеси*. 2(1): 53–61.]
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. 2006, 2009, 2011, 2014. Vol. 1–4. Eds P.M.Tsarenko, S.P.Wasser, E.Nevo. Ruggell: A.R.G.Gantner Verlag K.-G.

- Algae: Reference Book*. 1989. Ed. S.P.Wasser. Kyiv: Nauk. Dumka. 608 p. [*Водоросли: Справочник*. 1989. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Наук. думка. 608 с.]
- Davydov O.A. 1997. Bottom microphytobenthos of the Southern Bug River. *Hydrobiol. J.* 33(5): 27–37. [Давыдов О.А. 1997. Микрофитобентос низовий реки Южного Буга. *Гидробиол. журн.* 33(5): 27–37.]
- Gerasimiuk V.P. 2008. Microphytobenthos of the Lower Dniester Basin. *Bull. ONU. Ser. Biol.* 13(4): 70–81. [Герасимюк В.П. 2008. Мікрофітобентос водойм нижнього Дністра. *Вісн. ОНУ. Сер. Біол.* 13(4): 70–81.]
- Gerasimiuk V.P. 2010. Microscopic algae of the benthos of the steppe river Kodima. *Bull. ONU. Ser. Biol.* 15(6): 25–30. [Герасимюк В.П. 2010. Мікроскопічні водорості бентосу степової річки Кодима. *Вісн. ОНУ. Сер. Біол.* 15(6): 25–30.]
- Gerasimiuk V.P., Bebig G.O. 2011. Microphytobenthos of the Synyukha River, a left tributary of the Southern Bug River. In: *Materials of XII Congress Ukrainian Botanical Society*. Lviv. P. 268. [Герасимюк В.П., Бебік Г.О. 2011. Мікрофітобентос річки Синюхи, лівої притоки ріки Південний Буг. У кн.: *Матеріали XII з'їзду УБТ*. Львів. С. 268.]
- Gerasimiuk V.P., Chemerska H.O. 2014. Microphytobenthos of the Mertvovid River. *Bull. ONU. Ser. Biol.* 19(1): 57–67. [Герасимюк В.П., Чемерська Х.О. 2014. Мікрофітобентос річки Мертвовід. *Вісн. ОНУ. Сер. Біол.* 19(1): 57–67.]
- Gerasimiuk V.P., Ennan A.A., Shykhalayeva G.M. 2020. *Encyclopedia of the Kuyalnik estuary*. Vol. 2. *Algae*. Odesa: Astroprint. 446 p.
- Gerasimiuk V.P., Gerasimyuk N.V. 2009. Microphytobenthos of the steppe river Tyligul. *Bull. ONU. Ser. Biol.* 14(8): 22–30. [Герасимюк В.П., Герасимюк Н.В. 2009. Мікрофітобентос степової річки Тилігул. *Вісн. ОНУ. Сер. Біол.* 14(8): 22–30.]
- Gerasymiuk V.P., Gerasymiuk N.V. 2017. Microscopic algae of the benthos of the steppe Kuchurgan River. *Bull. ONU. Ser. Biol.* 22(1): 23–33. [Герасимюк В.П., Герасимюк Н.В. 2017. Мікроскопічні водорості бентосу степової річки Кучурган. *Вісн. ОНУ. Сер. Біол.* 22(1): 23–33.]
- Gerasimiuk V.P., Kirilenko N.A. 2006. *Bacillariophyta* of the benthos of the lower reaches of the Southern Bug River (Ukraine). *Algologia*. 16(3): 312–324. [Герасимюк В.П., Кириленко Н.А. 2006. *Bacillariophyta* нижнього течення реки Южный Буг. *Альгология*. 16(3): 312–324.]
- Gerasimiuk V.P., Kirilenko N.A. 2014. Microscopic algae of the benthos of the lower reaches of the Southern Bug River. *Chornomor. Bot. J.* 10(23): 328–339. [Герасимюк В.П., Кириленко Н.А. 2014. Мікроскопічні водорості бентосу нижньої течії ріки Південний Буг. *Чорномор. бот. журн.* 10(23): 328–339.]
- Gerasimiuk V.P., Kirilenko N.A., Babina T.N. 2001. Diatom algae of the benthos of the Kamenka River, a left tributary of the Dniester River. In: *Materias international scientific and practical conferences «Geological and bioecological problems of the Northern Black Sea Region»*. Tiraspol. Pp. 62–63. [Герасимюк В.П., Кириленко Н.А., Бабина Т.Н. 2001. Діатомовые водоросли бентоса реки Каменка, левого притока реки Днестр. У кн.: *Материалы*

- международной научно-практической конференции «Геологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь. С. 62–63.]
- Gerasimiuk V.P., Myronuk O.M. 2011a. Microphytobenthos of the Baraboy River. *Bull. ONU. Ser. Biol.* 16(18): 8–15. [Герасимюк В.П., Миронюк О.М. 2011а. Мікрофітобентос річки Барабой. *Вісн. ОНУ. Сер. Біол.* 16(18): 8–15.]
- Gerasimiuk V.P., Myronuk A.M. 2011b. Phytobenthos of the Tiligul River. In: *Materials scientific conference “Karazyn Natural Science Studies”*. Kharkiv. Pp. 99–101. [Герасимюк В.П., Миронюк А.М. 2011б. Фитобентос реки Тилигул. В кн.: *Материалы научной конференции “Каразинские природные научные студии”*. Харьков. С. 99–101.]
- Gerasimiuk V.P., Rudenko A.I. 2011. Microphytobenthos of the Ukrainian section of the Danube River. In: *Materials XII Congress of the Ukrainian Botanical Society*. Lviv. P. 270. [Герасимюк В.П., Руденко А.И. 2011с. Мікрофітобентос української ділянки ріки Дунай. В кн.: *Матеріали XII з'їзду УБТ*. Львів. С. 270.]
- Gerasimiuk V.P., Shikhaleeva G.M., Ennan A.A., Babinets S.K., Kiryushkina G.M. 2008. Algae of the Velikiy Kuyalnik River. *Bull. ONU. Ser. Biol.* 13(14): 37–52. [Герасимюк В.П., Шихалеева Г.М., Еннан А.А., Бабінець С.К., Кірюшкіна Г.М. 2008. Водорості річки Великий Куяльник. *Вісн. ОНУ. Сер. Біол.* 13(14): 37–52.]
- Guiry G.M., Guiry M.D. 2025. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway, <http://www.algaebase.org>
- Guslakov N.E., Zakordonets O.A., Gerasimiuk V.P. 1992. *Atlas of diatoms of benthos of the north-western part of the Black Sea and adjoining reserboirs*. Kyiv: Nauk. Dumka. 252 p. [Гусялков Н.Е., Закардонетс О.А., Герасимюк В.П. 1992. *Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов*. Киев: Наук. думка. 252 с.]
- Hindák F., Komárek J., Marvan P., Ruzička J. 1975. *Klíč na určování vřtřusných rastlín*. Bratislava: Sloven. ped. naklad. 396 p.
- Ivanov A.I. 1982. *Phytoplankton of the estuarine regions of rivers of the North-Western Black Sea Region*. Kyiv: Nauk. Dumka. 212 p. [Иванов А.И. 1982. *Фитопланктон устьевых областей рек Северо-Западного Причерноморья*. Київ: Наук. думка. 212 с.]
- Kirilenko N.A., Gerasimyuk V.P. 2015. Microphytobenthos of the Southern Bug River. *Sci. Paper. Ternop. Nat. Ped. Univ. Ser. Biol.* 64(34): 287–290. [Кириленко Н.А., Герасимюк В.П. 2015. Мікрофітобентос ріки Південний Буг. *Наук. праці. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 64(3–4): 287–290.]
- Klochenko P.D., Mytkovskaya T.I., Sakevich A.I. 1993. Phytoplankton of small rivers of the Nikolaev Region. (Ukraine). *Algologia*. 3(4): 57–63. [Клоченко П.Д., Митковская Т.И., Сакевич А.И. 1993. Фитопланктон малых рек Николаевской области. *Альгология*. 3(4): 57–63.]
- Kondratyeva N.V. 1968. *Class Hormogoniophyceae*. Kyiv: Nauk. Dumka. 523 p. [Кондратьева Н.В. 1968. *Клас гормогонієві – Hormogoniophyceae*. Київ: Наук. думка. 523 с.]

- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986–1991. *Bacillariophyceae*. In: *Subwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 2/1–4.
- Mironyuk A.N., Tkachenko F.P. 2012. Characteristics of the floristic composition of the phytobenthos of the Kuchurgan River (Odesa Region, Ukraine). *Bull. KHNAU*. 15(108): 67–75. [Миронюк А.Н., Ткаченко Ф.П. 2012. Характеристика флористического состава фитобентоса реки Кучурган (Одесская обл., Украина). *Вісн. ХНАУ*. Сер. Біол. 15(108): 67–75.]
- Mironyuk A.N., Tkachenko F.P. 2013. The composition of indicator algae of small rivers of the North-Western Black Sea region. *Bull. KHNAU*. Ser. Biol. 2: 93–103. [Миронюк А.Н., Ткаченко Ф.П. 2013. Состав водорослей-индикаторов малых рек Северо-Западного Причерноморья. *Вісн. ХНАУ*. 2(29): 93–103.]
- Mironyuk A.N., Sosnitskaya F.F., Gerasimik V.P. 2011. Aquatic vegetation of algae of the Yagorlyk River. In: *Materials V International scientific conference of young scientists*. Odesa. Pp. 41–42.
- Nesterova D.A., Terenko L.M. 2007. Species diversity of phytoplankton in the zone of direct influence of Danube waters. *Ecol. safety of coastal and shelf zones and complex use of shelf resources*. 15: 541–555. [Нестерова Д.А., Теренько Л.М. 2007. Видовое разнообразие фитопланктона в зоне прямого влияния вод Дуная. *Эколог. безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплекс. использование ресурсов шельфа*. 15: 541–555.]
- Roll J.V. 1937. Phytoplankton of the Southern Bug River. *Trudy Hydrobiol. st. AN UkrSSR*. 14: 109–149. [Ролл Я.В. 1937. Фітопланктон річки Південний Буг. *Тр. Гідробиол. ст. АН УРСР*. 14: 109–149.]
- Shirshov P.P. 1928. On filamentous algae and their epiphytes from the Southern Bug, Kodima and Kysylov quarry. *Proc. Phys. Math. Dep. VUAS*. 4: 3–22. [Ширшов П.П. 1928. Про ниткуваті водорості та їх епіфіти з Південного Бугу, Кодими та Кисилівського кар'єру. *Тр. фіз.-мат. відділу ВУАН*. 4: 3–22.]
- Shvebs G.I., Igoshin M.I. 2003. *Catalog of rivers and reservoirs of Ukraine*. Odesa: Astroprint. 390 p. [Швебс Г.І., Ігошин М.І. 2003. *Каталог річок і водойм України*. Одеса: Астропринт, 390 с.]
- Skoryk L.V. 1992. Phytomicrobenthos. In: *Hydrobiological regime of the Dniester and its reservoirs*. Kyiv: Nauk. Dumka. Pp. 150–163. [Скорик Л.В. 1992. Фитомикробентос. У кн.: *Гидробиологический режим Днестра и его водоемов*. Київ: Наук. думка. С. 150–163.]
- Sredinsky N.K. 1872–1873. Materials for the flora of the Novorossiysk region and Bessarabia. *Zap. Novoros. soc. nat.* 1–2: 291. [Срединский Н.К. 1872–1873. Материалы для флоры Новороссийского края и Бессарабии. *Зап. Новорос. общ-ва естествоиспыт.* 1–2: 291.]
- Svyrenko D.O. 1926. On the plankton of the lower Dniester and some reservoirs of its floodplain. *J. Sci. Adv. Dep. Odesa*. 2(4): 21–40. [Свиренко Д.О. 1926. О планктоне нижнего Днестра и некоторых водоемов его бассейна. *Журн. наук.-дослід. кафедри Одеси*. 2(4): 21–40.]
- Taraschuk O.S. 2004. *Bacillariophyta* of the lower reaches of the Southern Bug River (Ukraine).

- Algologia*. 14(3): 309–323. [Тарашук О.С. 2004. *Bacillariophyta* нижнього течення річки Южний Буг (Україна). *Альгологія*. 14(3): 309–323.]
- Identification manual of the freshwater algae of Ukraine*. 1938–1993. Vol. 1–12. Kyiv: Acad. Sci. Ukr. Publ. [Визначник прісноводних водоростей України. 1938–1993. Т. 1–12. Київ: Вид-во АН України.]
- Tsarenko P.M. 1990. *Brief identifier of chlorococcal algae of the Ukr. SSR*. Kyiv: Nauk. Dumka. 208 p. [Царенко П.М. 1990. *Краткий определитель хлорококковых водорослей* Укр. ССР. Киев: Наук. думка. 208 с.]
- Tsarenko P.M., Vinogradova O.M., Burova O.V. et al. 2024. *Prodromus of Spore Plants of Ukraine: Algae*. Book 1. Kyiv: Nauk. Dumka. 880 p. [Царенко П.М., Віноградова О.М., Булова О.В. та ін. 2024. *Продромус спорових рослин України: водорості*. Кн. 1. Київ: Наук. думка. 880 с.]
- Tsarenko P.M., Mihaulyk T.I., Burova O.V. et al. 2024. *Prodromus of Spore Plants of Ukraine: Algae*. Book 2. Kyiv: Nauk. Dumka. 680 p. [Царенко П.М., Михайлюк Т.І., Булова О.В. та ін. 2024. *Продромус спорових рослин України: водорості*. Кн. 2. Київ: Наук. думка. 680 с.]
- Tsarenko-Belous E.P., Klochenko P.D. 2008. Peculiarities of the species composition of the phytoplankton of the Southern Bug River in the region of Vinnytsia (Ukraine). *Algologia*. 18(3): 306–318. [Царенко-Белоус Е.П., Клоченко П.Д. 2008. Особенности видового состава фитопланктона р. Южный Буг в районе г. Винница (Украина). *Альгология*. 18(3): 306–318.]
- Vodenicharov D.G., Draganov S.Y., Temnyskova D.N. 1971. *Flora of Bulgaria. Algae*. Sofia: Publ. Educat. 642 p. [Воденичаров Д.Г., Драганов С.Й., Темнискова Д.Н. 1971. *Флора на България. Водорасли*. София: Народ. просвета. 642 с.]

Gerasimiuk V.P.^{1,2} (<https://orcid.org/0000-0002-9199-9854>)

¹ Odesa I.I. Mechnikov National University,
Department of Botany, Plant Physiology and Horticulture,
2 Vsevolod Zmienko Str., Odesa 65082, Ukraine

² Institute of Fisheries, Marine Ecology and Oceanography,
26 Sadova Str., v. Sofiiivska Borshchagivka 08131, Buchansky District, Kiev Region, Ukraine

Microphytobentos of rivers of the North-Western Black Sea region (Ukraine)

The results of original, long-term studies of microphytobenthos in 12 rivers of the North-Western Black Sea region (NBR) are summarized and presented. The aim of the work was to study the taxonomic composition of microscopic algae in the rivers of the study area. As a result of processing 581 samples at 53 stations in 12 rivers, 431 species of microscopic algae were identified, belonging to 170 genera, 75 families, 38 orders, 12 classes, 6 divisions, 4 kingdoms,

and 2 domains (empires). The species composition of the algal flora was represented by heterokonts (285 species), cyanobacteria (60), green (48), euglena (21), charophytes (13), and dinoflagellates (4). In the Danube River — 288, Southern Bug — 210, Dniester — 166, Velikiy Kuyalnik — 139, Baraboy — 126, Kodima — 105, Kuchurhan — 97, Tyligul — 90, Kamyanka — 75, Synyukha — 67, Mertvovid — 55 and Yahorlyk — 54 species of algae were recorded. Almost half of the species composition (49.2%) was part of the 10 leading families: *Bacillariaceae*, *Naviculaceae*, *Fragilariaceae*, *Euglenaceae*, *Scenedesmaceae*, *Cymbellaceae*, *Surirellaceae*, *Pinnulariaceae*, *Oscillatoriaceae* and *Selenastraceae*. Representatives of the 10 leading genera *Nitzschia* Hassall (29 species), *Navicula* Bory (23), *Pinnularia* Ehrenb. (13), *Surirella* Turpin (12), *Euglena* Ehrenb. (10), *Desmodesmus* (F.Chodat) An, Friedl et E.Hegew. (9), *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (8), *Phormidium* Kütz. ex Gomont (8), *Cymbella* C.Agardh (8) and *Gomphonema* C.Agardh Ehrenb. (8) occupied a dominant position in the microphytobenthos of the rivers. In the following rivers, a number of rare species were identified for the waters of the North-Western Black Sea Region and the territory of Ukraine. 205 species of microphytes were found in macrophyte fouling, 176 in silt, 47 in stones, 37 in sand, 16 in river foam, and 11 in pond fouling.

Key words: algae, benthos, rivers, North-Western Black Sea Region, taxonomic structure, new species

БОРИСОВА О.В. ¹*(<https://orcid.org/0000-0002-0941-5099>)
ГРОМАКОВА А.Б. ^{2,3}(<https://orcid.org/0000-0001-8007-9174>)
БУРОВА О.В. ¹(<https://orcid.org/0000-0002-4300-8075>)

¹ Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська, 2, Київ 01601, Україна

² Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
пл. Свободи, 4, Харків 61022, Україна

³ Національний природний парк «Гомільшанські ліси»,
вул. Монастирська, 27, с. Коропове 63523, Харківська обл., Україна

* Адреса для листування: oborysova17@gmail.com

НОВІ ЗНАХІДКИ РІДКІСНОГО ВИДУ *NITELLA CAPILLARIS* (KROCK.) J.GROVES ET BULL.-WEBST. (CHAROPHYTA, CHARALES) В УКРАЇНІ

Реферат. Представлено дані про нові знахідки *Nitella capillaris* в Україні. Цей рідкісний голарктичний вид виявлено в травні 2025 р. у р. Мож (права притока Сіверського Дінця) та в тимчасовій водоймі її заплави на території Чугуївського р-ну Харківської обл. в межах Лівобережного Лісостепу. Наведено опис морфологічних ознак, інформацію щодо загального поширення, екологію, фенологію та соціологічний статус виду в Україні.

Ключові слова: *Charophyta*, *Charales*, *Nitella capillaris*, нові знахідки, біорізноманіття, рідкісні види, лісостепова зона, Харківська обл., Україна

Вступ

У сучасній альгофлорі України харові водорості роду *Nitella* C.Agardh (порядку *Charales*, класу *Charophyceae*, відділу *Charophyta*) представлені 9 видами з 12, відомими в Європі (Borysova, 2024; Charophytes..., 2024).

Надійшла до редакції 27.09.2025. Після доопрацювання 21.10.2025. Підписана до друку 22.11.2025.

Опублікована 10.12.2025

Ц и т у в а н н я . Борисова О.В., Громакова А.Б., Бурова О.В. 2025. Нові знахідки рідкісного виду *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst. (*Charophyta*, *Charales*) в Україні. *Альгологія*. 35(4): 331–339. <https://doi.org/10.15407/alg35.04.331>

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

Загалом зареєстровано 78 їхніх місцезнаходжень, включаючи історичні, сучасні та втрачені. За кількістю місцезнаходжень види розподілилися на звичайні (26–28): *N. flexilis* (L.) C.Agardh, *N. mucronata* (A.Braun) Miq.), рідкісні (2–8): *N. capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst., *N. confervacea* (Bréb.) A.Braun ex Leonh., *N. gracilis* (Sm.) C.Agardh, *N. syncarpa* (Thuill.) Chev. та зникаючі (1–2 місцезнаходження за літературними даними): *N. tenuissima* (Desv.) Kütz., *N. translucens* (Persoon) C.Agardh (Borysova, 2024). Більшість знахідок видів роду *Nitella* (67%) виявлена на території зони мішаних лісів (Українське Полісся), значно менше у лісостеповій (26,9%) і степовій зонах (3,8%) та Українських Карпатах (5,1%) (Borysova, 2024). Раніше для *N. capillaris*, найрідкіснішого виду для альгофлори України, було відомо лише три місцезнаходження в межах Українського Полісся (Волинська та Житомирська обл.) (Borysova, Orlov, 2009; Borysova et al., 2016). Виявлене нами нове місцезнаходження *N. capillaris* є його першою знахідкою як для території Харківської обл., так і для лісостепової зони України в цілому.

У цьому повідомленні наводимо характеристику біотопу, опис морфологічних ознак, інформацію щодо екології, фенології, загального поширення та созологічного статусу цього виду.

Матеріали та методи

Матеріалом для дослідження слугували зразки харових водоростей, відібрані в травні 2025 р. з р. Мож (правої притоки р. Сіверського Дінця) та мілководної тимчасової водойми в її заплаві на території Чугуївського р-ну Харківської обл. у межах Лівобережного Лісостепу (рис. 1).

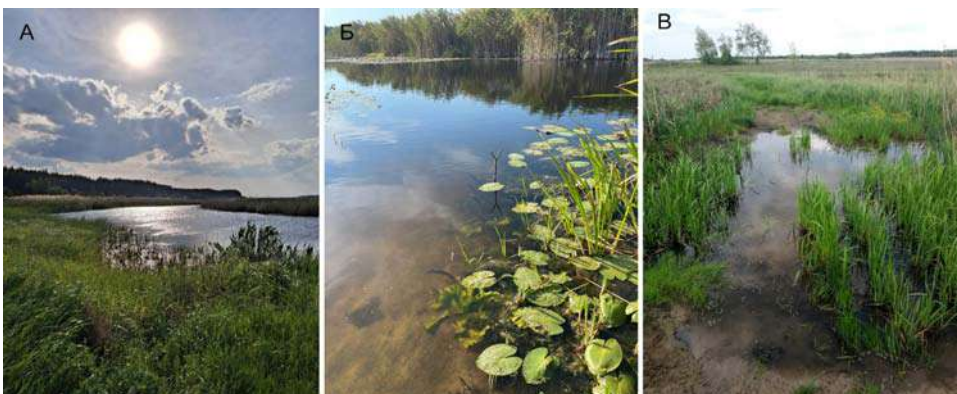


Рис. 1. Місце відбору проб з р. Мож (травень 2025 р.): А — загальний вигляд річки; Б — прибережна частина; В — тимчасова водойма в заплаві річки

Альгологічний матеріал опрацьовували в живому стані за допомогою світлового мікроскопа Olympus BX-53 (об'єктиви $\times 10$, $\times 20$, $\times 40$) з цифровою камерою Olympus LC-30. Для ідентифікації виду використовували визначники (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991; Krause, 1997) та монографії (Borysova et al., 2016; Charophytes..., 2024).

Гербаризовані зразки *N. capillaris* та *Chara globularis* зберігаються в Гербарії Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW) та гербарії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (CWU).

Результати та обговорення

Nitella capillaris (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst. 1820. Brit. Charoph. 1: 96 — Нітела волосоподібна

Базионім: *Chara capillaris* Krock. 1814. Fl. Sles. 3: 62.

Синоніми: *Chara capitata* Nees, *N. capitata* (Nees) C.Agardh, *N. syncarpa* var. *capitata* (Nees) Kütz. emend. R.D.Wood, *N. americana* Scribailo et M.S.Alix

Місцезнаходження

• Харківська обл., Чугуївський р-н, окол. селища Водяхівка, тимчасова водойма в заплаві р. Мож, яка під час весняного водопілля стає протокою, що сполучає заплавне озеро з руслом річки, N 49°41'55.5" E 36°16'42.2". Зібр. А.Б. Громакова 25.05.2025 р.

• Харківська обл., Чугуївський р-н, окол. селища Артюхівка, р. Мож, N 49°42'31.3" E 36°14'49.3". Зібр. А.Б. Громакова 25.05.2025 р.

Навесні в тимчасовій водоймі, що утворюється витоком з заплавного озера на правому березі р. Мож, у першому локалітеті в окол. селища Водяхівка в травні 2024 р. було знайдено невелику популяцію рідкісного виду для світової флори — *Shpaerochara intricata* (Trentep. ex Roth) Feist-Castel et N.Grambart (= *Tolypella intricata* (Trentep. ex Roth) Leonh.) (Borysova et al., 2024). Але в травні 2025 р. під час повторного дослідження цього локалітету розвитку *S. intricata* вже не спостерігалось. Замість нього у тимчасовій водоймі на піщаному дні були виявлені жіночі та чоловічі рослини іншого дуже рідкісного виду для флори України — *N. capillaris*. Водночас у локалітеті біля селища Артюхівка на мілководді р. Мож знайдено частину стерильного талому *N. capillaris*. У вересні в цьому ж локалітеті виявлено зростання звичайного виду — *Chara globularis* Tuill. Інформація про ці знахідки додана також на платформу iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/observations/283966544> та <https://www.inaturalist.org/observations/312727182>).

Нижче наводимо опис зібраних нами зразків *N. capillaris*, які повністю відповідають діагнозу, наведеному раніше у визначниках (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991; Krause, 1997).

Морфологія. Рослина дводомна, тендітна, зелена, інкрустована вапном, 7–12 см завд. (рис. 2). Стебла тонкі, гнучкі, діаметром до 1 мм, рясно галузисті. Міжвузля на основних стеблах удвічі довші за листки, на плодоносних гілках нечисленні, вкорочені. Кільця з 6–9 розпростертих листків. Листки однократно вилчасті з 2–4 члениками другого порядку. В стерильному стані майже по всій довжині стебла та гілок, довгі, а плодоносні дуже вкорочені, формують щільні голівки. Перші листові членики дещо більші за інші, у плодоносних голівках дуже вкорочені.

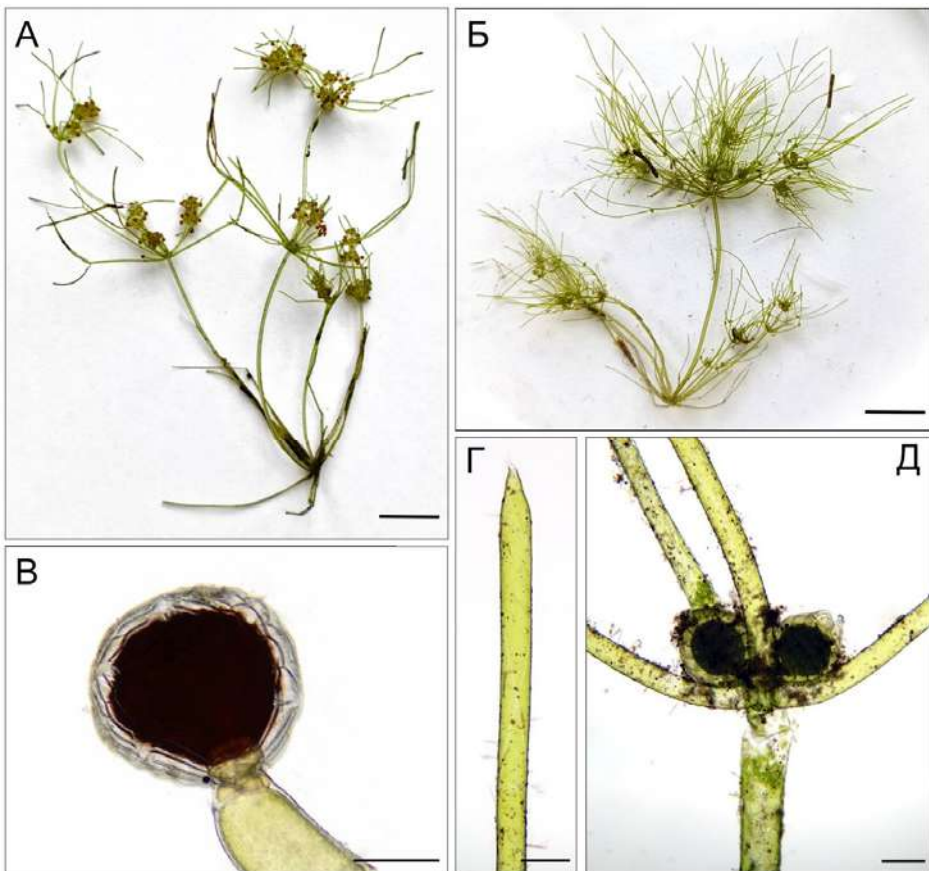


Рис. 2. *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst. А — зовнішній вигляд рослини з антеридіями; Б — зовнішній вигляд рослини з оогоніями; В — антеридій на верхівці членика; Г — верхівкова частина листка; Д — оогонії в розвилці листків. Масштаб: А, Б — 1 см, В–Д — 10 мкм

Другі (кінцеві) членики одноклітинні. Гаметангії лише в розвилках листків, оточені м'яким безструктурним слизом.

Оогонії поодинокі або по 2–3, еліпсоїдні, 410–500 мкм завд. (без коронки), 370–450 завш. Спіральні клітини утворюють 7 закрутів, на верхніх кінцях здуті. Коронка швидко опадаюча. Ооспори еліпсоїдні до майже круглих, 290–320 мкм завд., 290–330 мкм завш. Антеридії 580–670 мкм в діаметрі.

Основними діагностичними ознаками виду є одноклітинні кінцеві листкові членики, вилчасті жіночі листки, гаметангії лише в розвилках листків, оточені м'яким безструктурним слизом (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva; 1991; Krause, 1997).

Місцезростання. Мілководні ставки, канави, канали, озера, річки та тимчасові водойми на низинних ділянках, де вода накопичується під час весняних дощів або з річок.

Загальне поширення. Європа (Австрія, Бельгія, Болгарія, Велика Британія, Греція, Данія, Іспанія, Італія, Нідерланди, Німеччина, Польща, Португалія, Румунія, Сербія, Словенія, Чорногорія, Швеція, Угорщина, Україна, Франція, Чеська Республіка) (Simons, Nat, 1996; Krause, 1997; Nemeth, 2005; Algae..., 2006; Blaženčić et al., 2006; Langangen, 2007; Caisová, Gařka, 2009; Vesić et al., 2011; Mouronval et al., 2015; Giardi, 2023; Nat, 2024; Guiry, Guiry, 2025), Північна Америка (США: штати Луїзіана, Флорида) (Scribailo, Alix, 2010), Азія (Кавказ) (Maleew, 1926; Hollerbach, 1950), Північна Африка (Алжир, Марокко, Туніс) (Muller et al., 2017).

Поширення в Україні. З літератури відомо три місцезростання *N. capillaris* на території Українського Полісся (зона мішаних лісів) (рис. 3): Волинська обл., Камінь-Каширський (раніше Маневицький) р-н, оз. Болотне. Зібр. В.В. Коніщук 10.06.2011 р. (Borysova et al., 2016); Житомирська обл., Коростенський р-н, окол. с. Жабче, ставок. Зібр. О.О. Орлов 20.07.2005 р. (Palamar-Mordvintseva, Borisova, 2006; Borisova, Orlov, 2009); Житомирська обл., Коростенський р-н, Поліський ПЗ, р. Болотниця. Зібр. Н.О. Мошкова 31.07.1971 р. (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Екологія та фенологія. *Nitella capillaris* є типовим однорічником з коротким циклом розвитку. В умовах середньоевропейського клімату ооспори проростають восени, молоді стерильні рослини перезимовують та плодоносять навесні у квітні-травні в залежності від кліматичних умов різних європейських країн, після чого відмирають (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991). Належить до видів, що швидко колонізують нові місця, але невдовзі зникають. Світлолюбний, тяжіє до м'яких або слаболужних вод (рН 6,8–7,8 до 8) (Simons, Nat, 1996; Caisová, Gařka, 2009;

Vesić et al., 2011). Мешкає в мілководних прісних природних або штучних оліго-мезо- та мезотрофних водоймах з прозорою водою, в ставках, каналах, канавах, річках, ефемерних водоймах на піщаних та мулистих ґрунтах, на глибині від 0,3 до 2,0 м. Дуже чутливий до значної мутності води та конкуренції з іншими макрофітами.

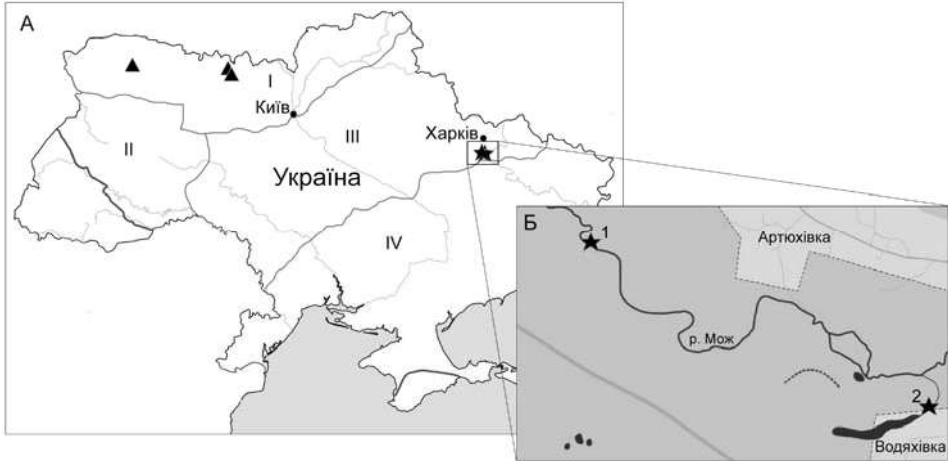


Рис. 3. Карта-схема місцезнаходжень *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst. в Україні: А — карта України з межами зон згідно з фізико-географічним районуванням (I — зона мішаних лісів, II — зона широколистяних лісів, III — лісостепова зона, IV — степова зона); Б — ділянка заплави р. Мож у Харківській обл. (1 — р. Мож; 2 — тимчасова водойма в заплаві р. Мож). ★ — оригінальні дані; ▲ — літературні дані

Загалом, з огляду на рідкісність місцезнаходжень та екологічні властивості вид *N. capillaris* все ще залишається мало вивченим, тому потребує подальших досліджень.

Виявлений біотоп є відносно сприятливим для зростання *N. capillaris*, що підтверджується нормальним розвитком вегетативних таломів та репродуктивних органів на виявлених зразках. Хоча масового росту *N. capillaris* у водоймі не спостерігалось і жіночі та чоловічі рослини були невеликі, проте вони були дуже фертильні.

У соцологічному плані *N. capillaris* у більшості країн Європи характеризується як вразливий, але недостатньо вивчений вид (Blaženčić et al., 2006; Charophytes..., 2024). Згідно з Червоним списком харових водоростей України (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004), відноситься до другої категорії — рідкісний вид, що не знаходиться під прямою загрозою зникнення, але трапляється в такій незначній кількості особин та популяцій на дуже лімітованій території та в специфічних місцезростаннях, що може

швидко зникнути. Підлягає включенню до Червоної книги України (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004).

Це вказує на необхідність повторних досліджень водойм у відомих локалітетах на території Українського Полісся (Волинська та Житомирська обл.), а також моніторингу нещодавно виявлених локалітетів і пошуку нових з урахуванням його біотопічної приуроченості та екологічних і фенологічних особливостей.

Загалом, одержані дані доповнюють відомості щодо видів роду *Nitella* в Харківській обл., серед яких основна кількість локалітетів належить *N. micronata*, звичайному виду для досліджуваній території. Водночас поодинокі локалітети рідкісних *N. flexilis*, *N. gracilis* і *N. syncarpa* вважаються історичними та втраченими (Borysova, Gromakova, 2017, 2019).

Висновки

Уперше для Лівобережного Лісостепу виявлено місцезнаходження рідкісного виду для флори України та Європи — *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst. (*Charophyta*, *Charales*). Вид знайдено навесні 2025 р. у басейні р. Сіверській Донець на території Харківської обл., що підтверджує його існування на території України. Одержані дані свідчать про необхідність моніторингу вже виявлених локалітетів і продовження пошуку нових біотопів рідкісних короткоциклічних видів родів *Nitella* та *Shpaerochara* з урахуванням їхньої біотопічної приуроченості та біологічних, екологічних і фенологічних особливостей. Отримані дані є важливими для обґрунтування включення *N. capillaris* до Червоної книги України.

Список літератури

- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology, and geography*. Vol. 4. *Charophyta*. 2014. Eds P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G. 703 p.
- Blaženčić J., Stevanović B., Blaženčić Ž., Stevanović V. 2006. Red Data List of *Charophytes* in the Balkans. *Biodivers Conserv.* 15: 3445–3457. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-2008-5>
- Borysova O.V. 2024. Current diversity and distribution of the genus *Nitella* C.Agardh (*Charophyta*) in Ukraine. *Algologia*. 34(1): 20–37. [Борисова О.В. 2024. Сучасне різноманіття та особливості поширення харальних водоростей роду *Nitella* C.Agardh (*Charophyta*) в Україні. *Альгологія*. 34(1): 20–37.] <https://doi.org/10.15407/alg34.01.020>
- Borisova E.V., Orlov A.A. 2009. *Charales* of Zhytomyr Polissya (Ukraine). *Algologia*. 19(2): 197–205. [Борисова Е.В., Орлов А.А. 2009. *Charales* Житомирського Полісся (Україна). *Альгологія*. 19(2): 197–205.] <https://oldalgologia.co.ua/archive/19/2>

- Borysova O.V., Burova O.V., Gromakova A.B. 2024. New discovery of a rare species *Tolypella intricata* (Trentepohl ex Roth) Leonhardi (*Charophyta*, *Charales*) in Ukraine in the territory of Kharkiv Region. *Algologia*. 34(4): 333–344. [Борисова О.В., Бурова О.В., Громакова А.Б. 2024. Нова знахідка рідкісного виду на території Харківської області *Tolypella intricata* (Trentepohl ex Roth) Leonhardi (*Charophyta*, *Charales*). *Альгологія*. 34(4): 333–344.] <https://doi.org/10.15407/alg34.04.333>
- Borysova O.V., Gromakova A.B. 2017. A checklist of the Kharkiv region *Charales* (*Charophyta*). *Chornomors'k. bot. z.* 13(2): 215–224. [Борисова, О.В., Громакова, А.Б. 2017. Чеклист *Charales* (*Charophyta*) Харківської області. *Чорноморськ. бот. ж.* 13(2): 215–224.] <https://doi.org/10.14255/2308-9628/17.132/>
- Borysova O.V., Gromakova A.B. 2019. Diversity and distribution of *Charales* (*Charophyta*) in the Kharkiv Region. *Chornomors'k. bot. z.* 15(1): 43–53. [Борисова О.В., Громакова А.Б. 2019. Видове різноманіття та особливості поширення *Charales* (*Charophyta*) у Харківській області. *Чорноморськ. бот. ж.* 15(1): 43–53.] <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2019-15-1-5>
- Borysova O.V., Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2016. *Flora of algae of Ukraine*. Vol. 12. *Charales*. Issue 2. Kyiv. 282 p. [Борисова О.В., Паламар-Мордвинцева Г.М., Царенко П.М. 2016. *Флора водоростей України*. Т. 12. *Харофітові водорості*. Вип. 2. Київ. 282 с.]
- Caisová L., Gąbka M. 2009. Charophytes (*Characeae*, *Charophyta*) in the Czech Republic: Taxonomy, autoecology and distribution. *Fottea*. 9: 1–43. <https://doi.org/10.5507/fot.2009.001>
- Charophytes of Europe*. 2024. Eds H. Schubert, I. Blindow, E. Nat, H. Korsch, T. Gregor, L. Denis, N. Stewar, K. van de Weyer, R. Romanov, M.T. Casanova. Berlin: Springer. 1144 p.
- Hollerbach M.M. 1950. The systematic list of charophytes, found on USSR territory till 1935 inclusively. *Trudy V.L. Komarova Bot. Inst. Ser. 2. Spor. Rast.* 5: 20–94. [Голлербах М.М. Систематический список харовых водорослей, обнаруженных на территории СССР до 1935 г. *Тр. Бот. ин-та им. В.Л. Комарова*. Сер. 2. Спор. раст. 5: 20–94.]
- Hollerbach M.M., Palamar-Mordvintseva G.M. 1991. *Identification manual of freshwater algae of Ukraine*. Issue 9. *Charophyta*. Kyiv: Nauk. Dumka. 196 p. [Голлербах М.М., Паламар-Мордвинцева Г.М. 1991. *Визначник прісноводних водоростей України*. *Харові водорості*. Вип. 9. *Charophyta*. Київ: Наук. думка. 196 с.]
- Giardi L. 2023. Découverte de *Nitella capillaris* (A.J.Krockner) J.Groves & Bull.-Webst., 1920 sur le Causse du Larzac. *Carn. Bot.* 157. <https://doi.org/10.34971/HEZW-WM61>
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2025. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway.
- Krause W. 1997. *Charales* (*Charophyceae*) Bd. 18. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Jena: Gustav Fischer Verlag. 102 p.
- Langangen A. 2007. *Charaphytes of the Nordic countries*. Oslo: Saeculum ANS. 102 p.
- Maleew V.P. 1926. Matériaux sur les hydrocotyles des eaux douces de l'Abkhazie. *Bull. Soc. Sci. D'abkhasie*. 3: 1–20.
- Mouronval J.-B., Baudouin S., Borel N., Soulié-Märsche I., Klecszewski M., Grillas P. 2015. *Guide des characées de France méditerranéenne*. Paris: Office Nat. Chasse Faune Sauv. 211 p.

- Muller S.D., Rhazi L., Soulié-Märsche I., Benslama M., Bottollier-Curtet M., Daoud-Bouattour A., De Belair G., Ghrabi-Gammar Z., Grillas P., Paradis L., Zouaïdia-Abdelkassa H. 2017. Diversity and distribution of *Characeae* in the Magrib (Algeria, Morocco, Tunisia). *Cryptogam. Algol.* 38(3): 201–251. <https://doi.org/10.7872/crya/v38.iss3.2017.201>
- Nat E. 2024. *Nitella capillaris*. In: *Charophytes of Europe*. Berlin: Springer. Pp. 783–792.
- Nemeth J. 2005. Red list of algae in Hungary. *Acta Bot. Hungar.* 47(3–4): 379–417.
- Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2004. Red list of *Charales* of the Ukraine. *Int. J. Algae.* 6(4): 305–318. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v6.i4.10>
- Palamar-Mordvintseva G.M., Borisova E.V. 2006. New localities of *Charales* in Ukraine. *Algologia.* 16(4): 453–459. [Паламарь-Мордвинцева Г.М., Борисова Е.В. 2006. Новые местонахождения *Charales* в Украине. *Альгология.* 16(4): 453–459.]
- Scribailo R.W., Alix M.S. 2010. A checklist of North American *Characeae*. *Charophytes.* 2(1): 38–52.
- Simons J., Nat E. 1996. Past and present distribution of stonworts (*Characeae*) in the Netherlands. *Hydrobiology.* 340: 127–135.
- Vesić A., Blaženčić J., Stanković M. 2011. Charophytes in the Zasavica Special Nature Reserve. *Arch. Biol. Sci.* 63(3): 883–888.

Borysova O.V. ¹ (<https://orcid.org/0000-0002-0941-5099>)

Gromakova A.B. ^{2,3} (<https://orcid.org/0000-0001-8007-9174>)

Burova O.V. ¹ (<https://orcid.org/0000-0002-4300-8075>)

¹ M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine,

2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

² V.N. Karazin Kharkiv National University, Dept of Biology,

4 Svobody Sq., Kharkiv 61022, Ukraine

³ Homilshanski Lisy National Nature Park,

27 Monastyrska Str., Koropove 63523, Kharkiv Region, Ukraine

New records of a rare species *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst. (*Charophyta*, *Charales*) in Ukraine

The data of new records of *Nitella capillaris* are presented. This rare Holarctic species was found in May 2025 in Mozh River (right tributary of the Siverskiy Donets River) and in temporal waterbody of its floodplain in Chuhuiv District (Kharkiv Region, Ukraine) within Forest-Steppe zone. A description of morphological characters, information on general distribution, ecology, and zoological status of the species are provided.

Keywords: *Charophyta*, *Charales*, *Nitella capillaris*, new locations, biodiversity, rare species, Forest-Steppe zone, Kharkiv Region, Ukraine

Citation. Borysova O.V., Gromakova A.B., Burova O.V. 2025. New records of a rare species *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst. (*Charophyta*, *Charales*) in Ukraine. *Algologia.* 35(4): 331–339. <https://doi.org/10.15407/alg35.04.331>

Показчик статей, надрукованих у 2025 році*

Генетика

- Джозефін А., Кумар Т.С., Ашок Кумар С., Дхарані Г., Кірубагаран Р. Покращена біомаса, ліпіди та біоактивні сполуки з генетично модифікованих мікродоростей на основі *crispr-cas9*, *crispr* та *asgard*: перспективний рубіж у біотехнології 2, 85

Фізіологія, біохімія, біофізика

- Гаммуді С., Дівані Н., Атмуні Х., Айяді Х., Гвермазі В. Захисна дія біологічно активного пігменту, виділеного з нового штаму галофільних ціанобактерій, проти токсичності шкідливих металів у клітині людини 1, 3
- Сустані Б.С., Зареї Даркі Б., Юсефзаді М., Ранждбар М.Ш. Антиоксидантна активність ендосимбіотичної динофлагеляти *Symbiodinium* sp., яка мешкає у м'якому коралі *Stichodactyla haddoni* Saville-Kent. 1, 15
- Шихалєєва Г.М., Кірюшкіна Г.М., Герасимюк В.П. Особливості накопичення мікроелементів у макродоростях прибережної акваторії Куяльницького лиману та його допливів (Північно-Західне Причорномор'я, Україна) 4, 271

Екологія, ценологія, охорона та роль водоростей у природі

- Григор'єва Г.Є. Характеристика осіннього мікрофітобентосу та фітоепіфітону літоралі оз. Вербне (м. Київ, Україна) 1, 58
- Давидов О.А., Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Козійчук Е.Ш. Структура мікрофітобентосу пелагіалі та літоралі Київського водосховища 3, 173
- Жорова А.В. Якісний склад та просторовий розподіл фітоепіфітону р. Рось та її допливів (Україна) 2, 128
- Семенюк Н.Є., Щербак В.І., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. Динаміка локальних угруповань фітопланктону верхньокаскадних дніпровських водосховищ за сучасних умов 1, 30
- Семенюк Н.Є., Щербак В.І., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. Континуальність і дискретність таксономічної характеристики контурних альгоугруповань Дніпровських водосховищ (Україна) 4, 253
- Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. Особливості біотопічної приуроченості водоростей водної товщі прісноводних гідроєкосистем різного типу 2, 104

Флора та географія

- Борисова О.В. Сучасне різноманіття та особливості поширення водоростей роду *Chara* L. (*Charophyta*, *Charales*) в Україні 2, 148
- Герасимюк В.П. Мікрофітобентос річок Північно-Західного Причорномор'я (Україна) 4, 311

* Напівжирним шрифтом позначений номер журналу, світлим – сторінка.

Ле Дінх Хун, Во Тхі Дьєу Транг, Хоанг Тхі Транг Нгуєн, Дінх Тхань Трунг, Нго Тхі Дуї Нгок, Фан Тхі Хоай Трін. Новий член родини лектинів ОААН з культивованої у В'єтнамі червоної водорості *Eucheuma denticulatum* 3, 194

Ткаченко Ф.П., Касьянов С.О. Водорості-макрофіти прибережжя Кінбурнської коси та її внутрішніх озер (НПП «Білобережжя Святослава», Україна 4, 299

Систематика, філогенія, питання еволюції водоростей

Брянцева Ю.В., Гірі М.Д. Ревізія чек-листа динофлагелат Чорного моря 3, 210

Нові та рідкісні таксони

Борисова О.В., Громакова А.Б., Бурова О.В. Нові знахідки рідкісного виду *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst. (*Charophyta*, *Charales*) в Україні 4, 331

Прикладна альгологія

Чандра Хас, Руші Пател, Хітеш Падхіяр. Порівняльне дослідження очищення промислових стічних вод міководоростями *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus quadricauda* 3, 236

Методика

Спаньоло Д., Дженовезе Г. Порівняльні методи екстракції полісахаридів ульванів з *Ulva ohnoi* (*Chlorophyta*): переваги мікрохвильових методів 1, 73