

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 (Algology) 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 Algology; 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 Algology; Discussions, Short Communications; Procedure; Surveys. History of Algology; 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)

Окологков 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

Blanko 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)

Olshtynska O.P. (Ukraine)

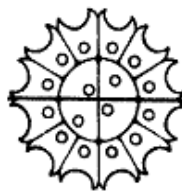
Sadogurska S.S. (Ukraine)

Semenyuk N.E. (Ukraine)

Holzinger A. (Austria)

Shalygin S.S. (USA)

Том 34
1•2024



АЛГО
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

- 3 Пас-Кордон К.Е., Окологков Ю.Б., Кобо-Градин Ф. Шкідливе «цвітіння» води, спричинене динофлагелятами в Тихому океані біля Гватемали (2019–2022 рр.)

Флора та географія

- 20 Борисова О.В. Сучасне різноманіття та особливості поширення харальних водоростей роду *Nitella* C.Agardh (*Charophyta*) в Україні

Викопні водорості

- 38 Ольштинська О.П. Поширення, таксономічне різноманіття та екологія палеогенових діатомових (*Bacillariophyta*) в Україні

Нові та рідкісні таксони

- 58 Березовська В.Ю. Перші відомості про різноманіття водоростей оліготрофного сфагнового болота Чорне Багно (НПП «Зачарований край», Закарпатська обл., Україна)

Методика

- 80 Брен О.Г., Брен О.А., Солоненко А.М., Подорожний С.М. Автоматизація обчислень індексу Дайса (Чекановського-Сьоренсена) у фікологічних дослідженнях

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, тел. 235-13-11

Address of the Editorial Office: M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine,
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, tel. 235-13-11

e-mail: algologia@ukr.net

caim: www.algologia.co.ua

Оригінал-макет виготовлено в редакції журналу «Альгологія»

Номер реєстраційного свідоцтва КВ-№ 21246-11046ПР від 27.02.2015

Затверджено до друку вченою радою Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
(протокол № 2 від 27 лютого 2024 р.)

Підп. до друку 06.03.2024. Формат 70×108/16. Ум.-друк. арк. 9,8. Обл.-вид. арк. 13,72.
Тираж 62 прим. Зам. №

Віддруковано ВД «Академперіодика» НАН України, вул. Терещенківська, 4, Київ 01024

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 544 від 27.07.2001

ПАС-КОРДОН К.Е. ¹ (<https://orcid.org/0009-0009-6673-6751>)

ОКОЛОДКОВ Ю.Б. ^{2*} (<https://orcid.org/0000-0003-3421-3429>)

КОБО-ГРАДИН Ф. ³ (<https://orcid.org/0000-0001-5684-266X>)

¹ Інститут гідробіологічних досліджень, Центр морських досліджень і аквакультури,
Університет Сан-Карлос-де-Гватемала (IIN-CEMA-USAC), м. Гватемала, Гватемала

² Інститут морських наук і рибальства, Університет Веракрузана (ICIMAR-UV),
Бока-дель-Ріо, Веракрус, Мексика

³ Університет Сантьяго де Компостела (USC), Понтеведра, Галісія, Іспанія

* yuriokolodkov@yahoo.com

ШКІДЛИВЕ «ЦВІТІННЯ» ВОДИ, СПРИЧИНЕНЕ ДИНОФЛАГЕЛЯТАМИ В ТИХОМУ ОКЕАНІ БІЛЯ ГВАТЕМАЛИ (2019–2022 рр.)

Реферат. Дослідження планктону в Гватемалі пов'язані з випадками шкідливого «цвітіння» води (ШЦВ), спричиненого водоростями – продуцентами токсинів. У 1987 р. 193 людини отруїлися після вживання моллюсків, з них 22 людини померли. Як виявилось, це сталося через токсичного динофлагелята *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Böhm) Steidinger, Tester & F.J.R.Taylor, яким харчувалися моллюски. В листопаді 2019 р. цей вид знову було зареєстровано в прибережній частині Тихого океану в Гватемалі. Його чисельність сягала 1×10^4 кл./л. У вересні 2020 р. було виявлено «цвітіння» *Margalefidinium polykrikoides* (Margalef) F.Gómez, Richlen & D.M.Anderson, чисельність його на вегетативній стадії була $1,24 \times 10^6$ кл./л, а цист – $1,53 \times 10^6$ кл./л. Масовий розвиток *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy спостерігався в листопаді 2020 р. та березні 2021 р. ($1,2 \times 10^6$ кл./л). З січня по грудень 2021 р. на трьох ділянках акваторії перед портом Кецаль проводився щомісячний моніторинг (зразки відбирали планктонною сіткою з розміром комірки 25 мкм). У квітні

Надійшла до редакції 07.02.2024. Після доопрацювання 19.02.2024. Підписана до друку 10.03.2024.
Опублікована 20.03.2024

Ц и т у в а н н я . Пас-Кордон К.Е., Окологков Ю.Б., Кобо-Градин Ф. 2024. Шкідливе «цвітіння» води, спричинене динофлагелятами в Тихому океані біля Гватемали (2019–2022 рр.). *Альгологія*. 34(1): 3–19.
<https://doi.org/10.15407/alg34.01.003>

2022 р. у західному секторі гватемальського Тихого океану, зокрема в муніципалітеті Тікісате департаменту Ескуїнтла, було зафіксовано 11 випадків у людей із симптомами паралітичного отруєння моллюсками. У період з 3 по 27 травня 2022 р. ШЦВ спричинило смерть чотирьох та отруєння 34 людей у департаментах поблизу Мексики: Реталулеу (Чамперіко), Сан-Маркос (Тілапа) та Ескуїнтла (Тікісате, Буена-Віста та Істапа). Максимальна концентрація сакситоксину була зафіксована біля Реталулеу (14 099 МО/100 г); до 7 липня 2022 р. сакситоксин продовжували виявляти в Тілапі та Тікісате (1021 МО/100 г). У шлунку моллюска *Tagelus* sp. (двостулкові: Solecurtidae) були виявлені клітини *P. bahamense*.

Ключові слова: «цвітіння» води, динофлагеляти, Гватемала, Тихий океан, мікрowodорості, фітопланктон, *Pyrodinium bahamense*, сакситоксин, паралітичне отруєння моллюсками

Вступ

Гватемала — центральньоамериканська країна, що омивається водами Тихого океану та Карибського моря, має найдовший кордон з Мексикою (958 км) на південний схід від неї; берегова лінія вздовж Тихого океану становить 300 км. З 1970 по 2016 рр. в Центральній та Південній Америці було зареєстровано понад 1410 випадків отруєння людей (включаючи 94 смерті) сакситоксином (СТК) та його аналогами, що виробляються деякими видами планктонних динофлагелят. Це призвело до паралітичного отруєння моллюсками (ПОМ). Найбільшу кількість отруєнь (819 випадків) спричинили *Pyrodinium bahamense* Plate, *Alexandrium* spp. (350 випадків) та *Gymnodinium catenatum* H.W.Graham (241 випадок) (Band-Schmidt et al., 2019).

Фактори навколишнього середовища, такі як циркуляція океану, атмосферні опади, вітри та водна стратифікація, змінюються зі зміною клімату та різними способами впливають на екологію шкідливого «цвітіння» водоростей (ШЦВ). Скупчення цист динофлагелят (бентосна стадія в життєвому циклі деяких видів) у мілководних прибережних затоках зазвичай мають вищу температурну сезонність, ніж ті, що знаходяться в глибоких відкритих водах (Hoppenrath et al., 2014; Brosnahan et al., 2020).

Цистоутворення може обмежити інтенсивність розвитку цистоутворюючих видів незалежно від впливу факторів навколишнього середовища, таких як поживні речовини та сонячна радіація. Утворення нових цист важливо для оновлення популяції та її інтенсивного розвитку в майбутньому. Через їхню важливість для розуміння екологічних передумов

процесу «цвітіння» води дослідники десятиліттями намагалися описати процес утворення цист *in situ*, проте це дуже непросто.

Більшість випадків «цвітіння» води, викликаних іхтіотоксичним видом *Margalefidinium polykrikoides* (Margalef) F.Gómez, Richlen et D.M.Anderson (= *Cochlodinium polykrikoides* Margalef) у Північній і Центральній Америці, було зареєстровано вздовж узбережжя Тихого океану, включаючи Мексику та Коста-Ріку (Alonso-Rodriguez, 2004; Durán-Riveroll et al., 2019). Деякі з них спричинили загибель кількох видів риб.

У Гватемалі було проведено небагато досліджень морського фітопланктону, причому динофлагеляти є найбільш вивченою таксономічною групою. У 1987 р. спостерігалася важлива подія ШЦВ, коли 193 людини отруїлися після вживання молюсків, 22 випадки були летальними. Зокрема, повідомлялося про знахідки *Dinophysis caudata* Kent, *Gonyaulax verior* Sournia та *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Böhm) Steidinger, Tester & F.J.R.Taylor як найпоширенішого виду (Paz-Cordón, 1997). В огляді, присвяченому ролі динофлагелят як агентів ШЦВ у Тихому океані біля Гватемали, вказано, що такі випадки зареєстровані у 1985, 1987, 1989, 1990, 1995, 2001 і 2005 рр. (Leiva, 2008). У грудні 2018 р. зареєстровано розвиток *P. bahamense* var. *compressum* із чисельністю 3×10^3 кл./л); біопроби на мишах засвідчили наявність сакситоксину (СТК) у кількості 8236 МО/100 г та 6559 МО/100 г (García-Pérez et al., 2018). У Карибському прибережжі Гватемали в таких екосистемах, як коралові рифи та зарості підводної рослинності, автори виявили потенційно токсичні бентосні динофлагеляти родів *Gambierdiscus* R.Adachi et Y.Fukuyo, *Prorocentrum* Ehrenb., *Coolia* A.Meunier та *Ostreopsis* Johs. Schmidt.

Метою роботи було дослідження випадків «цвітіння» води в Тихому океані біля узбережжя Гватемали в період 2019–2022 рр., основними збудниками яких були продуцент СТК *Pyrodinium bahamense* та іхтіотоксичний *Margalefidinium polykrikoides*. Якщо в 2019–2021 рр. не було зареєстровано випадків інтоксикації людей через ШЦВ і карантинні заходи не вводилися, то в 2022 р. від «цвітіння» постраждали 22 людини, з них четверо померли.

Матеріали та методи

Район досліджень

На клімат Гватемали впливає її географічне положення в тропічній зоні Північної півкулі та велика різноманітність висот, що коливаються від рівня моря до 4220 м. Висотні варіації, а також вплив океану сприяють надзвичайній строкатості кліматичних умов; на даний момент на території

країни відомо близько 360 варіантів мікроклімату (Bardales-Espinoza et al., 2019). На відміну від чотирьох сезонів року в середніх широтах Гватемала має два чітко виражені сезони: дощовий (травень–жовтень) та сухий (листопад–квітень).

Сезон дощів починається в травні й погода в червні зазвичай хмарна та дощова. В цей період внутрішньотропічна зона конвергенції (ВТЗК) наближається до широт Гватемали. Північно-східні пасати приносять хмарні системи, що продукують інтенсивні дощі. У Гватемалі початок сезону дощів на більшій частині території пояснюється впливом атмосферних фронтів зі сходу, надходженням вологи на обидва узбережжя та наближенням до осі ВТЗК. Іноді ці східні фронти можуть стати тропічними циклонами та викликати проливні дощі (ICC, 2022; INSIVUMEN, 2022). У липні – на початку серпня через зміну пасатів і посилення антициклону в Мексиканській затоці настає сухий період, який називають собачими днями. Згодом, коли він слабшає та зникає, інтенсивні опади повертаються, завершуючи сезон дощів у вересні та жовтні (INSIVUMEN, 2022).

Під час сухого сезону атмосферний тиск підвищується й маси холодного повітря мігрують з полярної зони, спричиняючи зниження температури та збільшення швидкості вітру. Переважає північний вітер, а холодний сезон триває з листопада до лютого. Згодом температура підвищується і в березні та квітні виникають хвилі спеки. У цей період через вплив холодних фронтів можливі деякі локальні конвективні або префронтальні дощі (INSIVUMEN, 2022).

Відбір проб та лабораторні дослідження

Матеріалом для дослідження слугували проби, відібрані в період з жовтня 2019 р. по вересень 2022 р. у різних місцях тихоокеанського прибережжя Гватемали, де спостерігалось «цвітіння» води, включаючи акваторію порту Пуерто-Кетцаль та інші ділянки біля Пуерто Сан Хосе (рис. 1). Кількісні зразки фітопланктону відбирали з човна за допомогою 6,4 л пляшки Ван Дорна між 8:00 ранку та 12:00 дня, фіксували кислим розчином Люголя та зберігали в скляних пляшках Kimax-Kimble об'ємом 500 мл. Додатково в кожному місці відбору зразків проводили горизонтальне буксирування планктонної сітки з розміром комірки 25 мкм протягом 5 хв, а потім аналізували за допомогою інвертованого мікроскопа Premier, модель PW-BDS200, оснащеного об'єктивами LWD Plan 25x/0,40 та 40x/0,65 (Ningbo ProWay Optics & Electronics Co., Ltd., Китай). Клітини підраховували в 1 мл камері Седжвіка-Рафтера (Reguera et al., 2011).

Крім того, під час відбору зразків ми координували роботу з установами, які входять до складу Національної комісії з червоних припливів у Гватемалі, для проведення збору двостулкових молюсків, щоб гарантувати безпеку їхнього споживання людиною (рис. 1).



Рис. 1. Станції відбору проб двостулкових молюсків в період отруєнь людей після вживання двостулкових молюсків під час «цвітіння» *Pyrodinium bahamense* в Тихому океані Гватемали в травні–серпні 2022 р.

Мета цього збору полягала в кількісному визначенні присутності сакситоксину (STX) за допомогою офіційного методу аналізу 959.08.16 АОАС – Асоціації офіційних сільськогосподарських хіміків (AOAC, 2000), який використовує біотести на мишах (Comisión del Codex Alimentarius, 2017). Ці тести були проведені в Національній лабораторії охорони здоров'я завдяки співпраці з Управлінням правил рибальства та аквакультури Міністерства сільського господарства, тваринництва та продовольства (MAGA). Через пандемію COVID-19 відбір проб у 2020 р. проводився нерегулярно.

Результати

Періодичні спалахи «цвітіння» води, викликані *Margalefidinium polykrikoides* (цисти) та *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, відбувалися у 2019, 2020 (табл. 1) та 2021 рр. (табл. 2). Нижче в хронологічному порядку представлено відомості стосовно випадків ШЦВ, що фіксувалися в досліджуваній період, з точки зору чисельності клітин видів динофлагеллят, що викликали «цвітіння», та концентрації токсинів.

Таблиця 1. Результати аналізу сакситоксину в різних районах (ділянка, департамент) гватемальського сектору Тихого океану в різні місяці 2019–2020 рр. Визначено офіційним методом 959.08.16 АОАС (біотест на мишах)

Дата відбору	Пуерто Сан-Хосе, Ескуїнтла	Пуерто Кецаль, Ескуїнтла	Лас Лісас, Санта Роза	Буена Віста, Ескуїнтла	Ізтапа, Ескуїнтла	Чамперіко, Реталулеу
31.10.2019		3275	178,5			
8.11.2019	1320,4	3037				
11.11.2019						нв
13.11.2019			200,7			
14.11.2019	нв					нв
15.11.2019					283,2	
19.11.2019		1162,1				
20.11.2019			нв	140,9		
22.11.2019	5200,6					
28.11.2019		426				
31.01.2020				156,2		
11.02.2020						нв
12.02.2020					нв	
24.09.2020		159,6		нв		
29.09.2020			нв			
01.10.2020						нв

Позначення: нв – не виявлено; пропуск – не досліджували.

Мікроскопічні дослідження в період 2019–2022 рр. виявили вегетативні клітини та цисти *Margalefidinium polykrikoides*, а також вегетативні клітини *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*. Ці фотосинтезуючі види

історично відомі своїм внеском у «цвітіння» водоростей у центральній частині гватемальського сектору Тихого океану.

У листопаді 2019 р. чисельність *P. bahamense* var. *compressum* становила 10 кл./мл.

Таблиця 2. Чисельність вегетативних клітин (кл./л) *Margalefidinium polykrikoides* у Пуерто Кетцаль і Пуерто Сан Хосе та *Pyrodinium bahamense* в Пуерто Кетцаль у 2021 р.

Місяць	<i>Margalefidinium polykrikoides</i> , Пуерто Кетцаль	<i>Margalefidinium polykrikoides</i> , Пуерто Сан Хосе	<i>Pyrodinium bahamense</i> , Пуерто Кетцаль
Січень	$4,9 \times 10^4$	$9,2 \times 10^4$	3×10^4
Лютий	4×10^5	$8,2 \times 10^5$	0
Березень	$2,5 \times 10^7$	$1,2 \times 10^6$	0
Квітень	$8,5 \times 10^4$	$2,8 \times 10^6$	0
Травень	$1,78 \times 10^5$	$1,8 \times 10^5$	0
Червень	$2,28 \times 10^5$	$2,3 \times 10^5$	1×10^4
Липень	—	—	—
Серпень	$3,9 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$	0
Вересень	$4,2 \times 10^4$	$6,9 \times 10^4$	0
Жовтень	$6,7 \times 10^4$	$6,7 \times 10^4$	0
Листопад	$1,6 \times 10^5$	$5,1 \times 10^4$	0
Грудень	8×10^3	5×10^4	$2,4 \times 10^5$

Позначення: «—» — відбір зразків не здійснювали.

2019 р. У жовтні та листопаді 2019 р. в акваторії Пуерто-Кетцаль були виявлені клітини *M. polykrikoides*, які утворювали ланцюжки з 3-4 клітин. Їхня чисельність досягала $7,8 \times 10^6$ кл./л. «Цвітіння» спричинило знебарвлення води та зміну її запаху, а також замор риби. Токсикологічний аналіз виявив присутність СТК (3,274 МО/100 г). *Pyrodinium bahamense* також розвивався у великій кількості в цьому змішаному «цвітінні» (до $3,9 \times 10^4$ кл./л).

2020 р. Наступний випадок «цвітіння» спостерігався у вересні 2020 р., коли показники чисельності як вегетативних клітин, так і цист *M. polykrikoides* досягали $1,24 \times 10^6$ кл./л та $1,53 \times 10^6$ кл./л відповідно. Дані про вміст СТК у двостулкових молюсках з деяких регіонів тихоокеанського узбережжя Гватемали в різні місяці 2020 р. наведено в табл. 1. Крім того, у листопаді 2020 р. в доку Пуерто-Кетцаль

спостерігалось біоломінісцентне «цвітіння» гетеротрофного нетоксичного динофлагелята *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kof. et Swezy з чисельністю $1,1 \times 10^6$ кл./л. Це був перший кількісний звіт про цей вид у Гватемалі.

2021 р. У січні 2021 р. впроваджено щомісячний моніторинг фітопланктону на трьох ділянках відбору проб, розташованих на відстані 3–5 км від берега, з глибиною 1,5–5,0 м. У березні 2021 р. було виявлено «цвітіння» *M. polykrikoides* з чисельністю $1,2 \times 10^6$ кл./л. Протягом 2021 р. вегетативні клітини *M. polykrikoides* у Пуерто-Кетцалі та Пуерто-Сан-Хосе та *P. bahamense* у Пуерто-Кетцалі супроводжувалися великою кількістю цист ($1,53 \times 10^6$ кл./л) перед портом ($13^{\circ}55'7,53''\text{N}$, $90^{\circ}47'15.835''\text{W}$).

Протягом 2021 р. *M. polykrikoides* домінував у Пуерто-Кетцалі та Пуерто-Сан-Хосе, а *P. bahamense* – у Пуерто-Кетцалі (табл. 2).

2022 р. У квітні 2022 р. у західному секторі гватемальського Тихого океану, зокрема в муніципалітеті Тікісате департаменту Ескуінтла, було зафіксовано 11 випадків прояву симптомів ПОМ у людей. На жаль, в одному випадку споживання двостулкових молюсків, відомих як *Tagelus* sp. (*Bivalvia*: *Cardiida*: *Solecurtidae*), призвело до смерті 12-річного хлопчика (рис. 2). Пацієнти зі шлунково-кишковими розладами, властивими ПОМ, отримали медичну допомогу в лікарні Тікісате.

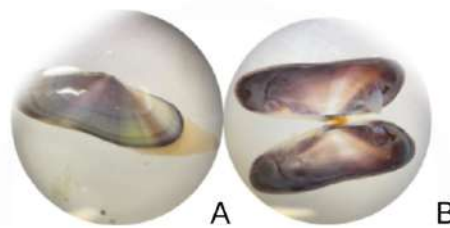


Рис. 2. Двостулковий молюск *Tagelus* sp., переносник сакситоксину в тихоокеанському прибережжі Гватемали. А: дорсальний вид правої стулки; В: внутрішній вигляд стулок

Національна лабораторія Міністерства охорони здоров'я Гватемали (MSPAS) провела тести на мишах, щоб визначити наявність СТК у вищезгаданих молюсків. Результати виявили максимальні рівні 7069,4 МО на 100 г, або 1413,9 мкг еквіваленту СТК на 100 г тканини молюсків у зразках, отриманих у муніципалітеті Тіквісате. Ці рівні перевищували межі, дозволені для споживання людиною, у 18 разів, згідно з національними та міжнародними правилами, які встановлюють максимум 400 МО на 100 г, або 80 мкг еквівалента СТК на 100 г тканини молюска (Moestrup, 2009). За результатами цих звітів, різні установи, включно з

Управлінням регулювання рибальства та аквакультури (DIPESCA) MAGA, Національним інститутом сейсмології, вулканології, метеорології та гідрології Гватемали (INSIVUMEN), MSPAS, Тихоокеанським військово-морським командуванням (CONAPAC) і CEMA-USAC, вирішили посилити епідеміологічний нагляд для виявлення можливих випадків отруєння. Це призвело до видачі червоного рівня тривоги Комісією із захисту населення.

CEMA-USAC відповідав за якісний аналіз зразків води, зібраних DIPESCA, хоча переконливих доказів присутності мікрowodоростей, що викликають хворобу, не було знайдено. Згодом було досліджено двостулкових молюсків *Tagelus* sp., ідентифікованих як збудників отруєння STX під час «цвітіння» водоростей. Родина *Solecurtidae*, до якої належить цей рід, характеризується наявністю квадратної витягнутої рівностулкової черепашки з шарніром, як правило, з двома кардинальними зубцями в кожній стулці, а також двома рубцями привідних м'язів неоднакової форми та глибоким мантийним синусом (Fischer et al., 1995).

Морфологічний аналіз десяти особин цього двостулкового молюска дозволив визначити середню довжину черепашки 21,57 мм і середню висоту 7,85 мм. Крім того, проведено аналіз вмісту шлунку, де виявлено клітини *P. bahamense* (рис. 3). MSPAS провів додатковий аналіз СТК, отримані результати показали максимум 7069,4 МО на 100 г тканини молюсків у Мадре-В'єха, Тікісате.

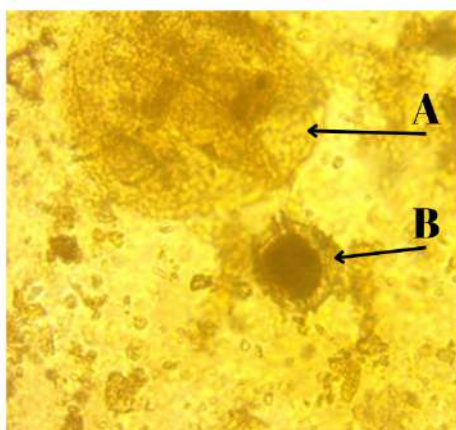


Рис. 3. Динофлагеляти, виявлені в шлунку молюску *Tagelus* sp. у Тікісате, Гватемала.

A: *Noctiluca scintillans*; B: *Pyrodinium bahamense*

20 травня 2022 р. повідомлено про отруєння 23 осіб, які отримали медичну допомогу в лікарні Тікісате (табл. 3). У всіх випадках спостерігалися шлунково-кишкові симптоми та неврологічні прояви після

споживання моллюсків. Згідно з епідеміологічним попередженням, оприлюдненим МСПАС, з 29 квітня по 20 травня зафіксовано 34 випадки отруєнь у людей віком від 5 до 59 років, з яких, на жаль, 4 людини померли.

Таблиця 3. Хронологія отруєнь людей після споживання двостулкових моллюсків з тихоокеанського прибережжя Гватемали у 2022 р.

Дата	Місце відбору, муніципалітет/департамент	Концентрація СТК, МО/100 г	Вид-переносник
3 травня	Мадре В'єха, Тікісате	7 069,40	<i>Tagelus</i> sp.
3 травня	Ель Семільєро, Тікісате	5 013,10	<i>Tagelus</i> sp.
5 травня	Ель Семільєро, Тікісате	3 948,90	<i>Tagelus</i> sp.
11 травня	El Semillero, Тікісате	2 316,60	<i>Tagelus</i> sp.
13 травня	Буена Віста, Ескуїнтла	108	<i>Anadara grandis</i>
13 травня	Ізапа, Ескуїнтла	нв	Устриці
26 травня	Плайя де ла Ісла, Сан Маркос	12 686,00	<i>Tagelus</i> sp.
25 травня	Мадре В'єха, Тікісате	14 099,00	<i>Tagelus</i> sp.
27 травня	Тілапа, Окос, Сан Маркос	816	<i>Tagelus</i> sp.
27 травня	Чамперіко, Реталулеу	115	Устриці
16 червня	Тілапа, Окос, Сан Маркос	1 580,00	<i>Tagelus</i> sp.
19 червня	Ель Семільєро, Тікісате	124	<i>Tagelus</i> sp.
27 липня	Плайя де ла Ісла, Сан Маркос	163	<i>Tagelus</i> sp.
27 липня	Тілапа, Окос, Сан Маркос	1 501,00	<i>Tagelus</i> sp.
16 серпня	Тілапа, Окос, Сан Маркос	136	<i>Tagelus</i> sp.

П о з н а ч е н н я . нв – не виявлено.

Обговорення

Випадки ШЦВ у центральному секторі гватемальського Тихого океану в 2019–2022 рр., збудником яких був *M. polykrikoides*, виникали поблизу гирл річок, коли температура води підвищувалася в періоди слабких вітрів і низької концентрації поживних речовин. Схожі явища спостерігалися кількома дослідниками. «Цвітіння» не тільки збагачувало воду поживними речовинами, але й створювало градієнти вертикальної щільності та

температури, які сприяли стабільності водної товщі, створюючи сприятливі умови для виживання та розвитку *M. polykrikoides* (Alonso-Rodríguez, 2004). В роботі філіппінських дослідників (Azanza, Baula, 2005) «цвітіння» цього динофлагелята також пов'язує з високою концентрацією поживних речовин, спричиненою впливом дощу та вітру. Таким чином, припускають, що інтенсивний розвиток мікроводоростей залежить від концентрації розчинених поживних речовин і гідродинамічних характеристик досліджуваної території.

Аутекологія *P. bahamense* тісно пов'язана з динамікою чисельності його спочиваючих цист, розташуванням лож цист і температурою води в регіоні. На досліджуваній території ці умови є сприятливими для його зростання протягом більшої частини року, хоча вид може бути відсутнім у товщі води протягом тривалого часу. В Азії «цвітіння» цього виду відбувається більш спорадично, іноді з клітинами, присутніми цілий рік або з кількома піками протягом року (Azanza et al., 2001). У південній частині Мексиканської затоки їх присутність спостерігається протягом усього року, тоді як у Каліфорнійській затоці популяції більш сезонні (Brosnahan et al., 2020).

Численні дослідження засвідчують роль цист в екології динофлагелят: вони діють як посівний матеріал для розвитку планктонних популяцій. Тому майже повна відсутність життєздатних цист токсичних і потенційно токсичних динофлагелят *Gymnodinium catenatum* H.W.Graham, *Lingulodinium polyedra* (F.Stein) J.D.Dodge і *Prorocentrum reticulatum* (Clap. et Lachm.) Bütschli виключає утворення їх значних відкладів, отже планктонні популяції повинні залежати від інших джерел інокуляції (García-Moreiras et al., 2021). Дослідження *Alexandrium catenella* (Whedon et Kofoid) Balech і *P. bahamense* значно розширили наші знання про роль бентосних зв'язків в екології фітопланктону. Наприклад, за розташуванням бентосних скупчень спочиваючих цист динофлагелят, які накопичуються у відкладах, часто можна визначити, де відбудеться спалах «цвітіння» (Brosnahan et al., 2020; García-Moreiras et al., 2021).

У цист *A. catenella* та *P. bahamense* існує два різних типи періоду спокою. Перший, так званий обов'язковий спокій, пов'язаний із періодом дозрівання, необхідного для проростання цисти, відбувається відразу після її утворення (Anderson, Morel, 1979). Другий, відомий як вторинний стан спокою, є оборотним станом, який лежить в основі циклу спокою й може повторюватися багато разів протягом життя цисти. Було показано, що тривалість вторинного спокою визначається температурою (Moore et al., 2008; Brosnahan et al., 2020). Гіпотеза «вікна можливостей» (Moore et al., 2008) може передбачити більш раннє та тривале «цвітіння», оскільки

температури стають дедалі сприятливішими для росту та поділу планктонних вегетативних клітин (Brosnahan et al., 2020).

Низка видів динофлагеллят відповідальна за явища ШЦВ; багато з цих видів виробляють спочиваючі цисти, що перебувають у стані спокою, доки зберігаються несприятливі умови. Ці явища можуть бути пов'язані з різними загрозами для прибережних екосистем, такими як отруєння людей через споживання двостулкових молюсків або зміна кольору води.

Цистоутворення може обмежити посилення «цвітіння» цистоутворюючих видів, незалежно від таких факторів, як неорганічні поживні речовини та світло. Утворення нових цист є важливим для оновлення їх запасів та початку майбутнього «цвітіння» (Brosnahan et al., 2017). Через їхню важливість для екології «цвітіння» вже тривалий час продовжуються спроби дослідити утворення нових цист *in situ*; такі спостереження дуже утруднені. Гамети та планозиготи, попередники планктонної статеві стадії нових цист, є короточасними та відносно рідкісними порівняно з вегетативними клітинами в популяціях, які викликають «цвітіння» (Hallegraeff et al., 2003). Тому більшість описів процесу цистоутворення отримані в результаті лабораторних спостережень.

За даними INSIVUMEN (2022), накопичена кількість опадів у жовтні 2021 р. перевищила історичну медіану в Бока-Коста (департамент Ескуінтла в гватемальському Тихому океані) головним чином через проходження трьох тропічних хвиль: двох холодних фронтів і наближення ВТЗК. Проте в Тихому океані були деякі райони з накопиченими мінімумами (ICC, 2022).

Відповідно до прогнозів, опублікованих Центром прогнозування клімату (Національна служба погоди, NOAA, США; <https://www.spc.ncep.noaa.gov/>) та Міжнародним науково-дослідним інститутом кліматичного суспільства (Кліматична школа Колумбійського університету, Нью-Йорк, США; <https://www.climate.columbia.edu/>), у квітні 2022 р. були виявлені ознаки слабкої Ла-Ніньї. У період з квітня по червень було зафіксовано зниження температури поверхні моря приблизно на $-0,7^{\circ}\text{C}$, що вказує на сталу присутність Ла-Ніньї. За квартал з травня по липень було оцінено 61% ймовірності умов Ла-Ніньї, тоді як нейтральні умови мали 39%-ну ймовірність (INSIVUMEN, 2022). Крім того, для кварталу з червня по серпень прогнозується ймовірність 49% для умов Ла-Ніньї, 49% для нейтральних умов і лише 2% для умов Ель-Ніньо. Моделі, пов'язані з феноменом південного коливання Ель-Ніньо (ПКЕН), припускали, що умови Ла-Ніньї зберігатимуться до кінця 2022 р. (INSIVUMEN, 2022).

Співставлення даних про показники біомаси *P. bahamense* з циклами Ель-Ніньо/Ла-Нінья (ПКЕН) свідчать про тісний зв'язок між максимальною біомасою *P. bahamense* та періодами Ель-Ніньо з великою кількістю опадів; цей зв'язок функціонально пов'язаний із позитивною кореляцією між концентрацією поживних речовин і атмосферними опадами (Phlips et al., 2011, 2020). Усі ці процеси можуть посилюватися рясними опадами, хоча відносна важливість того чи іншого джерела надходження може змінюватися залежно від типу поживних речовин. Наприклад, внесок атмосфери в неточкове надходження азоту значно більший (32–53%), ніж у постачання фосфору (4–13%) (Gao, 2009).

Хоча в нашому дослідженні біомасу *P. bahamense* не визначали, високі концентрації СТК, виявлені в травні–липні 2022 р. вздовж гватемальського прибережжя Тихого океану (табл. 2), свідчать про високу кількість клітин і високу біомасу виду (ці дані недоступні на сайтах заходів ШЦВ). Однак, як випливає з кліматичних даних (INSIVUMEN, 2022), цей випадок, швидше за все, стався в період Ла-Нінья, що, здається, суперечить цитованій вище літературі. Однак, період з високими концентраціями СТК добре збігається з сезоном дощів на території дослідження.

Також відомо, що не лише цикли Ель-Ніньо/Ла-Нінья, але й довгострокові цикли/коливання, такі як Північноатлантичне коливання (NAO) і Тихоокеанське десятирічне коливання (PDO), можуть впливати на розвиток видів, що спричиняють ШЦВ (Glibert, Burkholder, 2018).

Заключення

У період між 2019 і 2022 роками в Тихому океані біля узбережжя Гватемали було виявлено два домінуючі фотосинтезуючі потенційно токсичні види динофлагелят: іхтіотоксичний *Margalefidinium polykrikoides* і продуцент СТК *Pyrodinium bahamense*. Крім того, зареєстровано перше кількісно оцінене «цвітіння» гетеротрофного нетоксичного динофлагелята *Noctiluca scintillans*. У квітні–травні 2022 р. сталася критична подія, пов'язана з паралітичним отруєнням молюсками, спричиненим сакситоксином, і вона, ймовірно, була пов'язана з Ла-Нінья. Цей токсин було виявлено за допомогою біологічного аналізу на мишах і його походження приписали *P. bahamense*. Переносником був молюск *Tagelus* sp. Ця подія торкнулася 23 людей, четверо з них загинули. У відповідь було оголошено епідеміологічне попередження, яке призвело до заборони споживання молюсків.

Подяки

Автори вдячні доктору Розальбі Алонсо-Родрігес, члену Виконавчого комітету Мережі дослідження морських прибережних стресорів у Латинській Америці та Карибському басейні (REMARCO), координатору компоненту шкідливого «цвітіння» водоростей (Мексика), та доктору Оскару Амайя, лабораторія морських токсинів (LABTOX-UES), Університет Ель-Сальвадору, координатору компоненту шкідливого «цвітіння» водоростей (REMARCO), Сальвадор. Крім того, дякуємо установам, які входять до складу Національної комісії з нагляду та контролю за токсичними червоними припливами Гватемали: DIPESCA (відбір двостулкових молюсків), INSIVUMEN (параметри навколишнього середовища), MSPAS (біологічний аналіз на мишах) і CONAPAS (відбір проб) за сприяння негайному підходу до стримування отруєння і спільній роботі з моніторингу та вивчення шкідливого «цвітіння» водоростей у Гватемалі. Marcia M. Gowing (Сіетл, Вашингтон, США) люб'язно покращила англійський стиль. Ми також вдячні анонімним рецензентам за вдосконалення рукопису.

Список літератури

- Alonso-Rodríguez R. 2004. *Hidrología y condiciones ambientales que determinan la proliferación de dinoflagelados causantes de mareas rojas en la bahía de Mazatlán, Sin., México*: Dr. Sci. Thesis. La Paz, B.C.S., México: Centro Invest. Biol. Nor., S.C. 116 p.
- Anderson D.M., Morel F.M. 1979. The seeding of two red tide blooms by the germination of benthic *Gonyaulax tamarens* hypnocyts. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 8(3): 279–293.
- AOAC. 2000. In: *Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists*. Gaithersburg: AOAC. Pp. 59–61.
- Azanza R.V., Baula I.U. 2005. Fish kills associated with *Cochlodinium* blooms in Palawan, the “last frontier” of the Philippines. *Harm. Algae News*. 29: 13–14.
- Azanza R.V., Max Taylor F.J.R. 2001. Are *Pyrodinium* blooms in the Southeast Asian region recurring and spreading? A view at the end of the millennium. *AMBIO. J. Human Environ.* 30(6): 356–364.
- Band-Schmidt C., Duran-Riveroll L., Bustillos J., Leyva-Valenci, I., López-Cortés D., Nuñez-Vazquez E., Hernández F., Ramírez-Rodríguez D. 2019. Paralytic toxin producing dinoflagellates in Latin America: Ecology and physiology. *Front. Mar. Sci.* 6: 42.
- Bardales-Espinoza W.A., Castañón C., Herrera-Herrera J.L. 2019. In: *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala*. Ciudad de Guatemala. Guatemala: Edit. Univ. UVG. Pp. 20–39.

- Brosnahan M.L., Ralston D.K., Fischer A.D., Solow A.R., Anderson D.M. 2017. Bloom termination of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella*: Vertical migration behavior, sediment infiltration, and benthic cyst yield. *Limnol. Oceanogr.* 62: 2829–2849.
- Brosnahan M.L., Fischer A.D., Lopez C.B., Moore S.K., Anderson D.M. 2020. Cyst-forming dinoflagellates in a warming climate. *Harm. Algae*. 91: 101728.
- Comisión del Codex Alimentarius. 2017. Criterios para la aprobación de métodos biológicos utilizados para la detección de productos químicos de interés. In: *Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias (Budapest, 8–12 Mayo, 2017)*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización Mundial de la Salud. 12 p.
- Durán-Riveroll L.M., Band-Schmidt C.J., Okolodkov Yu.B., Almazán-Becerril A. 2019. In: *Costas y mares mexicanos: Contaminación, impactos, vulnerabilidad y cambio climático*. Ciudad de México. México: UNAM, UAC. Pp. 277–312.
- Fischer W., Krupp F., Schneider W., Sommer C., Carpent K.E., Niem V.H. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental*. Vol. 1. *Plantas e invertebrados*. Roma, Italia: FAO. 664. p.
- Gao X. 2009. *TMDL Report: Nutrient and dissolved oxygen TMDLs for the Indian River Lagoon and Banana River Lagoon*. Tallahassee (Florida): Florida Depart. Environ. Protec. Division Environ. Asses. Rest.
- García-Moreiras I., Oliveira A., Santos A., Oliveira P., Amorim A. 2021. Environmental factors affecting spatial dinoflagellate cyst distribution in surface sediments off Aveiro-Figueira da Foz (Atlantic Iberian Margin). *Front. Mar. Sci.* 8: 699483.
- García-Pérez J., Carrillo-Ovalle L., Blanda E., Vargas-Montero M. 2018. First report of the genus *Gambierdiscus* from the Atlantic coast of Guatemala. *Harm. Algae News*. 61: 9–10.
- Glibert P.M., Burkholder J.M. 2018. Causes of harmful algal blooms. In: *Harmful algal blooms: A compendium desk reference*. 1st ed. Chichester, West Sussex (UK): John Wiley & Sons Ltd. Pp. 1–38.
- Hallegraeff G.M., Anderson D.M., Cembella A.D. 2003. *Manual on harmful marine microalgae*. Monographs on Oceanographic Methodology. 11. Paris: UNESCO. 793 p.
- Hoppenrath M., Chomérat N., Horiguchi T. 2014. *Marine benthic dinoflagellates –unveiling their worldwide biodiversity*. Stuttgart: Schweiz. Verlag. (Nagele u. Obermiller). 276 p.
- ICC Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. 2022. Resumen Meteorológico 2021. Resultados del Sistema Meteorológico del ICC. Guatemala. 57 p.
- INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). 2022. Sección de hidrología. <https://insivumeh.gob.gt/?p=45289>
- Leiva A.V. 2008. *Eventos de marea roja ocurridos en el océano Pacífico de Guatemala*: Tesis maestría. Fac. ingenier., Univ. de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

- Moestrup Ø. 2009. *Taxonomic reference list of harmful microalgae*. Paris: IOC-UNESCO. www.marinespecies.org/hab
- Moore S.K., Trainer V.L., Mantua N.J., Parker M.S., Laws E.A., Backer L.C., Fleming, L.E. 2008. Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health. *Environ. Health*. 7(2): S4.
- Phlips E.J., Badylak S., Nelson N.G., Havens K.E. 2020. Hurricanes, El Niño and harmful algal blooms in two sub-tropical Florida estuaries: Direct and indirect impacts. *Sci. Rep.* 10(1): 1910.
- Phlips E.J., Badylak S., Christman M., Wolny J., Brame J., Garland J., Hall L., Hart J., Landsberg J., Lasi M., Locjwood J., Paperno R., Scheidt D., Staples A., Steidinger K. 2011. Scales of temporal and spatial variability in the distribution of harmful algae species in the Indian River Lagoon, Florida, USA. *Harm. Algae*. 10(3): 277–290.
- Reguera B., Alonso R., Moreira A., Méndez S. 2011. *Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. Manuales y Guías*. 59. Paris, Viena: Comis. Oceanográf. Int., Org. Nac. Unid. Educ., Ciencia Cult. 46 p.

Paz-Cordón K.E.¹ (<https://orcid.org/0009-0009-6673-6751>)

Okolodkov Y.B.² (<https://orcid.org/0000-0003-3421-3429>)

Cobo-Gradín F.³ (<https://orcid.org/0000-0001-5684-266X>)

¹ Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, Universidad de San Carlos de Guatemala (IIH-CEMA-USAC), Ciudad de Guatemala, Guatemala

² Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana (ICIMAP-UV), Boca del Río, Veracruz, Mexico

³ Universidad de Santiago de Compostela (USC), Pontevedra, Galicia, Spain

Harmful blooms caused by dinoflagellates in the Pacific of Guatemala (2019– 2022)

Plankton studies in Guatemala are associated with the history of harmful algal blooms (HAB). An important event was observed in 1987, with 193 human poisonings due to shellfish consumption, of which 22 were lethal. The causative organism was *Pyrodinium bahamense* var. compressum. This species was reported again in November 2019 in the coastal Guatemalan Pacific. The species reached an abundance of 1×10^4 cells/L. In September 2020, the abundance of the *Margalefidinium polykrikoides* vegetative stage reached 1.24×10^6 cells/L, and its cysts 1.53×10^6 cells/L. *Noctiluca scintillans* proliferated (the first quantitatively estimated bloom of this species in Guatemala) in November 2020 and March 2021 (up to 1.2×10^6 cells/L). From January

to December 2021, monthly monitoring was carried out in front of the Port of Quetzal at three sites (bottle and 25 µm mesh net samples). In April 2022, 11 cases of humans presenting symptoms of paralytic shellfish poisoning (PSP) were recorded in the western sector of the Guatemalan Pacific, in particular, in the municipality of Tiquisate in the department of Escuintla. From May 3 to 27, 2022, a HAB event caused the death of 4 and the poisoning of 34 humans in the departments near Mexico: Retalhuleu (Champerico), San Marcos (Tilapa) and Escuintla (Tiquisate, Buena Vista and Iztapa). The maximum saxitoxin (STX) concentration was determined in Retalhuleu (14,099 MU/100 g); until 7 July 2022, STX continued to be detected in Tilapa and Tiquisate (1,021 MU/100 g). The *P. bahamense* cells were observed in the stomach contents of the clam *Tagelus* sp. (Bivalvia: Solecurtidae).

Key words: algal blooms, dinoflagellates, Guatemala, Guatemalan Pacific, microalgae, phytoplankton, paralytic shellfish poisoning, phytoplankton, *Pyrodinium bahamense*, saxitoxin

Citation. Paz-Cordón K.E., Okolodkov Y.B., Cobo-Gradín F. 2024. Harmful blooms caused by dinoflagellates in the Pacific of Guatemala (2019–2022). *Algologia*. 34(1): 3–19.
<https://doi.org/10.15407/alg34.01.003>

БОРИСОВА О.В. (<https://orcid.org/0000-0002-0941-5099>)

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна
oborysova17@gmail.com

СУЧАСНЕ РІЗНОМАНІТТЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ХАРАЛЬНИХ ВОДОРОСТЕЙ РОДУ *NITELLA* С.АГАРДН (*CHAROPHYTA*) В УКРАЇНІ

Реферат. Представлено результати аналізу літературних та оригінальних даних щодо видового різноманіття та особливостей поширення водоростей роду *Nitella* С.Агардн (*Charophyta*, *Charales*) в Україні. Складено та проаналізовано анотований список. На сьогодні різноманіття роду *Nitella* в Україні представлено 9 видами, які відомі у флорі *Charales* Європи, а саме: *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst., *N. confervacea* (Bréb.) A.Braun ex Leonh., *N. gracilis* (Sm.) C.Agardh, *N. flexilis* (L.) C.Agardh, *N. mucronata* (A.Braun) Miq., *N. opaca* (C.Agardh ex Bruz.) C.Agardh, *N. syncarpa* (Thuill.) Chev., *N. tenuissima* (Desv.) Kütz. та *N. translucens* (Persoon) C.Agardh. Загалом зареєстровано 78 їхніх місцезнаходжень, враховуючи історичні, втрачені та сучасні локалітети. Більшість видів виявлено в межах Прип'ятсько-Деснянської (50) та Середньодніпровської (21) альгофлористичних підпровінцій, значно менше – в межах Дніпровсько-Причорноморської (3) та Карпатсько-Дунайської (4). Показано, що поширення видів роду *Nitella* в Україні лімітується наявністю водних об'єктів певного типу та такими екологічними чинниками, як загальна мінералізація, іонний склад, температура та рН води.

Ключові слова: *Charophyta*, *Charales*, *Nitella*, видове різноманіття, біологія, екологія, поширення, Україна

Надійшла до редакції 21.01.2024. Після доопрацювання 17.02.2024. Підписана до друку 27.02.2024.
Опублікована 20.03.2024

Ц и т у в а н н я . Борисова О.В. 2024. Сучасне різноманіття та особливості поширення харальних водоростей роду *Nitella* С.Агардн (*Charophyta*) в Україні. *Альгологія*. 34(1): 20–37.

<https://doi.org/10.15407/alg34.01.020>

Вступ

Рід *Nitella* C.Agardh 1824. Syst. Alg.: 124 (відділ *Charophyta*, клас *Charophyceae*, порядок *Charales*) є природною групою макроскопічних харофітових водоростей, відокремленою від інших родів *Charales*. Рослини однодомні та дводомні, прозоро-зелені, звичайно неінкрустовані вапном або зрідка з інкрустацією, суцільною чи кільцеподібною. Стебла та листки без кори, прилистки відсутні. Коронка оогонія складається з 10 клітин, розташованих у два яруси по 5 в кожному. Листки членисто-вилчасті, складені з більш-менш рівновеликих одноклітинних члеників, за виключенням кінцевих, які можуть складатися з двох і більше клітин, зрідка прості, з однієї низки клітин. Плодоносні листки часто зібрані у великі пухкі або мілкі щільні голівки. Діагностичні ознаки роду: листки правильно одноразово або багаторазово вилчасті, антеридії розміщені на верхівці члеників у розвилках листка, оогонії збоку, в однодомних видів розташовані під антеридіями, ооспори на поперечному зрізі еліптичні (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Сучасне різноманіття водоростей роду *Nitella* в світовій альгофлорі представлено 241 видом (майже половиною видів *Charales*). Вони розповсюджені на всіх континентах, окрім Антарктиди (Guiry, Guiry, 2024). Проте найбільша кількість видів цієї групи відома з Азії (46,6%), здебільшого з країн, розташованих у субтропічних та тропічних зонах (Індія, Індонезія, Китай, Японія тощо) та Австралії (21,9%). Бідніше їхнє видове різноманіття представлено на території Африки (14%), Північної (9,9%) та Південної Америки (7,2%), а також Європи (5,8%).

Перші відомості про представників роду *Nitella* в Україні опубліковані в роботах Ф. Рупрехта (Ruprecht, 1845) та А. Брауна (Braun, 1882). Вони ідентифікували *N. gracilis* (Sm.) C.Agardh та *N. mucronata* (A.Braun) Miq. на підставі обробки гербарних зразків, зібраних в околицях м. Харкова, а також у працях В.М. Хмелевського (Khmelevsky, 1889) та А. Янушкевича (Yanushkevich, 1890–1891), які проводили флористичні дослідження заплавної водойми р. Сіверський Донець і виявили нові на той час види *Nitella syncarpa* (Thuill.) Chev. та *N. flexilis* (L.) C.Agardh. У першій половині XX ст. спеціальні дослідження нітелових водоростей не проводилися. Окремі дані про наявність деяких видів харальних водоростей знаходимо в працях українських альгологів, які вивчали інші групи водоростей в різних регіонах України (Roll, 1926; Podlesky, 1936; Matvienko, 1938; Pogrebniak, 1953, 1955). Більше територія України відносно харальних водоростей роду *Nitella* не досліджувалася до

1990-х рр. Проте українські альгологи та ботаніки продовжували збирати матеріал під час флористичних експедицій. В межах Українського Полісся зразки харових водоростей збирали у 1949–2017 рр., Лісостепу – у 1938–2018 рр., Степу – у 1923–2004 рр., Кримського п-ва, включаючи степову частину та Гірський Крим – у 1951–2002 рр. Матеріал, зібраний у 1938–1987 рр., було опрацьовано та частково опубліковано проф. Г.М. Паламар-Мордвинцевою при написанні «Визначника прісноводних водоростей України» (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Мета роботи – проведення аналізу видового різноманіття та особливостей розповсюдження водоростей роду *Nitella* в Україні на основі результатів узагальнення літературних та оригінальних даних і критичного перегляду гербарного фонду Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW).

Матеріали та методи

Матеріалом для проведення аналізу слугували відомі на сьогодні дані щодо морфології, таксономії, екології та фенології водоростей роду *Nitella* України. Використано публікації вітчизняних альгологів (Khmelevsky, 1889; Roll 1926; Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991; Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004, 2015; Borisova, 2005, 2014; Borysova et al., 2007–2023), а також результати критичного перегляду гербарного фонду KW.

У статті прийнято такі скорочення: ДнПрАО – Дністровсько-Прутський, ДсАО – Деснянський, ЛДпАО – Лівобережно-Дніпровський, ЛДСАО – Лівобережно-Дністровський, ТсЛтАО – Тисо-Латорицький, ЦКпАО – Центральнo-Карпатський альгофлористичні округи; ВДсАР – Верхньо-Деснянський, ВСДАР – Верхньо-Сіверськoдонецький, ДрАР – Дністровський, ПлРАР – Полтавськoрівнинний, СвАР – Світязький, СДпАР – Середньодніпровський, ТрДпАР – Тетерівськo-Дніпровський, УбСлАР – Убортськo-Словетчанський, ЦДсАР – Центральнo-Деснянський райони (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2015).

Результати та обговорення

Нижче наводимо анотований список видів роду *Nitella*, складений за єдиною схемою на підставі узагальнення оригінальних та літературних даних з урахуванням результатів критичного перегляду колекції зразків *Charales*, що зберігаються у фондах KW. Назви видів наведено за Міжнародним електронним каталогом (Guiry, Guiry, 2024), їхнє загальне поширення – за монографічним зведенням *Algae of Ukraine* (2014).

Анотований список видів харальних водоростей роду *Nitella* України**1. *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst. – Нітела волосоподібна**

Синоніми: *Chara capitata* Nees, *Nitella capitata* (Nees) C.Agardh, *N. syncarpa* var. *capitata* (Nees) Kütz.

Рослина дводомна, середніх розмірів, 20–30 см завд., чисто зелена, часто виразно кільцеподібно інкрустована вапном. Кінцеві листові членики лише одноклітинні, жіночі листки вилчасті. Гаметангії лише в розвилках листків, оточені м'яким безструктурним слизом. Ооспори з дуже виступаючими ребрами (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Екологія: У прісних м'яких або лужних водах з рН 6,6–7,0, переважно в неглибоких стоячих оліго-мезотрофних водоймах – ставках, ефемерних водоймах, рідше на болотах (Langangen, 2007; Gąbka, 2009; Mouronval et al., 2015).

Загальне поширення: Голарктичний вид (Європа, Азія, Африка, Північна Америка).

Поширення в Україні: В межах ПпДсАП виявлено три місцезнаходження, одне (2011 р.) – на території Волинського Полісся (ВПпАР) (Borysova et al., 2016), два (1971, 2005 рр.) – на території Житомирського Полісся (УбСлАР) (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991; Palamar-Mordvintseva, Borisova, 2006).

Созологічний статус: Рідкісний, під надзвичайною загрозою зникнення (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004).

2. *Nitella confervacea* (Bréb.) A.Braun ex Leonh. – Нітела конфервна

Синоніми: *Chara batrachosperma* A.Braun, *Nitella batrachosperma* (Rchb.) A.Braun, *N. gracilis* var. *nordstedtiana* (H.Groves et J.Groves) R.D.Wood.

Рослина однодомна, дуже тендітна, звичайно до 5 см завд., темно-зелена або коричнювата, інкрустована вапном. Листки багаторазово вилчасті. Стерильні листки 2–4 рази розчепірено вилчасті, з більш-менш різновеликими члениками. Плодоносні кільця без слизу. Оогонії утворюються в першій розвильці листка. Зовнішня оболонка ооспор гранульована (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Екологія: У прісних водах з рН 6,5–7,6, в оліго-мезотрофних водоймах – мілководні ставки, канали, ефемерні водойми, зрідка озера; тяжіє до глибин 0,4–0,5 м. Однорічник (Langangen, 2007; Gąbka, 2009; Mouronval et al., 2015).

Загальне поширення: Європа, Азія (Казахстан), Північна Америка (США).

Поширення в Україні: Відомо два сучасних місцезнаходження – в межах ПпДсАП у Житомирський обл. (УбСлАР) (2009 р.) та в межах СДпАП у Київський обл. (2012 р.) (Borysova et al., 2016).

Созологічний статус: Рідкісний, перебуває під надзвичайною загрозою зникнення (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004).

3. *Nitella flexilis* (L.) C.Agardh – Нітела гнучка

Синоніми: *Chara commutata* Rupr., *Nitella pedunculata* C.Agardh, *N. flexilis* (J.E.Sm.) C.Agardh emend. R.D.Wood.

Рослина однодомна, звичайно до 20–40 см завд., чисто зелена до коричнюватої, не інкрустована вапном. Кінцеві листові членики лише одноклітинні. Листки одноразово вилчасті. Коронка оогонія швидко опадаюча. Стерильні листки 2–4 рази розчепірено-вилчасті, з більш-менш різновеликими члениками. Гаметангії без слизу, об'єднані на основних листках різної будови. Оогонії поодинокі або по 2–3, спіральні клітини на кінцях здуті (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Екологія: У прісних водах з рН 6–7, у стоячих водоймах – заплавних озерах, ставках, кар'єрах, ефемерних та болотних водоймах на глибині 1–5 м, до 15 м. Холодолюбний. Чутливий до збільшення трофності. Однорічник у мілководних та багаторічник у глибоких водоймах (Langangen, 2007; Gąbka, 2009; Mouronval et al., 2015).

Загальне поширення: Європа, Азія, Півн. Африка, Півн. та Півд. Америка.

Поширення в Україні: Відомо 26 місцезнаходжень. З них 22 в межах Українського Полісся (ПпДсАП) на території Волинського (ВПпАР) (Borysova, Yakushenko, 2008; Borysova, Honcharenko, 2011), Житомирського (УбСлАР) (Borysova, 2009), Київського (ТрДпАР) (Borysova et al., 2016) та Чернігівського Полісся (ЦДсАР) (Borysova et al., 2016). **СДпАП:** ЛДпАО: ВСДАР (Харківська обл.) (Roll, 1926; Borysova, Gromakova, 2017, 2019). **КпДпАП:** ТсЛтАО (Закарпатська обл.) (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991; Borysova et al., 2023).

Созологічний статус: Вразливий, популяції невеликі або скорочуються (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004).

4. *Nitella gracilis* (J.E.Sm.) C.Agardh – Нітела струнка

Синонім: *Chara gracilis* J.E.Sm.

Рослина однодомна, дуже тендітна, звичайно до 5 см завд., темно-зелена або коричнювата, інкрустована вапном. Кінцеві листові членики 2–3-клітинні. Листки багаторазово вилчасті. Стерильні листки 2–4 рази розчепірено-вилчасті, з більш-менш різновеликими члениками. Плодоносні кільця без слизу. Коронка оогонія неоппадаюча. Основа верхівкової клітини майже не відрізняється від верхівки передостанньої клітини. Зовнішня

оболонка ооспор дрібногранульована (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Екологія: У прісних водах з рН 6,5–7,6, переважно в оліготрофних неглибоких стоячих водоймах – ставках, ефемерних водоймах, рідше на болотах, на глибині 0,1–1,0 м. Чутливий до збільшення трофності. Однорічник/багаторічник (Langangen, 2007; Gabka, 2009; Mouronval et al., 2015).

Загальне поширення: Космополіт.

Поширення в Україні: Відомо 8 місцезнаходжень, включаючи три втрачених локалітети з околиць міст Львів (СДпАП: ЛДСАО: ДрАР) та Харків (ЛДпАО: ВСДАР) (Ruprecht, 1845; Raciborski, 1910; Matvienko, 1938). Всі сучасні місцезнаходження виявлені в межах Українського Полісся (ПпДсАП): у Волинській обл. на території НПП «Стохід-Прип'ять» (Struk et al., 2008), Рівненській обл. на території Рівненського ПЗ (ВПпАР), (Borisova, Orlov, 2009) та Житомирський обл. (УБСЛАР) (Borisova, 2014).

Созологічний статус: Вразливий, включений до третього видання Червоної книги України (Red Data Book..., 2009).

5. *Nitella mucronata* (A.Braun) Miq. – Нітела гострокінцева

Синоніми: *Chara exilis* A.Braun, *C. flexilis* Bisch., *C. longifurca* Rupr., *Nitella furcata* ssp. *mucronata* (A.Braun) R.D.Wood.

Рослина однодомна, досить міцна, звичайно 15–30 см завд., темно-брудно-зелена, не інкрустована вапном. Листки багаторазово вилчасті, кінцеві листкові членики 2–3-клітинні. Верхівкова листкова клітина малесенька, у вигляді шипика на широкій круглій верхівці передостанньої клітини. Зовнішня оболонка ооспор дрібносітчаста (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Екологія: У прісних водах з рН 6,6–9,0, в оліго- та мезотрофних озерах, ставках, кар'єрах, заплавлених, болотних та ефемерних водоймах на піщаних або мулистих ґрунтах на глибині до 12–15 м, евритермний, чутливий до значної мутності та конкуренції з іншими макрофітами. Однорічник в мілководних водоймах та багаторічник в глибоких, зимує (Langangen, 2007; Gabka, 2009; Mouronval et al., 2015; Borysova, Gromakova, 2019).

Загальне поширення: Субкосмополіт.

Поширення в Україні: Відомо 28 місцезнаходжень, включаючи вказані в літературних джерелах кінця XIX – початку XX ст., присвячених харовим водоростям Донецької та Харківської областей. Шість з них вже втрачені через природну та антропогенну трансформацію водойм, забруднення, евтрофування, рекреацію тощо. Більшість локалітетів

знайдено в межах ПпДпАО у Житомирській обл. (УбСлАР) (Borisova, Orlov, 2009) та СДпАП у Харківській обл. (ЛДпАО: ВСДАР) (Yanushkevich, 1890–1891; Ruprecht, 1845; Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991; Borysova, Gromakova, 2017, 2019), у Вінницькій та Хмельницькій обл. Спорадично в межах ДпПчАП: в Одеській обл. (ПчПзАО) (Borisova, Tkachenko, 2008) та КпДнАП: ТсЛтАО у Закарпатській (Borysova et al., 2023).

Созологічний статус: Вразливий, популяції невеликі або скорочуються (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004).

6. *Nitella opaca* (С. Agardh ex Bruz.) С. Agardh – **Нітела тьмяна**

Синонім: *Chara opaca* f. *heteromorpha* Mig.

Рослина дводомна, середніх розмірів, 20–30 см завд., досить міцна, брудно-зелена, часто виразно кільцеподібно інкрустована вапном. Кінцеві листові членики лише одноклітинні, листки двократно вилчасті, жіночі листки прості, не вилчасті. Гаметангії лише в розвилках листків, оточені м'яким безструктурним слизом. Коронка швидко опадаюча. Ооспори з дуже виступаючими ребрами (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Екологія: У прісних м'яких водах з рН 6–7, в оліготрофних водоймах – озерах (тяжіє до гірських глибоких водойм), ставках, кар'єрах, заплавних, ефемерних та болотних водоймах, на глибині 0,1–0,8, до 30 м; глибоководний, холодолюбний. Багаторічник/однорічник (Gąbka, 2009; Mouronval et al., 2015).

Загальне поширення: Субкосмополіт.

Поширення в Україні: Відомо лише два місцезнаходження в межах ПпДсАП на території Волинського Полісся в басейні р. Прип'ять (ВПпАР) (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004).

Созологічний статус: Знаходиться під загрозою зникнення (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004).

7. *Nitella syncarpa* (Thuill.) Chev. – **Нітела зрослоплідна**

Синоніми: *Chara syncarpa* Thuill., *Nitella capillaris* f. *syncarpa* (Thuill.) R.D. Wood

Рослина дводомна, тендітна, звичайно середніх розмірів, 15–30 см завд., світло-зелена, не інкрустована вапном або іноді з кільцевою інкрустацією. Кінцеві листові членики лише одноклітинні, жіночі листки прості, не вилчасті. Гаметангії в розвилках листків, оточені м'яким безструктурним слизом. Коронка оогонія швидко опадаюча. Ооспори гладенькі або зі слабо виступаючими ребрами (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Екологія: У прісних водах з рН 6,5–8,0 галофоб, кальцефіл; у стоячих водоймах на мілководді. Однорічник (Gąbka, 2009; Mouronval et al., 2015).

Загальне поширення: Європа (Австрія, Данія, Іспанія, Італія, Литва, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Румунія, Угорщина, Франція, Швейцарія, Швеція).

Поширення в Україні: Відомо 6 місцезнаходжень, включаючи два втрачених локалітети з околиць міст Львів та Харків (Yanushkevich, 1890–1891; Rasiborski, 1910). Сучасні місцезнаходження виду поодинокі трапляються в межах ПпДсАП на території Волинського Полісся в озерах Світязь (СвАР), Охотин (ВПпАР) (Borysova, Yakushenko, 2008) та Чернігівського Полісся (ЦДсАР) (Zhezhera, 2009), а також у межах Лісостепу (СДпАП) у Полтавській обл. (ПлРАР) (Borysova et al., 2016).

Созологічний статус: Вразливий, популяції невеликі або скорочуються (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004).

8. *Nitella tenuissima* (Desv.) Kütz. – Нітела найтонша

Синонім: *Chara tenuissima* Desv.

Рослина однодомна, тендітна, звичайно не більше 10 см завд., темно-зелена, дуже інкрустована вапном. Кінцеві листкові членики довгі, постійно двоклітинні. Листки багаторазово вилчасті. Оогонії не утворюються в першій розвильці листка. Коронка оогонія неопадająca. Зовнішня оболонка ооспор сітчаста (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Екологія: У прісних водах з рН 6,2–8,5, переважно в невеликих торфових водоймах – ямах, канавах, ефемерних водоймах, зрідка в проточних водах, озерах на глибині 0,2–12,0 м (Gąbka, 2009; Mouronval et al., 2015).

Загальне поширення: Європа, Азія (Казахстан), Півн. Америка.

Поширення в Україні: Відомо два місцезнаходження: в межах Лісостепу (СДпАП) у Черкаській обл. (СДпАР) (1975 р.) та в межах Українських Карпат (КпДнАП: ДнПрАО) на території Чернівецької обл., біля с. Нова Жадова, р. Мехидря (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Созологічний статус: Рідкісний, включений до третього видання Червоної книги України (Red Data Book..., 2009).

9. *Nitella translucens* (Persoon) C. Agardh – Нітела просвічуюча

Рослина однодомна, досить міцна, звичайно 30–40 см завд., чисто зелена, не інкрустована вапном. Кінцеві листкові членики двоклітинні. Листки багаторазово вилчасті. Коронка оогонія неопадająca. Найхарактернішою ознакою є малі розміри кінцевих листкових члеників на стерильних листках, їхнє розташування у формі коронки (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Екологія: У прісних водах з рН 5,8–7,1, переважно в неглибоких стоячих оліготрофних водоймах – озерах, ставках, болотах, на рисових

полях на глибині 0,3–1,5, до 3 м. Багаторічник, що плодоносить пізно влітку та восени (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991; Langangen, 2007; Mouronval et al., 2015).

Загальне поширення: Європа, Азія, Північна Африка (Алжир, Марокко, Туніс).

Поширення в Україні: Відомо лише одне місцезнаходження в Степу (ДпПчАП) у Запорізької обл., околиці с. Якімівка, р. Ташепок (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991).

Созологічний статус: Рідкісний, перебуває під надзвичайною загрозою зникнення (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2004).

За результатами проведеного узагальнення на сьогодні різноманіття роду *Nitella* в Україні представлено 9 видами (76,9 % загальної кількості видів нителових водоростей флори Європи), а саме: *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst., *N. confervacea* (Bréb.) A.Braun ex Leonh., *N. gracilis* (Sm.) C.Agardh, *N. flexilis* (L.) C.Agardh, *N. mucronata* (A.Braun) Miq., *N. opaca* (C.Agardh ex Bruz.) C.Agardh, *N. syncarpa* (Thuill.) Chev., *N. tenuissima* (Desv.) Kütz. та *N. translucens* (Persoon) C.Agardh. В Україні відсутні європейські ендеміки: *N. dixonii* H.Groves et J.Groves, *N. ornithopoda* A.Braun in Leonh., рідкісний *N. hyalina* (DC) C.Agardh та *N. wahbergiana* Wallman, відомий лише з Феноскандії та Північної Євразії (Langangen, 2007).

Загалом на території України зареєстровано 78 місцезнаходжень видів роду *Nitella*, враховуючи історичні, втрачені та сучасні локалітети (таблиця).

За кількістю місцезнаходжень два субкосмополітних види *N. flexilis* (26 місцезнаходжень) та *N. mucronata* (28) виявилися звичайними, решта видів – рідкісними: *N. capillaris* (3), *N. confervacea* (2), *N. gracilis* (8), *N. syncarpa* (6), *N. translucens* (1) та зникаючими: *N. opaca* (2), *N. tenuissima* (2 місце-знаходження). Два види включені до Червоної книги України (Red Data Book..., 2009). З них *N. gracilis* – зі статусом «вразливий» та *N. tenuissima* – «рідкісний».

Встановлено, що на території України види харових водоростей роду *Nitella* розповсюджені дуже нерівномірно (див. таблицю). Найбільше видове різноманіття та найбільша кількість місцезнаходжень відзначені в межах ПпДсАП – 7 (50) та СДпАП – 6 (21) і значно менше в межах КпДнАП – 4 (3) та ДпПчАП – 3 види (4 місцезнаходження). На території Кримського п-ва в межах ГКрАП не знайдено представників роду *Nitella*. Різноманіття флори *Charales* Гірського Криму обмежено лише двома космополітними видами – *Chara vulgaris* L. та *C. globularis* Thuill. (Palamar-Mordvintseva, 1998; Borysova et al., 2016).

Таблиця. Розподіл видового складу макроскопічних харальних водоростей роду *Nitella* C.Agardh в Україні за альгофлористичними підпровінціями

Таксон	Кількість місцезнаходжень					Загальна кількість місцезнаходжень
	ПпДсАП ¹	СДпАП ²	ДпПчАП ³	КпДнАП ⁴	ГКрАП ⁵	
<i>Nitella capillaris</i> (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst.	3	0	0	0	0	3
<i>Nitella confervacea</i> (Bréb.) A.Braun ex Leonh.	1	1	0	0	0	2
<i>Nitella flexilis</i> (L.) C.Agardh	22	3	0	1	0	26
<i>Nitella gracilis</i> (Sm.) C.Agardh.	5	3	0	0	0	8
<i>N. mucronata</i> (A.Braun) Miq.	14	10	2	2	0	28
<i>Nitella opaca</i> (C.Agardh ex Bruz.) C.Agardh	2	0	0	0	0	2
<i>Nitella syncarpa</i> (Thuill.) Chev.	3	3	0	0	0	6
<i>Nitella tenuissima</i> (Desv.) Kütz.	0	1	0	1	0	2
<i>Nitella translucens</i> (Persoon) C.Agardh	0	0	1	0	0	1
Усього	50	21	3	4	0	78

П о з н а ч е н н я : ¹ ПпДсАП – Прип'ятсько-Деснянська, ² СДпАП – Середньодніпровська, ³ ДпПчАП – Дніпровсько-Причорноморська, ⁴ КпДнАП – Карпатсько-Дунайська, ⁵ ГКрАП – Гірськокарпаська альгофлористичні підпровінції (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2015).

Крім того, як видно з таблиці, зменшення видового різноманіття та кількості місцезнаходжень нітелових водоростей відбувається у широтному напрямку, що відповідає зональному розподілу видів *Charales*, через підвищення мінералізації та зміни хімічного складу води з півночі на південь та з заходу на схід, яке спостерігається на території України (Konenko et al., 1965).

За результатами проведеного аналізу, більшість локалітетів виду *N. flexilis* виявлено в Українському Поліссі (ПпДсАП), яке представлено частиною Поліського краю як фізико-географічного регіону зони мішаних лісів Східно-Європейської країни, в межах Поліської низовини. Згідно до фізико-географічного районування, на території Українського Полісся виокремлюються Волинське, Житомирське, Київське, Чернігівське та Новгород-Сіверське Полісся, які суттєво відрізняються між собою за природними умовами (Marynych, Shishchenko, 2003). Основними місцезростаннями харових водоростей в межах ПпДсАП є заплавні озера, ставки, болота, канали, кар'єри, зрідка річки, ефемерні водойми.

Загалом *N. flexilis* є звичайним, широко поширеним видом в межах ПпДсАП, найчастіше мешкає в ставках, озерах, кар'єрах, іноді зростає на мілководді річок. Однак лише у водоймах Житомирського Полісся (УбСлАР) виявлено його масовий розвиток (Borisova, Orlov, 2009; Borisova, 2012). Це обумовлено різницею природних умов областей Українського Полісся, в першу чергу їх геологічною будовою. Так, для Волинського Полісся (СвАР, ВПпАР) характерним є домінування крейди та мергеля серед корових порід і, відповідно, наявність карстових, гляціальних та заплавних озер з низькою мінералізацією води, насиченою кальцієм та рН 7,4–8,4, тобто сприятливих умов для зростання видів роду *Chara*. Водночас для Житомирського Полісся (УбСлАР) головну роль відіграють кристалічні породи, що обумовлюють наявність водних об'єктів з низькою або помірною мінералізацією води, яка не насичена кальцієм, та з рН 5,2–7,4, що сприяє розвитку водоростей роду *Nitella*.

Поодинокі знахідки *N. flexilis* відомі також у Харківській обл. (ЛДпАО: ВСДАР), де він вважається зникаючим, і в Закарпатській обл. (КпДнАП: ТсЛтАО) він є рідкісним (Borysova et al., 2023), що свідчить про спорадичне трапляння у нетипових екотопах на території дослідження.

Наявність на території Житомирської обл. (УбСлАР) водойм різного типу зі слабо мінералізованими водами і високим вмістом заліза та рН менше 7 також сприяє розвитку деяких рідкісних видів роду *Nitella*, які віддають перевагу м'яким водам з низьким рН і здатні витримувати підвищені концентрації заліза (Simons, Nat, 1996). Такими видами є рідкісний в Україні та Європі *N. capillaris*, включений до третього видання Червоної книги України (Red data Book..., 2009) *N. gracilis*. Ці види, що пристосовані до існування у слабо кислих водах з низькою мінералізацією і високим вмістом заліза, активно зростають у водоймах на території Поліського природного заповідника (ПЗ). Присутність таких рідкісних таксонів (3 місцезнаходження в Україні) в альгофлорі ПЗ підтверджує його цінність та регіональну репрезентативність (Karustin, 2012).

Поза межами заповідної зони знайдено дуже рідкісний вид в Україні – *N. confervacea* (Житомирська обл., Житомирський р-н, с. Ружки, осушувальний канал), відомий ще з Київського Полісся (ТрДпАР), але також на території, що, на жаль, не охороняється (Borysova et al., 2016).

До 2005 р. дослідження *Charales* Житомирського Полісся (УбСлАР) не проводилися. Проте у «Визначнику прісноводних водоростей України» (Hollerbach, Palamar-Mordvintseva, 1991) було вказано одне місцезнаходження *N. capillaris*, виявлене в заплаві р. Болотниця в 1972 р. (територія Поліського природного заповідника (ПЗ). Пізніше цей вид було повторно знайдено в тому ж регіоні (масове зростання у ставку) у 2005 р. (Borisova, Orlov, 2009). Відоме ще одне сучасне місцезнаходження (2011 р.) у Волинській обл. (ВПпАР) (Borysova et al., 2016), що повністю підтверджує існування рідкісного *N. capillaris* в Україні.

Nitella mucronata – найпоширеніший за кількістю місцезнаходжень (28) космополітний вид є звичайним і широко поширеним в Україні. Місцезнаходження виду відзначено в межах усіх альгофлористичних підпровінцій, крім Гірськокарпатської (ГКрАП) (див. таблицю). Переважна більшість місцезнаходжень (14) виявлена в межах ПпДсАП: у Житомирській (УбСлАР) – 8, Київській (ТрДпАР) – 3, Волинській, Рівненській (ВПпАР) – по 2 та Чернігівській (ЦДсАР) – 1 областях (Borysova et al., 2016). В усіх досліджених локалітетах *N. mucronata* масово зростає в типових для цього виду мезотрофних водоймах на мулистих та торф'яних відкладах (озерах, ставках, евтрофних болотах, річках тощо), де за оптимальних умов формує моновидові угруповання і плодоносить (Borisova, Orlov, 2009).

Дещо менша кількість місцезнаходжень *N. mucronata* (10) виявлена в межах СДпАП: у Харківській обл. (ЛДпАО: ВСДАР) (Borysova, Gromakova, 2017, 2019), у Вінницькій, Житомирській та Хмельницькій областях (ЛДСАО) (Borysova, Chorna, 2011). Спорадично в межах ДпПчАП: в Одеській обл. (ПчПзАО) (Borisova, Tkachenko, 2008) та КпДнАП: ТсЛтАО у Закарпатській обл. (Borysova et al., 2023).

Загалом усі локалітети *N. mucronata*, розташовані в перелічених регіонах на території України, здебільшого приурочені до великих болотних масивів, таких як у Житомирському Поліссі (УбСлАР), та до заплавл великих і малих річок України, таких як Південний Буг (ЛДСАО), Сіверський Донець (ЛДпАО: ВСДАР), Тиса (КпДнАП: ТсЛтАО), степові річки Кодима, Тилигул (ПчПзАО) тощо. Всі вони відзначаються специфічними екологічними особливостями, що впливають на його поширення, розвиток або виживання. Так, за оптимальних умов зростання

(рН нижче 7,5) у локалітетах на територіях Житомирської (ПпДсАП: УбСлАР), Вінницької, Хмельницької (СДпАП: ЛДСАО) та Закарпатської (КпДнАП: ТсЛтАО) областей спостерігався масовий розвиток *N. mucronata*, формування моновидових ценозів та активне плодоношення (Borysova, Chorna, 2011; Borysova et al., 2023). Навпаки, за неоптимальних умов зростання (рН 8,2–8,4 і вище) у локалітетах, виявлених на території Харківської (СДпАП: ЛДпАО: ВСДАР) та Одеської (ПчПзАО) областей, ріст цих водоростей спостерігався у вигляді поодиноких стерильних особин або їхніх невеликих популяцій (Borisova, Tkachenko, 2008; Borysova, Gromakova, 2019), що демонструє життєздатність цього виду з широкою екологічною амплітудою у різних умовах зростання й пояснює його широку поширеність в Україні.

Що стосується групи рідкісних та зникаючих видів, то окрім *N. gracilis* та *N. syncarpa*, відомих з нечисленних сучасних місцезнаходжень (6–8), розташованих на природоохоронних територіях (Borysova et al., 2023), то їхнє існування на території України можна вважати підтвердженням. Але види *N. opaca*, *N. tenuissima* та *N. translucens* (1–2 місцезнаходження), відомі виключно за літературними даними, потребують повторних досліджень відомих локалітетів та пошуку нових для підтвердження їхнього існування в Україні.

Висновки

В Україні водорості роду *Nitella* представлені 9 видами, що становить 79,6% загальної кількості видів Європи. Зареєстровано 78 їхніх місцезнаходжень, враховуючи історичні, сучасні та втрачені.

За кількістю місцезнаходжень види розподілились на звичайні: *N. flexilis*, *N. mucronata*, рідкісні: *N. capillaris*, *N. confervacea*, *N. gracilis*, *N. syncarpa*, *N. tenuissima* та зникаючі: *N. opaca* та *N. translucens*. Розповсюджені нерівномірно. Більшість з них виявлено в межах Прип'ятсько-Деснянської – 7 (50) та Середньодніпровської – 6 (21) альгофлористичних підпровінцій, значно менше – в межах Дніпровсько-Причорноморської – 4(3) та Карпатсько-Дунайської – 3 види (4 місцезнаходження), що обумовлено біологічними особливостями видів водоростей та такими лімітуючими чинниками, як загальна мінералізація, іонний склад, температура та рН водного середовища.

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.
- Borisova E.V. 2005. Species composition and distribution of *Charales* in Ukraine. *Int. J. Algae*. 7(1): 88–102. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v7.i1>
- Borisova E.V. 2012. Ecological and geographical characteristics of distribution *Charales* in Ukraine. In: *Advances in modern phycology. Abstr. IV Intr. conf.* (Kyiv, 23–25 May, 2012). Kyiv. Pp. 37–38. [Борисова Е.В. 2012. Еколого-географічні особливості розповсюдження харових водоростей (*Charales*) в Україні. В кн.: *Актуальні проблеми сучасної альгології*: Тез. докл. IV Міжнарод. конф. (Київ, 23–25 мая 2012 г.). Київ. С. 37–38].
- Borisova E.V. 2014. Distribution pattern of *Charales* in Ukrainian Polissia. *Algologia*. 24(3): 363–366. [Борисова Е.В. 2014. Особливості розповсюдження *Charales* в Українському Поліссі. *Альгологія*. 24(3): 363–366]. <https://old.algologia.co.ua/archive/24/3>
- Borysova O.V., Honcharenko V.I. 2007. To the study of the *Charales* lakes of the Shatsk National Nature Park (Volyn Polissia). *Visn. Lviv Univ.* 44: 94–101. [Борисова О.В., Гончаренко В.І. 2007. До вивчення *Charales* озер Шацького національного природного парку (Волинське Полісся). *Вісн. Львів. ун-ту*. 44: 94–101].
- Borisova E.V., Tkachenko F.P. 2008. Materials for the flora of *Charales* of the South-West of Ukraine. *Algologia*. 18(3): 287–298. [Борисова Е.В., Ткаченко Ф.П. Матеріали к флоре *Charales* юго-запада України. *Альгологія*. 18(3): 287–298]. <https://old.algologia.co.ua/archive/18/3>
- Borysova O.V., Yakushenko D.N. 2008. Communities of charophytes in south-western part of Lake Svityaz (Volyn Polissia). *Ukr. Bot. J.* 65(2): 226–233. [Борисова О.В., Якушенко Д.М. 2008. Угруповання харових водоростей південно-західного сектору озера Світязь (Волинське Полісся). *Укр. бот. журн.* 65(2): 226–233].
- Borisova E.V., Orlov A.A. 2009. *Charales* of Zhytomyr Polessie (Ukraine). *Algologia*. 19(2): 197–205. [Борисова Е.В., Орлов А.А. 2009. Харовые водоросли (*Charales*) Житомирского Полесья (Украина). *Альгологія*. 19(2): 197–205]. <https://old.algologia.co.ua/archive/19/2>
- Borysova O.V., Chorna G.A. 2011. Contributions to the flora and syntaxonomy of Ukrainian charophytes. *Ukr. Bot. J.* 68(1): 105–112. [Борисова О.В., Чорна Г.А. 2011. Матеріали до флори та синтаксономії харових водоростей України. *Укр. бот. журн.* 68(1): 105–112].
- Borysova O.V., Honcharenko V.I. 2011. Distribution of *Charales* species in the lakes of Volyn Polissya (Ukraine). *Visn. Lviv Univ.* 57: 94–101. [Борисова О.В., Гончаренко В.І. 2011. Розподіл видів *Charales* в озерах Волинського Полісся (Україна). *Вісн. Львів. ун-ту*. 57: 94–101].

- Borysova O.V., Gromakova A.B. 2017. A checklist of the Kharkiv Region *Charales* (*Charophyta*). *Chernomor. Bot. J.* 13(2): 215–223. [Борисова О.В., Громакова А.Б. 2017. *Charales* (*Charophyta*) у Харківській області. *Чорномор. бот. журн.* 13(2): 215–223].
- Borysova O.V., Gromakova A.B. 2019. Diversity and distribution of *Charales* (*Charophyta*) in the Kharkiv Region. *Chernomor. Bot. J.* 15(1): 43–53. [Борисова О.В., Громакова А.Б. 2019. Видове різноманіття та особливості поширення *Charales* (*Charophyta*) у Харківській області. *Чорномор. бот. журн.* 15(1): 43–53].
- Borisova E.V., Tsarenko P.M., Yakushenko D.N. 2008. Current diversity of *Charales* of Lake Svitiáz (Shatsk National Natural Park, Volyn Polissia, Ukraine). *Algologia*. 18(4): 449–456. [Борисова Е.В., Царенко П.М., Якушенко Д.Н. 2008. Современное разнообразие *Charales* озера Свитязь (Шацкий национальный природный парк, Волынское Полесье, Украина). *Альгология*. 18(4): 449–456]. <https://old.algologia.co.ua/archive/18/4>
- Borysova O.V., Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2016. *Flora of algae of Ukraine. Charophyta*. Issue 2. Kyiv. 282 p. [Борисова О.В., Паламар-Мордвинцева Г.М., Царенко П.М. 2016. *Флора водоростей України. Харофітові водорості*. Вип. 2. Київ. 282 с.].
- Borysova O.V., Gromakova A.B., Burova O.V. 2023. Species diversity *Charales* in Transcarpathian Region. *Algologia*. 33(3): 213–230. [Борисова О.В., Громакова А.Б., Бурова О.В. 2023. Видове різноманіття *Charales* (*Charophyta*) Закарпатської області (Україна). *Альгологія*. 33(3): 213–230]. <https://doi.org/10.15407/alg33.03.213>
- Braun A. 1882. *Fragmente einer Monographie der Characeen*. Berlin: Abh. Koniig. Akad Wiss. 211 p.
- Gąbka M. 2009. *Charophytes of the Wielkopolska region (NW Poland): distribution, taxonomy, and autecology*. Poznań: Bogucki Wydaw. Nauk. 109 p.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2024. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway.
- Hollerbach M.M., Palamar-Mordvintseva G.M. 1991. *Identification manual of freshwater algae of Ukraine. Charophyta*. Kyiv: Nauk. Dumka. 196 p. [Голлербах М.М., Паламар-Мордвинцева Г.М. 1991. *Визначник прісноводних водоростей України. Харові водорості (Charophyta)*. Київ: Наук. думка. 196 с.].
- Kapustin D.A. 2012. Algal diversity of waterbodies of Polessia Nature Reserve (Ukraine). In: *Abstracts IV International conference (Kyiv, 23–25 May, 2012)*. [Капустин Д.А. 2012. Разнообразие водорослей водоемов Полесского природного заповедника (Украина). В кн.: *Актуальные проблемы современной альгологии: Тез. докл. IV Междунар. конф. (Киев, 23–25 мая 2012 г.)*. Киев. С. 126–127].
- Khmelevsky V.F. 1889. Materials to the flora of algae of Izyumsky District, Kharkov Province. *Trudy Obsch. Ispyt. Prirody Kharkov Univ.* 23: 79–107. [Хмелевский В.Ф. 1889. Материалы к флоре водорослей Изюмского уезда, Харьковской губернии. *Тр. общ-ва испыт. природы. Харьк. ун-та*. 23: 79–107].
- Konenko G.D., Pidgaiko M.L., Radzimovsky D.O. 1965. *Ponds of forest-steppe, steppe, and mountain regions of Ukraine*. Kyiv: Nauk. Dumka. 260 p. [Коненко Г.Д., Підгайко М.Л.,

- Радзимовський Д.О. 1965. *Ставки лісостепових, степових та гірських районів України*. Київ: Наук. думка. 260 с.].
- Langangen A. 2007. *Charaphytes of the Nordic countries*. Oslo: Saeculum ANS. 102 p.
- Marynych O.M., Shishchenko P.G. 2003. *Physical geography of Ukraine. Textbook*. Kyiv: Znannya. 479 p. [Маринич О.М., Шищенко П.Г. 2003. *Фізична географія України. Підручник*. Київ: Знання. 479 с.].
- Matvienko O.M. 1938. Materials to studies of algae of Ukr. SSR. 1. New algae of the Klyukvenovo bog. *Sci. Notes of Khark. Univ.* 14: 29–70. [Матвієнко О.М. 1938. Матеріали до вивчення водоростей УРСР. 1. Нові водорості Клюквеного болота. *Уч. зап. Харк. ун-ту*. 14: 29–70].
- Mouronval J.-B., Baudouin S., Borel N., Soulié-Märsche I., Kleszczewski M., Grillas P. 2015. *Guide des characées de France méditerranéenne*. Paris: Office Nat. de la Chasse. 211 p.
- Palamar-Mordvintseva G.M. 1998. *Charophyta of the Crimean Peninsula (Ukraine)*. *Algologia*. 8(1): 14–22. [Паламарь-Мордвинцева Г.М. 1998. *Charophyta Кримського полуострова (Україна)*. *Альгологія*. 8(1): 14–22].
- Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2004. *Charales of the Volynian Polessie (Ukraine)*. *Algologia*. 14(2): 178–184. [Паламарь-Мордвинцева Г.М., Царенко П.М. 2004. *Charales Волинського Полесья*. *Альгологія*. 14(2): 178–184].
- Palamar-Mordvintseva G.M., Borisova E.V. 2006. New localities of *Charales* in Ukraine. *Algologia*. 16(4): 453–458. [Паламарь-Мордвинцева Г.М., Борисова Е.В. 2006. Новые местонахождения *Charales* в Украине. *Альгологія*. 16(4): 453–458].
- Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2015. Algofloristic zoning of Ukraine. *Int. J. Algae*. 17(4): 303–338. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v17.i4.10>
- Podlesky V.I. 1936. *Charophyta of the southwestern part of the Ukrainian SSR*. *J. Inst. Bot. UAN*. 7(15): 65–69 [Подільський В.І. 1936. *Charophyta південно-західної частини УРСР*. *Журн. Ін-ту ботаніки УАН*. 7(15): 65–69].
- Pogrebniak I.I. 1953. Phytobentos of the Dnipro River estuary. *Trudy. Inst. Hydrobiol. Acad. Sci. USSR*. 31: 154–189. [Погребняк І.І. 1953. Фитобентос Дніпровського лимана. *Тр. Ін-ту гідробіол. АН УРСР*. 31: 65–69].
- Pogrebniak I.I. 1955. Bottom vegetation of the Berezan estuary. *Trudy.Odes. Univ. Ser. Biol.* 145(7): 181–196. [Погребняк І.І. 1955. Донна растительность Березанського лимана. *Тр. Одес. гос. ун-та. Сер. біол.* 145(7): 181–196].
- Raciborski R. 1910. *Rósliność wód stojących okolicy Lwowa*. *Cosmos*. 35(1–2): 44–65.
- Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom*. 2009. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalkonsaltyng. 912 p. [Червона книга України. Рослинний світ. 2009. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг. 912 с.].
- Roll Ja.V. 1926. Preliminary data on the microflora of reservoirs in vicinities of the Seversky Donets Biological Station. *Rus. Arch. Protistol.* 5(1/2): 1–44. [Ролл Я.В. 1926. Предварительные сведения о микрофлоре водоемов окрестностей Сев.-Донецкой биол. ст. *Рус. архив протистол.* 5(1/2): 1–44].

- Ruprecht F.J. 1845. Distributio *Cryptogamarum vascularium* in Imprio Rossico. *Beitr. Pflanzenk. Russ. Reich.* 3: 5–18.
- Simons J., Nat E. 1996. Past and present distribution of stoneworts (*Characeae*) in the Netherlands. *Hydrobiologia.* 340: 127–135.
- Struk (Konishchyk) M.O., Borysova O.V., Hryniov V.V. 2008. New locality of *Nitella gracilis* (Sm.) C.Agardh – rare species in Ukraine. In: *Abstracts of International conference of young scientists (Sarny, 13–16 Sept. 2008)*. Kyiv. Pp. 35–36. [Струк (Конішчук) М.О., Борисова О.В., Гриньов В.В. 2008. Нове місцезнаходження в Україні *Nitella gracilis* (Sm.) C.Agardh – рідкісного виду для флори України. В кн.: *Матеріали міжнародної конференції молодих учених (Сарни, 13–16 серп. 2008 р.)*. Київ. С. 35–36].
- Yanushkevich A. 1890–1891. Materials for Algology of the Kharkov Province. Algae of the Liman Lakes group of Zmiyiv District. *Proc. Soc. Nat. Khark. Univ.* 25: 275–309. [Янушкевич А. 1890–1891. Материалы для альгологии Харьковской губернии. Водоросли группы Лиманских озер Змиевского уезда. *Тр. общ-ва иснут. природы.* 25: 275–309].
- Zhezhera M.D. 2009. Green algae of some waterbodies of left-bank Polissya (Ukraine) *Algologia.* 19(4): 380–389. [Жежера М.Д. 2009. *Chlorophyta* некоторых водоемов Левобережного Полесья (Украина). *Альгология.* 19(4): 380–389]. <https://old.algologia.co.ua/archive/19/4>

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

M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine,
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

Actual diversity and distribution of charal algae of the genus *Nitella* C.Agardh (*Charophyta*) in Ukraine

The results of the analysis of literature and original data on the species diversity and distribution patterns of algae of the genus *Nitella* C.Agardh (*Charophyta*, *Charales*) in Ukraine are presented. Now, the diversity of the genus *Nitella* in Ukraine is represented by 9 species out of 13, known in the Europe flora of *Charales*, namely: *Nitella capillaris* (Krock.) J.Groves et Bull.-Webst., *N. confervacea* (Bréb.) A.Braun ex Leonh., *N. gracilis* (Sm.) C.Agardh, *N. flexilis* (L.) C.Agardh, *N. mucronata* (A.Braun) Miq., *N. opaca* (C.Agardh ex Bruz.) C.Agardh, *N. syncarpa* (Thuill.) Chev., *N. tenuissima* (Desv.) Kütz. and *N. translucens* (Persoon) C.Agardh. An annotated list of Ukrainian species in Ukraine. A total of 78 locations have been registered, including historical, lost, and modern ones. Most of them were found within the Pripjat-Desnianska (PpDSAP) (50)

and Serednyodniprovska (SDpAP) (21), much less – within the Dnieper-Black Sea (DpAp) (3) and Carpathian-Danube (CpDnAP) (4) algofloristic subprovinces. It is suggested that main limiting factors influencing on diversity and distribution patterns of the *Nitella* species in Ukraine are the type of waterbodies, temperature, a degree of minimalization as well as chemical main ionic composition of water and active reaction (pH) of water.

Key words: *Charophyta*, *Charales*, *Nitella*, species diversity, biology, ecology, distribution, Ukraine

ОЛЬШТИНСЬКА О.П. (<https://orcid.org/0000-0003-3211-2106>)

*Інститут геологічних наук НАН України,
вул. Олесь Гончара, 55б, Київ 01601, Україна
ol-lesia@ukr.net*

ПОШИРЕННЯ, ТАКСОНОМІЧНЕ РІЗНОМАНІТТЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ПАЛЕОГЕНОВИХ ДІАТОМОВИХ (*BACILLARIOPHYTA*) В УКРАЇНІ

Реферат. Охарактеризовано географічне поширення, рівень таксономічного різноманіття та екологічні уподобання комплексів *Bacillariophyta*, вилучених із палеогенових відкладів різних регіонів України. Простежена стратиграфічна послідовність діатомових асоціацій, зв'язок умов їхнього формування з палеоокеанологічними подіями в басейнах седиментації та біостратиграфічне значення. Найбільш таксономічно різноманітні (до 250 видів) асоціації морських діатомей та силікофлагелат містяться в середньо- та верхньоеоценових відкладах північно-східного борту Дніпрово-Донецької западини, північно-західних окраїн Донбасу та схилів Воронежського підняття. В еоцен-олігоценових відкладах Українського щита комплекси діатомових складені понад 60 морськими та солонуватоводними таксонами. Морські раньоолігоценові асоціації, поширені в Самбірських Карпатах та на сході Приазовського регіону, включають понад 130 видових таксонів. Зміни у співвідношенні екологічних груп діатомових водоростей свідчать про їхнє формування в різних фаціальних умовах та зміну морських тепловодних нормально-солоних обстановок еоценового часу на більш холодноводні прибережно-морські з епізодами опріснення в олігоцені.

Ключові слова: діатомові, палеоген, стратиграфія, таксономія, Україна

Надійшла до редакції 09.10.2023. Після доопрацювання 07.02.2024. Підписана до друку 28.02.2024.
Опублікована 20.03.2024

Ц и т у в а н н я . Ольштинська О.П. 2024. Поширення, таксономічне різноманіття та екологія палеогенових діатомових (*Bacillariophyta*) в Україні. *Альгологія*. 34(1): 38–57.
<https://doi.org/10.15407/alg34.01.038>

Вступ

Діатомові водорості (*Bacillariophyta*) – дуже численна та таксономічно різноманітна група еукаріотичних одноклітинних колоніальних або поодиноких фотосинтезуючих організмів із зовнішньою кремнеземною клітинною стінкою – панцирем. Середні розміри клітин коливаються від кількох до 50–100 мкм, найбільші сягають 2000 мкм. Завдяки тому, що панцирі діатомових складаються переважно з гідрату окису кремнію $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, вони є не тільки найважливішими продуцентами біогенного кремнезему у воді океанів та морів, а й головними його постачальниками до донних відкладів у процесі седиментації. Незважаючи на те, що лише незначна частина (до 4% кремнезему опалових скелетних елементів живих діатомових) досягає дна, колосальна продуктивність діатомового планктону призводить до формування товщ осадових порід.

Діатомові відомі не тільки геометрично правильними та нескінченно різноманітними формами своїх витончених опалових скелетів, що вражають художників, архітекторів, дизайнерів і нанотехнологів, але й хорошим потенціалом для біостратиграфічного й палеогеографічного аналізу, сприяють визначенню геологічного часу та умов утворення осадових відкладів. Однак неповнота збереженості та різні умови фосилізації часто призводять до невідповідності між кількісним та видовим складом діатомей у планктоні та в осадах і масові види в них не одні й ті самі (Hagwood, Nikolaev, 1995).

Методом молекулярного годинника встановлено, що *Bacillariophyta* з'явилися в тріасі близько 238 млн років тому, майже одночасно з динозаврами, або поблизу межі тріасу та юри біля 190 млн років тому. Між молекулярними даними та викопними знахідками існують певні розбіжності (Strelnikova, Gladenkov, 2019; Girard et al., 2020).

Перші добре збережені викопні панцирі та спори діатомових відомі з морських відкладів нижньої крейди Антарктиди, але на той час вони вже не тільки масово поширились у Світовому океані, але й були таксономічно різноманітними, а їх панцирі мали складну досконалу будову й численні морфологічні ознаки. Це свідчить про те, що до крейдового періоду відбувалася тривала еволюція діатомових, але їх скелетні елементи з різних причин не зберігались у викопному стані (Round et al., 1990; Witkowski et al., 2011). Починаючи з пізньої крейди діатомові набули породотворюючого значення й періодично в різні інтервали геологічного часу утворювали планктоногенні біокременисті формації. З того часу і дотепер в океанах поширюються та формуються морські діатоміти – силікатні осадові породи, складені переважно панцирами діатомей.

Метою даної роботи є аналіз географічного та стратиграфічного поширення викопних діатомових водоростей в палеогенових осадових відкладах різних регіонів України, порівняння таксономічного складу, видового різноманіття й чисельності палеоценових, еоценових та олігоценів асоціацій, стратиграфічна інтерпретація послідовності діатомових комплексів; палеоекологічна характеристика умов існування кременескелетних мікроводоростей у басейнах північної частини Тетісу та Східного Паратетісу впродовж палеогенового часу та умов формування їхніх тафоценозів.

Матеріали та методи

Матеріалом для дослідження слугували численні зразки осадових порід палеогенового віку з понад 30 геологічних розрізів, розташованих у Східному, Північно-Східному та Західному регіонах України.

Лабораторна обробка порід для вилучення стулок діатомових проводилася за стандартною методикою з використанням важкої калієво-кадмієвої рідини (The diatoms..., 1974.) Прозорі постійні препарати (слайди) виготовлені на основі синтетичної смоли NAPHRAX із високим коефіцієнтом заломлення. Ідентифікацію та фотографування об'єктів проводили з використанням світлового мікроскопа Olympus CX 41 з фотокамерою Canon G7 та електронного мікроскопа SEM JSM-6490LV.

Чисельність та відсотковий вміст стулок діатомей і силікофлагеллят визначали у світловому мікроскопі при підрахунку до 350–500 екземплярів на препарат.

Були враховані номенклатурні перетворення відповідно до глобальної альгологічної бази за таксономією, номенклатурою та поширенням діатомей та силікофлагеллят (Guiry, Guiry, 2024).

Результати та обговорення

Коротка історія дослідження палеогенових діатомових в Україні

В Україні фосильні діатомові вперше були описані професором Харківського університету А.В. Гуровим (Gurov, 1883) із палеогенових відкладів Катеринославської та Харківської губерній. Систематичні дослідження палеогенових діатомових проводила Ю.М. Успенська в басейні р. Сіверський Донець, де вона виділяла чотири послідовні діатомові асоціації (Uspenska, 1935).

Таксономічно різноманітні й важливі для біостратиграфічних побудов діатомові палеогенових відкладів України привертають увагу багатьох

дослідників. Значний внесок у їхнє вивчення зробили дослідники А.П. Жузе, В.С. Шешукова-Порецька, А.І. Прошкина-Лавренко (Zhuze et al., 1949; The diatoms..., 1974) та З.І. Глезер (Glezer et al., 1965; Glezer, Sheshukova-Poretskaya, 1967, 1968, 1969; Gleser, 1996; Gleser, Olshtynskaya, 1997), а також Н.І. Стрельнікова (Strelnikova, 1992) та ін. Діатомові комплекси з розрізів еоцену ДДЗ були описані й покладені в основу зональної схеми за кременескелетним мікропланктоном для епіконтинентальних морських басейнів Паратетису та співставлені з біозональними схемами Світового океану (Gleser, 1996).

Period	Series	Ярус Середземно- мор'я	Нано- планктон	Діатомові (Olshtynskaya, 1999a, b)	Регіонари	
					Північна Україна	Південна Україна
Paleogene	Oligocene	Хатський	NP25 NP24	Не виявлені	Берецький	Керлеутський
		Рюпель- ський	NP23	Не виявлені		Молочанський
			NP21	<i>Puxilla reticulata</i> (P. aff. <i>prolongata</i>)	Межигірський	Планорбеловий (Менілітовий)
	Eocene	Приабон- ський	NP20-19 NP18	<i>Plagiogramma</i> <i>paleogena</i>	Обухівський	Альмінський
		Бартон- ський	NP17	<i>Cristodiscus</i> <i>succinctus</i> <i>Stictodiscus</i> <i>kossutii</i>	Київський	Кумський
		Лютетський	NP16 NP15 NP14	Не виявлені	Буцацький	Новопавлівський
		Іпрський	NP 10	<i>Hemiaulus proteus</i> (Glezer, 1996)	Канівський	Сімферопольський
						Бахчисарайський
	Paleocene	Тенетський	NP8	<i>Trinacria</i> <i>ventriculosa</i> (Glezer, 1996)	Сумський	Качинський

Рис. 1. Стратиграфічне положення діатомових зон і верств із флорою в палеогенових відкладах України (за автором)

При подальших дослідженнях діатомових північної окраїни Тетису та Паратетису було визначено стратиграфічну послідовність комплексів, виявлено основні біогеографічні зв'язки діатомових Паратетису з діатомовими Світового океану та загальні тенденції в еволюції кайно-

зойської діатомової флори в регіоні (Olshtynskaya, 1977, 1978, 1997, 1999a, b; Strelnikova, 1992; Glezer, Olshtynskaya, 1994; Radionova et al., 1994; Glezer, 1996; Olshtynska, 2001, 2002; Zosimovich et al., 2015).

Регіональна біозональна діатомова схема кайнозою України базується на послідовній зміні діатомових комплексів, які характеризуються стійким таксономічним складом і ареалом просторового поширення та відрізняються від вище- та нижчезалягаючих рівнів (рис. 1)

Поширення та стратиграфічне значення викопних діатомових в Україні

Найдавніші за віком діатомеї знайдені нами у відкладах верхньої крейди на північно-західному шельфі Чорного моря (підняття Голіцино), де вони збереглися у вигляді кальцитових та піритових псевдоморфоз по стулках (Olshtynskaya, Krochak, 1989) (рис. 2). Карбонатність вміщуючих порід сприяє розчиненню тонких опалових скелетів і визначення їхньої систематичної приналежності ускладнено, але факт присутності діатомових дає важливу інформацію для палеогеографічних реконструкцій.



Рис. 2. Схема розташування палеогенових розрізів з діатомовими та силікофлагеллятами в Україні. Умовними знаками показано різні за віком породи

Осадкові відклади, багаті на рештки кременескелетних мікроводоростей (діатомових, діктіохових та ебридієвих), у розрізах Східноєвропейської платформи поширені епізодично, переважно малопотужними прошарками на різних рівнях кайнозою, починаючи з низів палеогену (Glezer et al., 1965; Strelnikova, 1992; Radionova et al., 1994; Glezer, 1996; Olshtynskaya, 1999a, b, 2001; Olshtynska, Tymchenko, 2017). Це різнофаціальні осади переважно морського походження, які утворилися в різних частинах північного краю Тетису та Східного й Центрального Паратетису – відносно мілководного морського басейну, який простягався на той час від Альп до Алтаю. Палеогенові породи в Україні розкриті свердловинами та відслонюються на денній поверхні по північно-східному борту Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), на північно-західних окраїнах Донбасу, схилах Воронежського масиву, південно-східному схилі Українського щита (УЩ), у межах Канівського Придніпров'я, у Самбірських Карпатах та східній частині Приазов'я (рис. 2).

У відкладах сумської світи палеоцену (танетський ярус, 56,0–47,8 млн р.) у районі м. Новгород-Сіверський (рис. 2) З.І. Глезер виявлені діатомові, характерні для пізньопалеоценової зони *Trinacria ventriculosa* (рис. 1), а у відкладах нижнього еоцену (іпрський ярус, 47,8–41,2 млн р.) цього ж району міститься комплекс ранньоеоценової зони *Hemiaulus proteus*. Таксономічні списки діатомових для розрізів у Новгород-Сіверському автором не наведені, але опубліковано положення цих комплексів у стратиграфічній схемі (Glezer, 1996). Комплекси цих зон, поширених у Західному Сибіру, Передмугоджар'ї та на Воронежській антиклізі, описані багатьма дослідниками. Віковий діапазон діатомових зон *T. ventriculosa* – *H. proteus* збігається з подією глобального кліматичного оптимуму, пов'язаною з підняттям температури поверхні моря (Oreshkina, Radionova, 2014; Witkowski et al., 2020).

У фосфоритах базального горизонту канівської світи нижнього еоцену (іпр) (рис. 1) у Канівському Подніпров'ї (рис. 2) виявлені заміщені фосфатом кальцію стулки діатомових незадовільної збереженості разом зі спікулами кременевих губок та радіоляріями. За характерними обрисами стулок, фрагментами крайових зон та орнаментациєю визначено представників родів *Paralia* Heiberg, *Stephanopyxis* (Ehrenberg) Ehrenberg та декількох видів роду *Trinacria* Heiberg, а також представників родини *Hemiaulaceae*. Через незадовільний стан фосилізації повний таксономічний склад діатомового комплексу визначити неможливо (Krochak et al., 2022).

Значно краще збережені широко відомі та детально досліджені діатомові середнього та верхнього еоцену Центральної частини Східного Паратетису. Вміщуючі осадові товщі поширені по північно-східному

борту Дніпровсько-Донецької западини (Харківська та Сумська області), на західних околицях Донбасу (басейни р. Самара й Сухий Торець), прилеглих схилах Воронежського підняття та на південно-східному схилі УЩ (Дніпропетровська і Кіровоградська області) (рис. 2) (Zosymovych et al., 2009). Діатомові комплекси синхронних стратиграфічних рівнів у цьому регіоні за таксономічним складом схожі між собою, але змінюються по розрізу порід.

Діатомові у відкладах еоцену

Комплекс середньоеоценових діатомових із східних районів України в цілому представлений 205 видами та різновидами (191 класу *Coscinodiscophyceae* – центричні, 12 *Bacillariophyceae* – пенатні). У даній статті класифікація діатомових наводиться за Раундом та ін. (Round et al., 1990).

Діатомові першої половини середнього еоцену (київський вік, верстви з *Stictodiscus kossutii* Pantocsek, NP16-17) (рис. 1) містять 90 видових таксонів (44 роди). З них 86 видів (42 роди) належать до центричних, клас *Coscinodiscophyceae*, 4 види (2 роди) – до пенатних, клас *Bacillariophyceae*. Найбільше видове розмаїття притаманне родам *Coscinodiscus* Ehrenberg (8), *Stephanopyxis* (7), *Hemiaulus* Ehrenberg (6), *Trinacria* (6), *Pseudopodosira* Jousé (5), високою продуктивністю відрізнялися роди *Coscinodiscus*, *Paralia*, *Hemiaulus*, *Pseudopodosira* (Olshtynskaya, 1999a, b; Olshtynska, 2002, 2018) (Табл. I).

Для кінця середнього еоцену (київський вік, зона *Cristodiscus succinctus*, NP18) (рис. 1) характерна асоціація з 200 видових таксонів діатомей (68 родів). З них 185 видів (62 роди) відносяться до класу *Coscinodiscophyceae*, 12 видів (6 родів) – до *Bacillariophyceae*. Найбільшою видовою різноманітністю характеризуються роди *Sheshukovia* Glezer (13), *Coscinodiscus* (12), *Stephanopyxis* (10), *Hemiaulus* (8), *Trinacria* (8), *Actinoptychus* Ehrenberg (7) та *Pseudopodosira* (5). Високою чисельністю в комплексі вирізняються види *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, *Coscinodiscus obscurus* var. *obscurus* Schmidt, *Anuloplicata ornata* (Grunow) Gleser, *Pseudopodosira bella* Posnova et Gleser, *Stephanopyxis turris* f. *intermedia* Grunow та *Coscinodiscus decrescens* Grunow. Характерним видом діатомового комплексу є зональний для середнього та верхнього еоцену Східно-Європейської платформи *Bipalla oamaruensis* (Grove et Sturt) Gleser (рис. 1, Табл. I, I).

Діатомові початку пізнього еоцену (обухівський вік, верстви з *Plagiogramma paleogena* Glezer, NP 19–20) (рис. 1) відзначалися найбільшим різноманіттям видового та родового складу, збільшилася кількість представників пенатних шовних діатомових. Комплекс обухівського часу

містить 234 види та внутрішньовидових таксона (83 роди). Серед них 206 видів із 69 родів належать до *Coscinodiscophyceae*, 28 видів із 14 родів – до класу *Bacillariophyceae* (Табл. II). Впродовж середнього та на початку пізнього еоцену відбувався розквіт таких давніх морських родів, поширених у Світовому океані, як *Brightwellia* Ralfs, *Craspedoporus* Greville, *Distephanosira* Glezer, *Hemiaulus*, *Sheshukovia*, *Peponia* Greville, *Porodiscus* Greville та *Pseudopodosira*. Характерним видом є зональний для середнього та верхнього еоцену *Bipalla oamaruensis* (Grove et Sturt) Glezer (рис. 1, Табл. II, 1).

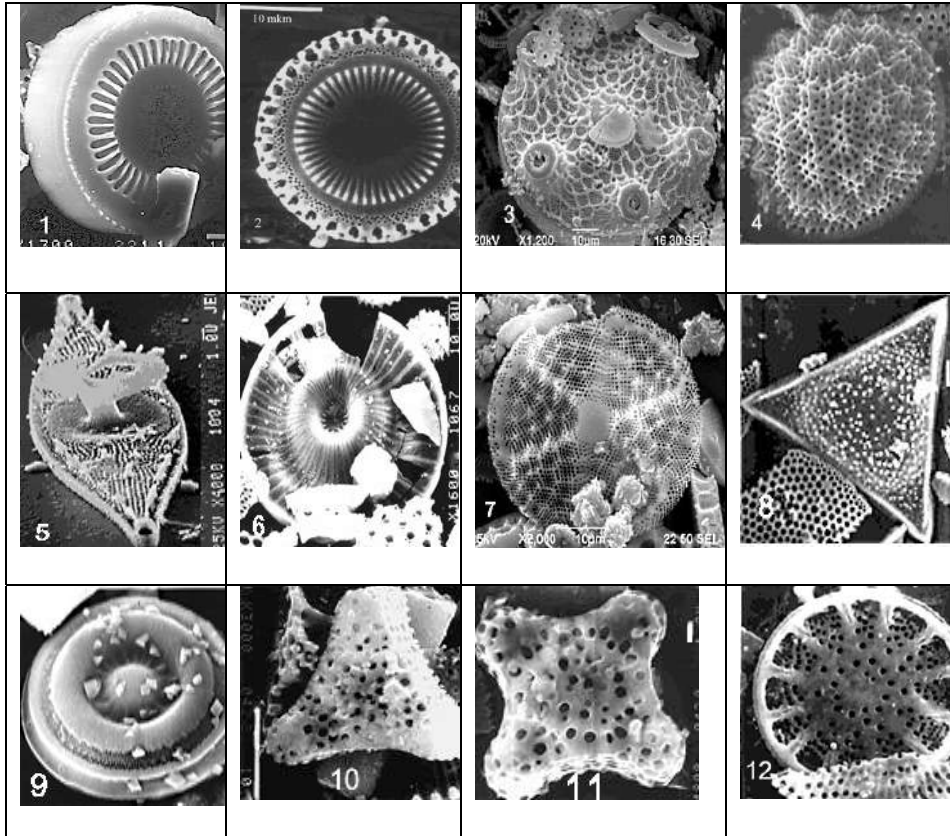


Табл. I. Діатомові середнього еоцену східного регіону України. 1 – *Bipalla oamaruensis* (Grove et Sturt) Glezer; 2 – *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve; 3 – *Craspedoporus retinevis* (Sheshukova et Glezer) Hendey et Sims; 4 – *Stephanopyxis charkoviana* Jousé; 5 – *Rutilaria tenuicornis* Grunov subsp. *paleogene* Ross; 6 – *Monopsia mammosa* Grove et Sturt; 7 – *Actinoptychus intermedius* Schmidt; 8 – *Trinacria ventricosa* Grove et Sturt.; 9 – *Pseudopodosira bella* Posnova et Glezer; 10 – *Lisitzinia inconspiqua* var. *trilobata* Fener (*Fenneria brachiata* (Brightwell) Witkowski); 11 – *Lisitzinia inconspiqua* (Greville) Glezer (*Fenneria brachiata* (Brightwell) Witkowski); 12 – *Stictodiscus kossutii* Pantocsek. СЕМ. Шкала: 1–4, 6–10, 12 – 10 мкм; 5, 11 – 1 мкм

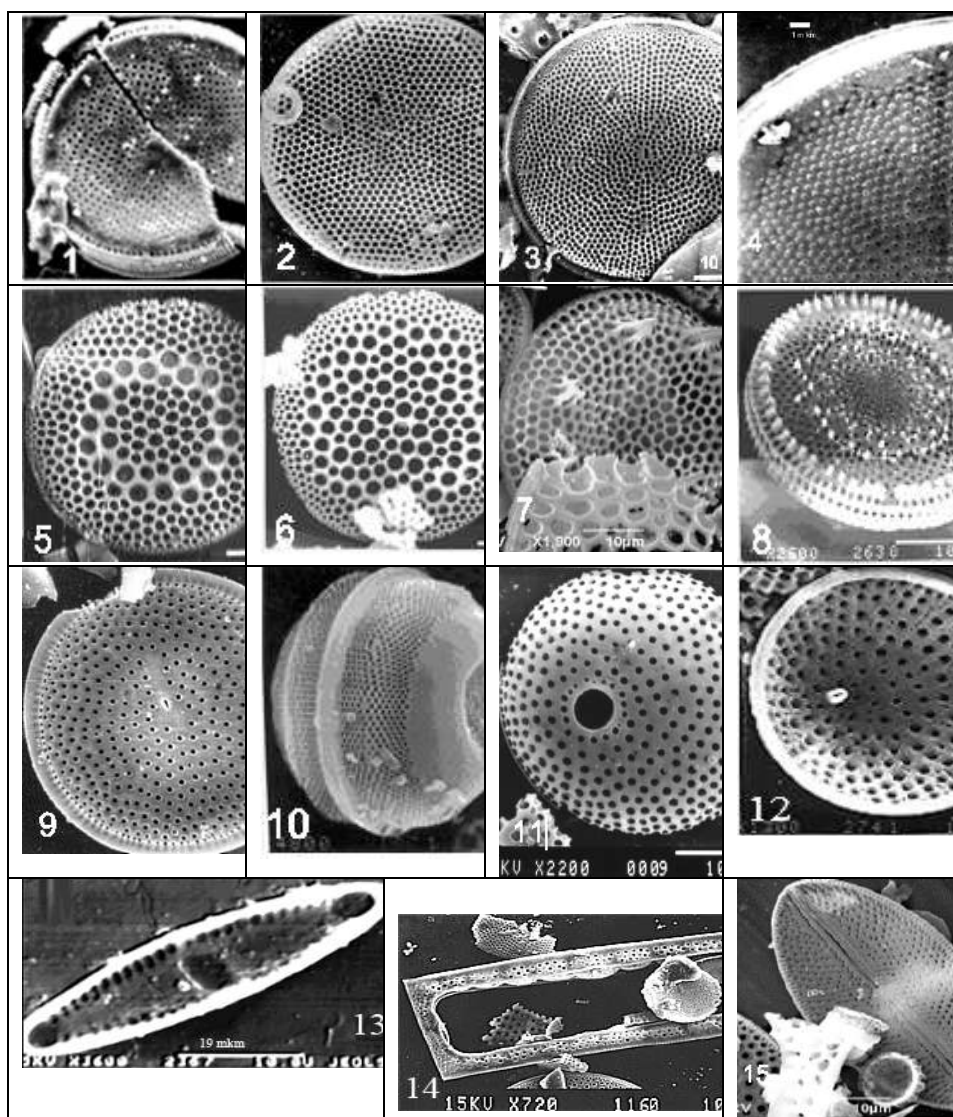


Табл. II. Діатомові середнього та верхнього еоцену східного регіону України. 1 – *Cristodiscus succinctus* (Sheshukova-Poretzkaya et Glezer) Glezer et Olshtynskaya; 2 – *C. duplex* (Glezer et Posnova) Glezer et Olshtynskaya; 3 – *Cosmiodiscus breviradiatus* Glezer et Olshtynskaya; 4 – *Actinocyclus* sp.; 5 – *Coscinodiscus bulliens* Schmidt; 6 – *C. decrescens* Grunow; 7 – *Stephanopyxis crenata* Sheshukova-Poretzkaya; 8 – *Distephanosira architecturalis* (Brun) Glezer; 9 – *Stellarima* cf. *primalabiata* (Gombos) Hasle et Sims; 10 – *Pseudohyalodiscus entis* Olshtynskaya; 11 – *Porodiscus nitidus* var. *excentricus* Olshtynskaya; 12 – *Pseudostictodiscus ovetschkinii* Glezer; 13 – *Plagiogramma paleogena* Glezer; 14 – *Hemiaulus polymorphus* var. *charkovianus* Jouse; 15 – *Mastogloia rutilans* Brun. Шкала: 1–3, 5–9, 11–15 – 10 мкм; 2, 4, 10 – 1 мкм

Діатомові середньо-пізньоеоценового часу відзначалися високим рівнем спадкоємності та великою кількістю вимерлих на кінець еоцену таксонів (Witkowski et al., 2014). Зникли реліктові *Lisitzinia inconspiqua* (Greville) Glezer, *Craspedodiscus oblongus* (Greville) Grunow, *Hemiaulus perlongus* Pantocsek. Комплекси, що змінювали один одного в часі, збагачувались як за рахунок появи нових таксонів, так і завдяки мігрантам зі Світового океану. У пізньому еоцені з'явилися представники роду *Actinocyclus* Ehrenberg, збільшилося різноманіття *Cestodiscus* Greville.

Діатомові у відкладах еоцен–олігоценового переходу

Комплекс діатомових, за попередніми геологічними даними визначений як еоценовий (?), виявлений у розрізах Київського Подніпров'я (с. Савенки) (рис. 2), за таксономічним складом та екологічними уподобаннями суттєво відрізняється не тільки від еоценових діатомових зі східних та північно-східних районів України, а також від інших відомих діатомових комплексів еоцену. Серед виявлених 60 видів, що належать до 28 родів, найбільш численні представники морських родів *Actinocyclus*, *Pseudotriceratium* Grunow, *Hemiaulus*. Значну частку становлять епіфітні роди *Campyloneis* Ehrenberg ex Kützing, *Cocconeis* Ehrenberg, *Sceptroneis* Ehrenberg та види роду *Rhaphoneis* Ehrenberg, які не зустрічаються в діатомових флорах середнього та верхнього еоцену Паратетису, але звичайні для пізнішого часу – олігоцену.

У складі діатомей відсутні зональний для середнього та верхнього еоцену *Bipalla oamaruensis* та субтропічні роди *Brigthwellia*, *Craspedoporus*, *Peponia*, *Porodiscus*. Незначною є частка представників родів *Coscinodiscus*, *Trinacria* та *Sheshukovia*. Водночас характерна різноманітність *Pseudotriceratium*, дрібностулкових *Actinocyclus* та пенатних таксонів. Серед силікофлагелят присутні *Distephanus quinquangellus* Bukry et Foster та *Dictyocha hexacantha* Schulz.

Порівняно з тепловодними морськими еоценовими нормально-солоними асоціаціями східних районів України цей комплекс є помірно холодноводним, більш мілководним і дещо солонуватоводним і вказує на морські прибережні умови існування діатомових. Питання про вік вміщуючих порід не визначене остаточно, оскільки за складом форамініфер та динофітових водоростей із суміжних горизонтів (визначення Т.С. Рябокони і Т.В. Шевченко) їх датують як нижня частина верхнього еоцену (приабон). За географічним розташуванням місцезнаходження комплекс є значно західнішим, ніж усі еоценові у Паратетисі (Olshtynskaya, 2021, 2023).

Діатомові у відкладах нижнього олігоцену

Морські ранньоолігоценові кременескелетні мікроводорості географічно менш поширені, ніж еоценові. Вони відомі у Західному та Південному районах України, містяться у відкладах менілітової світи (рис. 1) в Самбірських Карпатах біля м. Доброміль та у східному Приазов'ї в басейні р. Грузький Єланчик, поблизу м. Волноваха (рис. 2) (Olshtynskaya, 1997, 2001, 2003, 2007, 2008; Olshtynska, Tsoy, 2018).

Діатоміти менілітової світи розрізу м. Доброміль складені рештками діатомових водоростей незадовільної збереженості, значна кількість стулок зруйнована, що утруднює визначення повного прижиттєвого таксономічного складу діатомових. У комплексі нижньоменілітової підсвіти визначено 30 видів, що належать до 21 роду. Близько 80% усіх стулок складають: *Distephanosira architecturalis* (Brun) Glezer, *Paralia grunovii* Glezer, *P. crenulata* (Grunow) Glezer та *Skeletonema barbadense* Greville. Субдомінантними є *Actinoptychus undulatus* (Kützinger) Ralfs, *Stephanopyxis turris* (Greville) Ralfs, *Xanthiopyxis globosa* Ehrenberg, *Pseudopodosira* aff. *modesta* (Jousé) Olshtynskaya, *Pyxilla* aff. *prolongata* Brun, *Rhizosolenia* aff. *hebetata* Bailey, присутні *Cocconeis vitrea* Brun, *Pyxilla johnsoniana* Greville, *Eucampia balaustrium* Castracane, *Actinocyclus* sp., *Thalassiosira* sp., *Lyrella* sp. та *Nitzschia* sp., а також поодинокі стулки *Aulacoseira praegratulata* (Jousé) Simonsen фрагменти пенатних діатомей та численні спори діатомових.

Ранньоолігоценовий вік комплексу визначається видами *Pyxilla* aff. *prolongata*, *Actinocyclus octonarius* Ehrenberg, *Actinoptychus stella* f. *thumii* Schmidt, *Cocconeis vitrea*, *Eucampia balaustrium* та *Rhizosolenia* aff. *hebetata*, які невідомі у пізньоеоценових флорах. Таксономічний склад діатомових відповідає зоні *Pyxilla reticulata* (раніше *Pyxilla* aff. *prolongata*) Норвезького моря (Olshtynskaya, 2007, 2011) (рис. 1). Подібного складу діатомові містяться у синхронних відкладах нижнього олігоцену Польських Флішевих Карпат (Kaczmarzka, 1982; Kotlarczyk, Kaczmarzka, 1987).

У східному Приазов'ї комплекс ранньоолігоценових діатомових досліджений із перехідних верств між білоглинським і хадумським горизонтами (NP 21) (рис. 2) в районі м. Волноваха (рис. 1). Діатомові за складом подібні до комплексу з Доброміля, але відрізняються кращою збереженістю стулок та більшим таксономічним різноманіттям. Домінують *Distephanosira architecturalis* та *Cestodiscus* aff. *intersectus* (Brun) Reinh. Присутні численні характерні для олігоцену види: *Actinoptychus senarius* Ehr., *Pyxilla reticulata* Grove et Sturt, *Pyxilla* aff. *johnsoniana* (Ehrenberg) Forti, *Rocella vigilans* Fenner, *Proboscia interposita* (Hajos) Jordan et Brun,

Pseudotriceratium radiosoreticulatum Grunow, *Pseudotriceratium* cf. *adpersum* Mann, *Triceratium macroporum* Hajos, *Cocconeis vitrea*, *Rutilaria areolata* Sheshukova-Poretskaya, *Sceptroneis pupa* Schrader et Fenner, *Eucampia balaustrium*, *Rhizosolenia oligocaenica* Schrader, а також *Sceptroneis pesplanus* Fenner et Schrader, *Rocella praenitida* Fenner та *Hemiaulus rectus* var. *twista* Fenner (Zosymovych, 2009) (Табл. III).

Раньоолігоценовий комплекс цих розрізів у цілому складається зі 120 видів діатомових та 15 видів силікофлагеллят і відрізняється від еоценових на родовому рівні, а саме відсутністю звичайних для еоцену субтропічних родів *Brighwellia*, *Craspedoporus*, *Peponia*, *Porodiscus* та появою групи ранньоолігоценових видів родів *Thalassiosira* Cleve, *Eucampia* Ehrenberg, *Rhizosolenia* Brightwell, *Sceptroneis* Ehrenberg, *Navicula* Bory, *Cocconeis*, таких як *Actinoptychus stella* f. *thumii* *Rhizosolenia* aff. *hebetata*, *Cocconeis vitrea*, *Actinocyclus octonarius*, *Eucampia balaustrium*, *Asterolampra punctifera* (Grove) Hanna, *Azpeitia oligocenica* (Jousé) Sims, *Hemiaulus rectus* Fenner, *Aulacoseira praegranulata*.

Серед діатомових присутні як морські, так і значна кількість евритермних видів, субтропічні та бореальні елементи. Аркто-бореальні *Eucampia balaustrium* та *Cocconeis vitrea* є показниками зниження температури поверхневих вод і похолодання, що почалося в олігоцені. Водночас присутні відносно тепловодні роди *Hemiaulus* і *Sheshukovia*. Це переважно літоральний та неритичний планктон з деякою участю бентосу; комплекс є типовим для літоралі та верхньої зони шельфу. Екологічний склад діатомей відображає регресивний етап розвитку пізньопалеогенового морського басейну.

Ранньоолігоценові діатомові Паратетису відрізняються від океанічних комплексів значним вмістом неритичних та бореальних представників, літорального планктону та бентосу. Поєднання в асоціації з Приазов'я олігоценових *R. oligocaenica*, *P. adpersum*, *E. balaustrium*, *C. vitrea* та *Puxilla reticulata* Grove et Sturt з численними («спалах») *Distephanosira architecturalis* характерні для комплексу зони *Puxilla reticulata* (= *P. aff. prolongata*) Норвезько-Гренландського басейну. Комплекс зони *P. reticulata* Приазов'я за стратиграфічним положенням співставний також з океанічною зоною *R. oligocaenica* (33,7–30,2 млн р.), поширеною в основі нижнього олігоцену високих широт та в Південному океані (Gladenkov, Barron, 1995; Tsoi, Shastina, 2000). Діатомові дуже близькі за таксономічним складом до ранньоолігоценового комплексу зі свердловини 1128 в Австралійській затоці (Sanfilippo, Fourtanier, 2003).

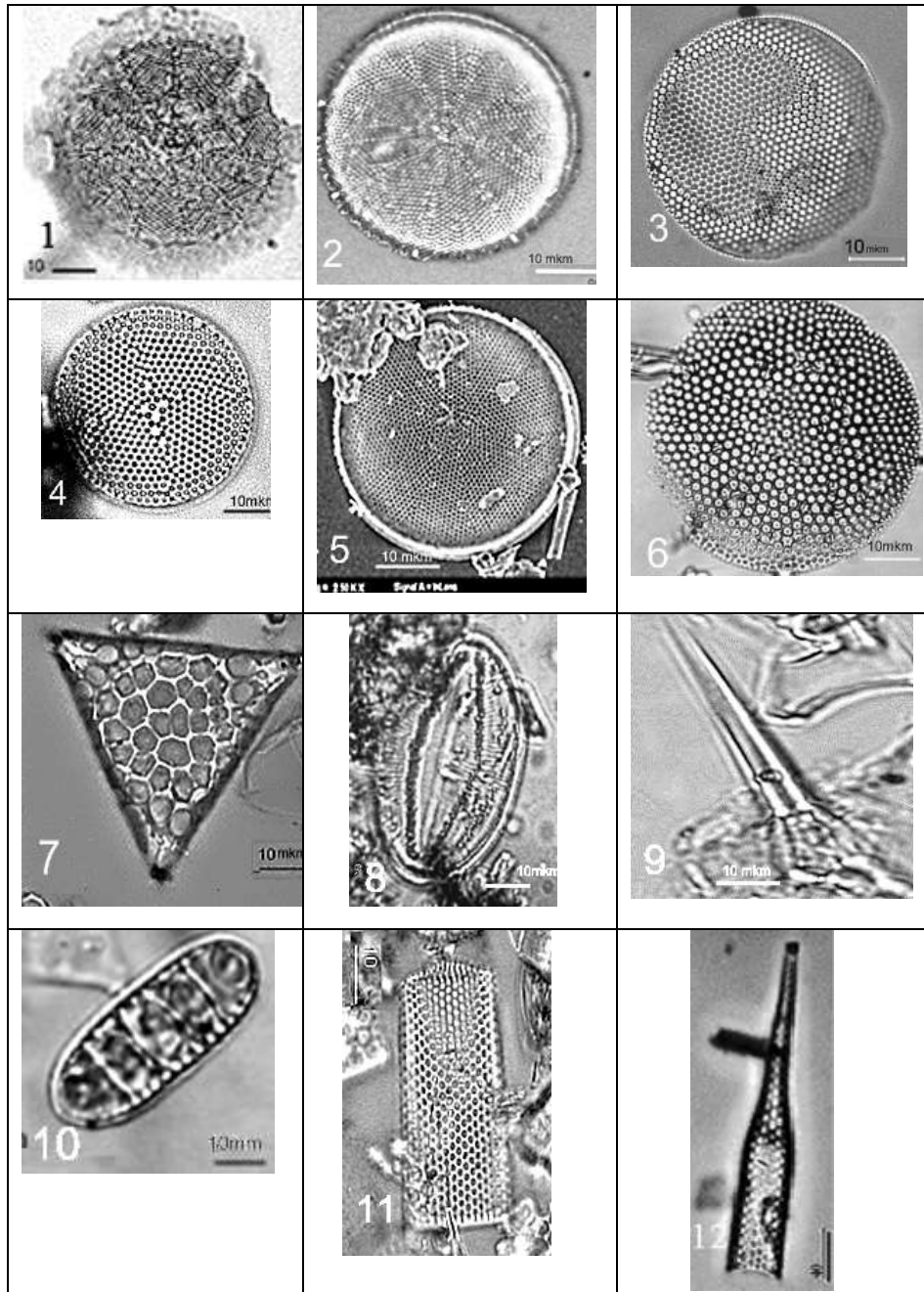


Табл. III. Діатомові раннього олігоцену України. 1 – *Cestodiscus* sp.; 2 – *Cestodiscus* aff. *intersectus* (Brun) Reinhold; 3 – *Azeitia* sp.; 4 – *Actinocyclus* sp.; 5 – *Cristodiscus succinctus* (Sheshukova-Poretzkaya et Glezer) Glezer et Olshtynskaya; 6 – *Coscinodiscus* aff. *heteroporus* Ehrenberg; 7 – *Triceratium macroporum* Hajós; 8 – *Cocconeis vitrea* Brun; 9 – *Rhizosolenia* af. *oligocaenica* Schrader; 10 – *Hemiaulus* sp.; 11 – *Pyxilla reticulata* Grove et Sturt; 12 – *Pyrgopyxis* aff. *prolongata* (Brun) Hendey; 5 – СЕМ, 6–12 – СМ. Шкала 10 мкм

Висновки

Наші дослідження показали, що в палеогенових відкладах південної частини Європейської платформи (ДДЗ, Воронезьке підняття, інші прилеглі райони) поширені біокременисті верстви, які містять численні різноманітні рештки діатомових і діктіохових водоростей різного ступеня збереженості.

Незважаючи на те, що осадові породи із кременескелетними мікроводоростями у палеогені Східноєвропейської платформи поширені нерівномірно і переважно малопотужними прошарками, систематичні дослідження дозволяють визначити стратиграфічну послідовність діатомових комплексів та їхню екологічну структуру для різних інтервалів розрізу, охарактеризувати умови існування у палеобасейнах.

Таксономічний склад та екологічні характеристики вказують на те, що кременескелетні мікроводорості розвивались у різних фаціальних ділянках басейну Паратетису. На різних стратиграфічних рівнях таксономічний склад їхніх комплексів суттєво відрізняється не тільки на видовому, але й на родовому рівнях.

Найбільш таксономічно багаті комплекси виділені із середньо- та верхньоеоценових осадових порід північно-східного борта Дніпрово-Донецької западини, північно-західних окраїн Донбасу. Вони налічують майже 250 видів діатомей та понад 35 видів силікофлагеллят.

У відкладах еоцен-олігоценного переходу Київського Придніпров'я діатомова асоціація характеризується значним ендемізмом і відрізняється родовим складом та екологічним спектром не тільки від палеогенових діатомових інших місцезнаходжень України, але й від інших відомих діатомових комплексів. Екологічний спектр вказує на існування діатомової флори в мілководній прибережній зоні морського еоценового басейну. Поява таксонів, не характерних для інших акваторій Східного Паратетису, свідчить про зміну наприкінці приабонського часу морських обстановок на більш опріснені прибережно-морські. Розрізи еоцен-олігоценного переходу з діатомеями досить рідкісні, тому що олігоцені відклади Паратетису часто дуже м'які і схильні до руйнування. Наприкінці еоцену тектонічна активність та кліматичні зміни призвели до розриву відкритих морських зв'язків та розвитку ендемічної біоти на всій акваторії Паратетису.

Діатомові раннього олігоцену досліджених районів відрізняються від еоценових асоціацій на родовому рівні. Серед них відсутня більшість субтропічних та пелагічних еоценових елементів, натомість наявний високий відсоток типово ранньоолігенових неритичних родів. Ранньо-

олігоценевий комплекс морських кременескелетних мікроводоростей складається зі 120 видів діатомових і 15 видів силікофлагелят.

Порівнюючи ранньоолігенову діатомову флору Паратетису з пізньоеоценовою відзначаємо високий ступінь її спадкоємності, помітну участь транзитних і успадкованих пізньоеоценових елементів, ряду реліктових форм, що вважалися насамперед ендеміками середнього та верхнього еоцену. Водночас олігоцен був часом суттєвих перетворень структури діатомових угруповань, зміни їхнього складу на високому таксономічному рівні. На межі еоцену та олігоцену повністю зникають характерні еоценові роди: *Brightwellia* Ralfs, *Bipalla* Glezer, *Cristodicus* Glezer et Olshtynskaya, *Craspedoporus* Greville, *Kittonia* Grove et Sturt, *Monopsia* Grove et Sturt, *Peponia* Greville, *Porodiscus* Greville, *Pseudostictodiscus* Grunow ex Schmidt et al, *Radialiplicata* (Glezer) Glezer та *Strangulonema* Greville.

Визначення таксономічного складу та екологічної структури діатомових комплексів та аналіз їхніх стратиграфічних послідовностей має істотне значення як для зональної біотратиграфічної шкали за діатомовими та силікофлагелятами, так і для реконструкції геологічних і палео-океанологічних подій, а також для розуміння кайнозойської еволюції кременескелетних мікроводоростей у глобальному масштабі.

Список літератури

- Girard V., Martin S.S., Buffetaut E., Martin J.-P.S., Néraudeau D., Peyrot D., Roghi G., Ragazzi E., Suteethorn V. 2020. Thai amber: insights into early diatom history? *Bull. Soc. Géol. France*. 191(1): 23.
- Gladenkov A.Yu., Barron J.A. 1995. Oligocene and Early Miocene Diatom Biostratigraphy of Hole 884B. *Proc. ODP. Sci. Res.* 145: 21–41.
- Glezer Z.I. 1996. Relationship between the evolution of Eocene diatom floras and some abiotic factors. *Stratigraphy. Geol. Correl.* 4(3): 62–70. [Глезер З.И. 1996. Связь эволюции эоценовых диатомовых флор с некоторыми абиотическими факторами. *Стратиграфия. Геол. коррел.* 4(3): 62–70].
- Glezer Z.I., Olshtynskaya A.P. 1994. New data on the evolution of diatoms of the family *Coscinodiscaceae*. *Algologia*. 4(1): 98–93. [Глезер З.И., Ольштынская А.П. 1994. Новые данные об эволюции диатомовых водорослей сем. *Coscinodiscaceae*. *Альгология*. 4(1): 98–93].
- Glezer Z.I., Olshtynskaya A.P. 1997. A New Date on Eocene Diatoms of the Family *Coscinodiscaceae*. *Hydrobiol. J.* 33(5): 79–84.
- Glezer Z.I., Sheshukova-Poretskaya V.S. 1967. On Barbados and New Zealand tertiary species in the Late Eocene flora of Ukraine. *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* Leningrad: Nauka. Pp. 21–38.

- [Глезер З.И., Шешукова-Порецкая В.С. 1967. О Барбадосских и новозеландских третичных видах в позднеэоценовой флоре Украины]. *Новости сист. низш. раст.* Л.: Наука. С. 21–38].
- Glezer Z.I., Sheshukova-Poretskaya V.S. 1968. Late Eocene diatoms, golden and pyridinium algae and Ebridians of the north-eastern margin of the UKM. *Paleont. Zb. (Lviv)*. 5(1): 117–124.
- [Глезер З.И., Шешукова-Порецкая В.С. 1968. Позднеэоценовые диатомовые, золотистые и пиридиниевые водоросли и эбриидеи северо-восточной окраины УКМ. *Палеонт. сб. (Львів)*. 5(1): 117–124].
- Glezer Z.I., Sheshukova-Poretskaya V.S. 1969. On the history of the formation of the marine diatom flora of Ukraine. *Vestn. LGU*. 2: 60–73. [Глезер З.И., Шешукова-Порецкая В.С. 1969. К истории формирования морской диатомовой флоры Украины. *Вестн. ЛГУ*. 2: 60–73].
- Glezer Z.I., Zosimovich V.Yu., Klyushnikov M.N. 1965. Glezer Z.I., Zosimovich V.Yu., Klyushnikov M.N. 1965. Diatoms of Paleogene sediments of the Northern Donets River basin and their stratigraphic position. *Paleontol. Zb. (Lviv)*. 2(2): 73–78. [Глезер З.И., Зосимович В.Ю., Ключников М.Н. 1965. Диатомовые водоросли палеогеновых отложений бассейна реки Северный Донец и их стратиграфическое положение. *Палеонт. сб. (Львів)*. 2(2): 73–78].
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2024. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway.
- Gurov A.V. 1883. On the geology of Ekaterinoslav and Kharkov provinces. *Proc. Khark. Soc. Nat. Sci.* 16: 22–27. [Гуров А.В. 1883. К геологии Екатеринославской и Харьковской губерний. *Тр. Харьк. общ. испыт. природы*. 16: 22–27].
- Harwood D.M., Nikolaev V.A. 1995. Cretaceous diatoms: morphology, taxonomy, biostratigraphy. In: *Short Courses in Paleontology*. Vol. 8. *Siliceous Microfossils*. Cambridge: Cambridge Univ. Press. Pp. 81–106.
- Kaczmarska I. 1982. Diatoms of the two Lower Oligocene diatomites from the Polish Carpathian Flysch. *Acta Geol. Acad. Sci. Hungar.* 25: 39–47.
- Kotlarczyk J., Kaczmarska I. 1987. Two diatom horizons in the Oligocene and (?)Lower Miocene of the Polish Outer Carpathians. *Ann. Soc. Geol. Polon.* 57: 143–188.
- Krochak M.D., Mienasova A.Sh., Olshtynska O.P. 2022. Phosphatization of rocks and organic remains of the basal horizon of the Lower Eocene of the Middle Dnipro area. *J. Geol., Geogr. Geoecol.* 31(2): 343–351.
- Olshtynskaya A.P. 1977. Late Eocene diatoms and silicoflagellates of northeastern Ukraine. *Geol. J.* 37(3): 46–52. [Ольштынская А.П. 1977. Позднеэоценовые диатомовые водоросли и силикофлагеллаты северо-востока Украины. *Геол. журн.* 37(3): 46–52].
- Olshtynskaya A.P. 1978. Studies of Paleogene marine diatoms on the territory of Ukraine. In: *Paleontological research in Ukraine: Mat. 1st annual session Ukr. Paleontol. Soc.* Kyiv. Pp. 286–291. [Ольштынская А.П. 1978. Исследования палеогеновых морских диатомовых водорослей на территории Украины. В кн.: *Палеонтологические*

- исследования в Украине: Мат. 1-й годичной сессии Укр. палеонтол. общ-ва. Киев. С. 286–291].
- Olshtynskaya A.P. 1997. The main stages of the evolution of *Bacillariophyta* in the Cenozoic basins of Ukraine. *Algologia*. 7(4): 400–408. [Ольштынская А.П. 1997. Основные этапы эволюции *Bacillariophyta* в кайнозойских бассейнах Украины. *Альгология*. 7(4): 400–408].
- Olshtynskaya A.P. 1999a. *The Cenozoic stage of development of the diatom flora of Ukraine (biostratigraphy, evolution, paleoecology)*. Dr. Sci. (Geol.) Abstract. Kyiv. 35 p. [Ольштынская А.П. 1999а. *Кайнозойський етап розвитку діатомової флори України (біостратиграфія, еволюція, палеоекологія)*: Автореф. дис. д-ра геол. наук. Киев. 35 с.].
- Olshtynskaya A.P. 1999b. The main stages of evolutionary development of *Bacillariophyta* in the Cenozoic basins of Ukraine. *Int. J. Algae*. 1(3): 115–126.
<https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v1.i3.10>
- Olshtynska O.P. 2001. Micropaleontological researches in Ukraine at the beginning of the 21st century. In: *Geology in the 21st century. Ways of development and prospects*. Kyiv: Znannya. Pp. 230–237. [Ольштинська О.П. 2001. Мікропалеонтологічні дослідження в Україні на початку ХХІ ст. В кн.: *Геологія в ХХІ столітті. Шляхи розвитку та перспективи*. Київ: Знання. С. 230–237].
- Olshtynska A.P. 2002. Morphological and taxonomic characteristics of some Paleogene diatoms of Ukraine. *Int. J. Algae*. 4(1): 118–126. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v4.i1.120>
- Olshtynskaya A.P. 2003. Critical levels in the development of diatoms in the basins of the northern margin of the Tethys and Eastern Paratethys in the Cenozoic. Theoretical and applied aspects of modern biostratigraphy of the Phanerozoic of Ukraine. In: *Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences NAS Ukraine*. Kyiv. Pp. 157–158. [Ольштынская А.П. 2003. Критические уровни в развитии диатомовых водорослей в бассейнах северной окраины Тетиса и Восточного Паратетиса в кайнозое. Теоретичні та прикладні аспекти сучасної біостратиграфії фанерозою України. В кн.: *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*. Київ. С. 157–158].
- Olshtynskaya A.P. 2007. Ecosystem reconstruction of diatom complexes at the boundary of the Eocene and Oligocene in the Peritethys basins. Paleontological research in Ukraine: History, current state and prospects. In: *Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences NAS Ukraine*. Kyiv. Pp. 248–254. [Ольштынская А.П. 2007. Экосистемная перестройка диатомовых комплексов на границе эоцена и олигоцена в бассейнах Перитетиса. Палеонтологічні дослідження в Україні: Історія, сучасний стан та перспективи. В кн.: *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*. Київ. С. 248–254].
- Olshtynska O.P. 2008. Current state of study of Cenozoic diatoms in Ukraine. Biostratigraphic basis for constructing stratigraphic schemes of the Phanerozoic of Ukraine. In: *Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences NAS Ukraine*. Kyiv. Pp. 351–359.

- Kyiv. Pp. 351–359. [Ольштинська О.П. 2008. Сучасний стан вивченості кайнозойських діатомових водоростей в Україні. Біостратиграфічні основи побудови стратиграфічних схем фанерозою України. В кн.: *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*. Київ. С. 351–359].
- Olshtynskaya A.P. 2011. Silicoflagellates of the Eocene and early Oligocene of Ukraine. Problems of stratigraphy and correlation of Phanerozoic deposits of Ukraine. In: *Materials of the XXXIII session of the Paleontological Society of the NAS of Ukraine*. Kyiv. Pp. 76–78. [Ольштинская А.П. 2011. Силикофлагеллаты эоцена и начала раннего олигоцена Украины. Проблемы стратиграфии и корреляции фанерозойских відкладів України. В кн.: *Матеріали XXXIII сесії палеонтологічного товариства НАН України*. Київ. С. 76–78].
- Olshtynskaya A. 2021. New location of Eocene diatoms in northern Ukraine. Diatom algae: morphology, biology, taxonomy, floristry, ecology, paleogeography, biostratigraphy. In: *Materials of the XVII International Scientific Conference*. Minsk. Pp. 164–165. [Ольштинская А. 2021. Новое местонахождение эоценовых диатомей в северной Украине. Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия. В кн.: *Материалы XVII Международной научной конференции*. Минск. С. 164–165].
- Olshtynskaya A.P., Krochak M.D. 1989. On the discovery of the remains of diatom algae in the Erchmenelaceous sediments of the northwestern shelf of the Black Sea. *Geol. J.* 4: 34–136. [Ольштинская А.П., Крочак М.Д. 1989. О находке остатков диатомовых водорослей в ерхнемеловых отложениях северо-западного шельфа Черного моря. *Геол. журн.* 4: 134–136].
- Olshtynska O., Tymchenko Yu. 2017. Diatom research in Ukraine: achievements, directions, prospects. In: *Materials of the XXXVII session of the Paleontological Society of the NAS of Ukraine*. Kyiv. 47–49. [Ольштинська О., Тимченко Ю. 2017. Діатомові дослідження в Україні: здобутки, напрямки, перспективи. В кн.: *Матеріали XXXVII сесії Палеонтологічного товариства НАН України*. Київ. С. 47–49].
- Olshtynska O.P., Tsoy I. 2018. Silicoflagellates of the Late Eocene to Early Oligocene of Eastern Paratethys (Azov Sea area of Ukraine). *Nova Hedw. Bh.* 147: 141–150.
- Oreshkina T.V., Radionova E.P. 2014. Diatom record of the Paleocene-Eocene Thermal Maximum in marine paleobasins of Central Russia, Transuralia and adjacent regions. *Nova Hedw. Bh.* 143: 307–336.
- Radionova E.P., Oreshkina T.V., Khokhlova I.E., Benyamovsky V.N. 1994. Eocene sediments of the north-eastern side of the Dnieper-Donets Basin (zonal stratigraphy and cyclic analysis). *Stratigraphy. Geol. correlation.* 2(6): 85–102. [Радионова Э.П., Орешкина Т.В., Хохлова И.Е., Беньямовский В.Н. 1994. Эоценовые отложения северо-восточного борта Днепровско-Донецкой впадины (зональная стратиграфия и циклический анализ). *Стратиграфия. Геол. корреляция.* 2(6): 85–102].
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. 1990. *The Diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 747 p.

- Sanfilippo A., Fourtanier E. 2003. Oligocene Radiolarians, Diatoms and Ebridians from the Great Australian Bight. In: *Proceeding of the Ocean Drilling Program. Scient. Result.* Vol. 182. College Stat., TX. Pp. 1–24. <https://doi.org/10.2973/odp.proc.sr.182.004>
- Strelnikova N.I. 1992. *Paleogene diatoms*. SPb.: St. Petersburg Publ. Univ. 311 p. [Стрельникова Н.И. 1992. *Палеогеновые диатомовые водоросли*. СПб.: Изд-во СПб. ун-та. 311 с.].
- Strelnikova N.I., Gladenkov A.Yu. 2019. Diatom algae and their use in stratigraphic and paleogeographic studies. *Vopr. Sovrem. Algol.* 20(2): 1–38. [Стрельникова Н.И., Гладенков А.Ю. 2019. Диатомовые водоросли и их использование в стратиграфических и палеогеографических исследованиях. *Вопр. соврем. альгол.* 20(2): 1–38].
- The diatoms of the USSR (fossil and recent)*. 1974. Vol. 1. Ed. A.I. Proshkina-Lavrenko. Leningrad: Nauka. 402 p. [Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные)]. 1974. Т. 1. Отв. ред. А.И. Прошкина-Лавренко. Л.: Наука. 402 с.].
- Tsoi I.B., Shastina V.V. 2005. *Cenozoic siliceous microplankton from the deposits of the Sea of Okhotsk and the Kuril-Kamchatsky Trench*. Vladivostok: Dalnauka. 181 p. [Цой И.Б., Шастина В.В. 2005. *Кайнозойский кремнистый микропланктон из отложений Охотского моря и Курило-Камчатского желоба*. Владивосток: Дальнаука. 181 с.].
- Uspenska Yu.M. 1935. Fossil diatom algae Kharkiv river in the vicinity of Kharkiv. *Zap. Nauk.-dosl. Inst. Geol. KhDU.* 5: 101–119. [Успенська Ю.М. 1935. Копальні діатомові водорості харківського поверу околиць м. Харкова. *Зап. Наук.-досл. ін-ту геол. ХДУ.* 5: 101–119].
- Witkowski J., Harwood D.M., Chin K. 2011. Taxonomic composition, paleoecology and biostratigraphy of Late Cretaceous diatoms from Devon Island, Nunavut, Canadian High Arctic. *Cretac. Res.* 32(3): 277–300.
- Witkowski J., Bohaty S., Edgar M., Kirsty M., Harwood. D.M. 2014. Rapid Fluctuations in Mid-Latitude Siliceous Plankton Production during the Middle Eocene Climatic Optimum. *ANDRILL Res. Publ.* Paper 58. <http://digitalcommons.unl.edu/andrilrespub/58>
- Witkowski J., Harwood D.M., Wade B.S., Brylka K. 2020. Rethinking the chronology of early Paleogene sediments in the western North Atlantic using diatom biostratigraphy. *Mar. Geol.* 424: 106168. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106168>
- Zhuze A.P., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. 1949. Vol. 1. *Diatom analysis*. Leningrad: Gosgeolizdat. 239 p. [Жузе А.П., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. 1949. Т. 1. *Диатомовый анализ*. Л.: Госгеолиздат. 239 с.].
- Zosymovych V., Olshtynska O., Ryabokon T., Solianik Eu., Shevchenko T. 2009. Peculiarities of the composition and dating of Middle-Upper Eocene sediments of the articulation zone of the Dnieper-Donets depression and the outskirts of Donbass. Fossil fauna and flora of Ukraine: Paleoecological and stratigraphic aspects. *Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences NAS Ukraine*. Kyiv. Pp. 262–276. [Зосимович В.Ю., Ольштинська О.П., Рябоконт Т.С., Соляник Є.А., Шевченко Т.В. 2009. Особливості складу і датування середньо-верхньоеоценових відкладів зони зчленування Дніпровсько-Донецької западини та окраїн Донбасу. Вископна фауна і флора

України: Палеоекологічний та стратиграфічний аспекти: *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*. Київ. С. 262–276].

Zosymovych V., Zernetsky B., Olshtynskaya A., Ryabokon T., Shevchenko T. 2015. Correlation of Paleogene regiostages of Northern and Southern Ukraine. In: *Materials of the XXXVI session of the Paleontological Society of the NAS of Ukraine (Kyiv-2015)*. Lviv. Pp. 63–65. [Зосимович В., Зернецький Б., Ольштынська А., Рябоконт Т., Шевченко Т. 2015. Корреляція регіонарусів палеогена Северної и Южної України. В кн.: *Матеріали XXXVI сесії Палеонтологічного товариства НАН України (Київ-2015)*. Lviv. Pp. 63–65].

Olshtynska O.P. (<https://orcid.org/0000-0003-3211-2106>)

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine,
55b Olesya Gonchara Str., Kyiv 01601, Ukraine

Distribution, taxonomic diversity and ecology of paleogene *Bacillariophyta* in Ukraine

The geographic distribution, level of taxonomic diversity, and ecological preferences of *Bacillariophyta* complexes extracted from Paleogene deposits in various regions of Ukraine are characterized. The stratigraphic sequence of diatom assemblages, the relationship of the conditions of their formation to paleoceanological events in sedimentation basins, and the biostratigraphic significance are traced. The most taxonomically diverse (up to 250 species) associations of marine diatoms and silicoflagellates are found in the Middle to Upper Eocene deposits of the northeast margin of the Dnieper-Donetsk Depression, the northwest margins of the Donbas, and the slopes of the Voronezh Uplift. In Eocene-Oligocene deposits of the Ukrainian Shield, diatom complexes consist of over 60 marine and brackish taxa. Early Oligocene marine associations, widespread in the Sambir Carpathians and the eastern part of the Azov region, include over 130 species-level taxa. Changes in the proportion of ecological groups of diatom algae indicate their formation under different facies conditions and the transition from marine warm to more cold-water coastal-marine environments during the Eocene, with episodes of freshwater input in the Oligocene.

Key words: diatoms, stratigraphy, taxonomy, Paleogene, Ukraine

Citation. Olshtynska O.P. 2024. Distribution, taxonomic diversity and ecology of paleogene *Bacillariophyta* in Ukraine. *Algologia*. 34(1): 38–57. <https://doi.org/10.15407/alg34.01.038>

БЕРЕЗОВСЬКА В.Ю. ^{1,2} (<https://orcid.org/0000-0002-0682-6984>)

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

² University of Oulu, Faculty of Science, Ecology and Genetics Research Unit,
1 Pentti Kaiterankatu, Oulu 90570, Finland

betulaceae@ukr.net

ПЕРШІ ВІДОМОСТІ ПРО РІЗНОМАНІТТЯ ВОДОРОСТЕЙ ОЛІГОТРОФНОГО СФАГНОВОГО БОЛОТА ЧОРНЕ БАГНО (НПП «ЗАЧАРОВАНИЙ КРАЙ», ЗАКАРПАТСЬКА ОБЛ., УКРАЇНА)

Реферат. Наведено результати перших альгофлористичних досліджень одного з найглибших оліготрофних сфагнових боліт в Україні – болота Чорне Багно у НПП «Зачарований край» на Закарпатті. Це верхове сфагнове болото є гідрологічною пам'яткою природи загальнодержавного значення, також включено до переліку водно-болотних угідь міжнародного значення (Рамсарська конвенція). Проби перифітону були відібрані у лютому 2015 р., температура води становила 9 °C, pH 5,5–6. Ідентифіковано 72 види (75 вн. такс.) із 29 родів водоростей. Ядро різноманіття мікрофітобентосу складають діатомові (85,3%), менша частка належить десмідієвим (14,7% виявленого складу водоростей), що пов'язано не лише з типом водойм, а й сезонною динамікою. Знайдені види вперше вказуються для НПП «Зачарований край». Три види є новими для території України: *Luticola charlatii* (M.Peragallo) Metzeltin et Lang.-Bert., *L. muticopsis* (Van Heurck) Mann in Round, Crawford et Mann та *Neidium septentrionale* Cleve-Euler. Також виявлено низку рідкісних для флори України видів діатомей: *Eunotia cristagalli* Cleve, *Luticola acidoclinata* Lang.-Bert. in Lang.-Bert. et Metzeltin, *Hantzschia abundans*

Надійшла до редакції 30.01.2024. Після доопрацювання 07.02.2024. Підписана до друку 28.02.2024.
Опублікована 20.03.2024

Цитування. Березовська В.Ю. 2024. Перші відомості про різноманіття водоростей оліготрофного сфагнового болота Чорне Багно (НПП «Зачарований край», Закарпатська обл., Україна). *Альгологія*. 34(1): 58–79. <https://doi.org/10.15407/alg34.01.058>

Lange-Bertalot, *Nedum longipens*, *Nitzchia perminuta* (Grunow) M.Peragallo, *Pinnularia episcopalis* Cleve, *Psamothidium helveticum* (Hustedt) Bukhtiyarova et Round. Робота містить повний список виявлених таксонів, проілюстрований оригінальними світлинами.

Ключові слова: водорості, нові та рідкісні види, оліготрофне болото, НПП «Зачарований край», Україна

Вступ

Болота в Українських Карпатах можна зустріти в усіх висотних рослинних поясах, вони залягають переважно в невеликих урочищах різних типів. Хоча їхня кількість у цьому регіоні значна, більшість з них займає дуже малу площу. У зв'язку з цим заболоченість Карпат становить 0,05% (Bradis et al., 1969). У низинній і передгірній частині майже відсутня болотна рослинність, оскільки в 50-ті роки минулого століття значні земельні площі були осушені для сільськогосподарського використання (Komendar, Pavliuchok, 2006).

Незважаючи на значну флористичну цінність та значний інтерес до вивчення рослинності боліт України (Zauer, 1950; Bradis et al., 1969; Andrienko, 1974; Felbaba-Klushyna, Gapon, 2008; Chorney et al., 2008; Felbaba-Klushyna, 2010; та ін.), відомості про різноманіття водоростей цього типу водойм є значно біднішими. Переважна кількість таких досліджень носила спорадичний характер.

Цілеспрямовані дослідження різноманіття водоростей боліт були проведені у Харківській області (Matvienko, 1938, 1941, 1950). Г.М. Паламар детально вивчала альгофлору боліт Полісся (Palamar, 1952, 1954, 1956a,b, 1957). Відомості щодо водоростей боліт Карпат обмежені дослідженням лентичних водойм Чорногори: болота Цибульник, боліт в урочищах Кізі Улоги та Шибеній, на схилах гори Пожижевська (Mykitchak et al., 2014), а також болота Глуханя в Національному природному парку «Синевир» (Tiukh et al., 2012). Таким чином, водорості боліт, як стабільний фітокомпонент цих екосистем, досі залишаються недостатньо вивченою складовою альгофлори України (Tsarenko, Palamar-Mordvintseva, 2012).

Оліготрофне верхове сфагнове болото Чорне Багно лежить між горами Бужора та Мартинським Каменем в межах гірського масиву Великий Діл в НПП «Зачарований край» (Іршавський р-н, Закарпатська обл.). Площа болота 15 га, глибина близько 7 м, висота над рівнем моря від 820 до 860 м. Це найглибше торфове болото в Українських Карпатах, що займає одне з провідних позицій у переліку оліготрофних болотних комплексів України

за потужністю торфових покладів та своєрідністю рослинного покриву (Nature..., 2011).

Болото Чорне Багно за радянських часів зазнало значної трансформації рослинності через меліоративні заходи (Felbaba-Klushyna, 2010), проте його екосистема поступово відновлюється й воно залишається цінною ділянкою НПП. У 2019 р. болото включено до переліку водно-болотних угідь міжнародного значення (Рамсарська конвенція).

Альгофлористичні дослідження у НПП «Зачарований край», включаючи болото Чорне Багно, раніше не проводилися. Деякі відомості про водорості цього болота були нами опубліковані у вигляді тез (Berezovska, 2019).

Метою даної роботи було завершення опрацювання зібраного матеріалу та встановлення різноманіття водоростей цього унікального водного об'єкту.

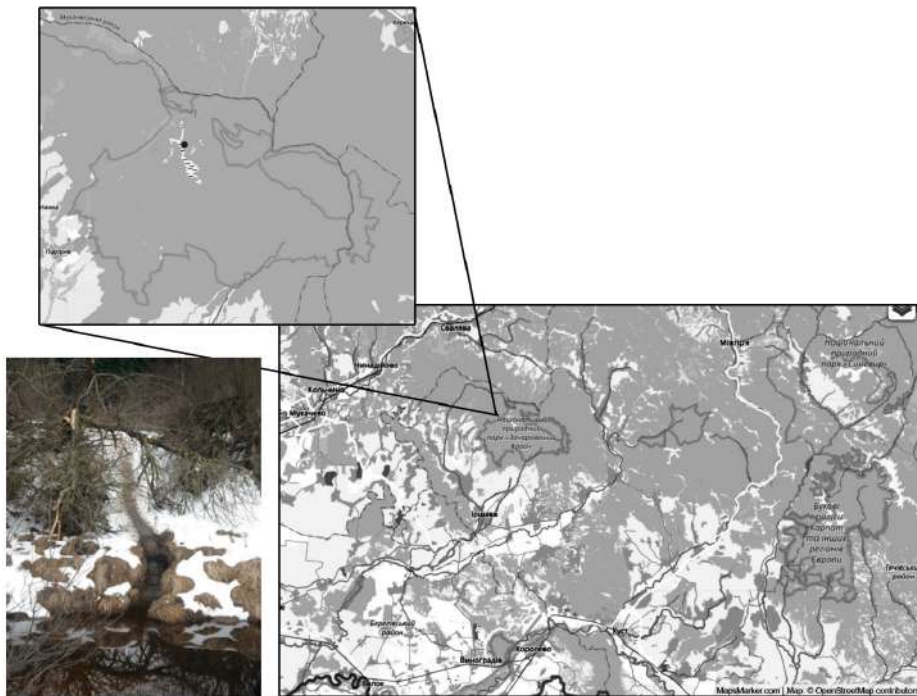


Рис. 1. Картохема розташування НПП «Зачарований край» з позначенням пункту відбору проб (●)

Матеріали та методи

Відбір альгологічних проб здійснювали у лютому 2015 р. Температура води в болоті становила 9 °С, рН 5,5–6,0 (за лакмусовими тест-смужками). Було

відібрано 6 проб з відкритої частини болота, в тому числі вижимки з *Sphagnum acutifolium* Ehrh. та відмерлої рослинності, що знаходилися під шаром снігу.

Водорості вивчали у фіксованому стані методом прямого мікроскопіювання. Використовували світловий мікроскоп Olympus BX-53 (об'єктиви $\times 10$, $\times 20$, $\times 40$, $\times 100$) з цифровою камерою Olympus LC-30. Матеріали для виготовлення постійних препаратів і СЕМ досліджень обробляли методом холодного випалювання (Balonov, 1975). Постійні препарати виготовляли за стандартною методикою з використанням синтетичної смоли Naphrax® ($n = 1,74$). СЕМ дослідження здійснювали на базі Центру колективного користування електронними мікроскопами (ЦКПЕМ) Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України за допомогою сканувального електронного мікроскопа JEOL JSM-6060 LA.

Ідентифікацію зразків проводили з використанням вітчизняних та зарубіжних визначників, а також сучасних статей (Tynni, 1979; Krammer, 1992, 2000; Lange-Bertalot, 2001; Palamar-Mordvintseva, 2005; Levkov et al., 2013; Costa et al., 2017; Solak et al., 2023). Таксономічний статус виявлених таксонів уточнювали за *AlgaeBase* (Guiry, Guiry, 2023). Відносну рясність виду визначали за шкалою К. Стармаха (Starmach, 1955).

Результати та обговорення

У зимовому перифітоні було виявлено 72 види (75 вн. такс.) з двох відділів водоростей. Їх абсолютну більшість складала діатомеї – 63(64) таксони (85,3% виявленого складу водоростей), ще 9 видів (11 вн. такс.) належали до десмідіальних водоростей (відділ *Charophyta*). До родового спектру увійшли 29 родів, з яких найбагатшими за кількістю видів виявилися: *Eunotia* Ehrenb. (11 видів), *Pinnularia* Ehrenb. (6 видів), *Luticola* D.G. Mann та *Stauroneis* Ehrenb. (по 5 видів кожний). Дванадцять родів діатомей були представлені одним видом. Насиченість родів видами у десмідіальних була дещо вищою, ніж у діатомових (3,0 та 2,4 види відповідно).

Більшість виявлених видів зустрічалася дуже рідко у вигляді поодиноких екземплярів. У значній кількості розвивалися лише три види діатомових: *Fragilariforma virescens* (Ralfs) D.M. Williams et Round, *Psammothidium helveticum* (Hust.) Bukht. et Round та *Eunotia cristagalli* Cleve. Два останні види є рідкісними для території України.

В екологічній структурі виявленого різноманіття водоростей домінували плактонно-бентосні форми. За відношенням до солоності води переважала група індиферентів (84% загальної кількості індикаторних видів), галофобів було 10%. За відношенням до рівня рН води найбільше

виявилося індиферентів (62%), відсоток алкаліфілів (20%) та ацидофілів (13%) був помітно меншим. Розподіл індикаторних видів щодо сапробності свідчить про переважання в дослідженому болоті індикаторів о-оліго-сапробної (43%) та о-х-олігоксеносапробної (9,8%) зон.

Альгофлора оліготрофних боліт вирізняється бідністю видового складу водоростей, на відміну від евтрофних і мезотрофних, за рахунок специфічних умов і кислотності середовища. Проте вивчення зимового мікрофітобентосу болота Чорне Багно, попри відносно невелику вибірку проб, виявило досить значну кількість видів, серед яких є цікаві флористичні знахідки.

Нижче наводимо список знайдених таксонів. Відносна рясність виду визначалася за шкалою К. Стармаха: + – дуже рідко (вид присутній не в кожному препараті); 1 – поодинокі (1–6 особин виду в препараті); 2 – мало (7–16 особин виду в препараті); 3 – порядно (17–30 особин виду в препараті); 4 – багато (31–50 особин виду в препараті); 5 – дуже багато, абсолютне переважання виду в препараті (Starmach, 1955).

Heterokontophyta **Bacillariophytina**

1. *Cyclotella meneghiniana* Kütz. (рис. 2, 1)

Стулки 12–14 мкм в діаметрі, 7–10 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

2. *Fragilariforma virescens* (Ralfs) D.M.Williams et Round (рис. 2, 2).

Стулки лінійні, 15–60 мкм завд., 5–7 мкм завш., з клювовидно відтягнутими кінцями, 12–19 штрихів у 10 мкм.

5 – Дуже багато.

3. *F. virescens* var. *elliptica* (Hustedt) Aboal (рис. 2, 3)

Стулки широкоеліптичні, 24 мкм завд., 10 мкм завш., зі слабо відтягнутими кінцями, 7–10 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

4. *Fragilaria capucina* Desmazieres

Стулка 35 мкм завд., 4 мкм завш., 14 штрихів в 10 мкм.

1 – Поодинокі.

5. *F. radians* (Kütz.) D.M.Williams et Round (рис. 2, 4)

Стулка 35 мкм завд., 3 мкм завш., з відтягнутими закругленими кінцями, 21 штрих у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

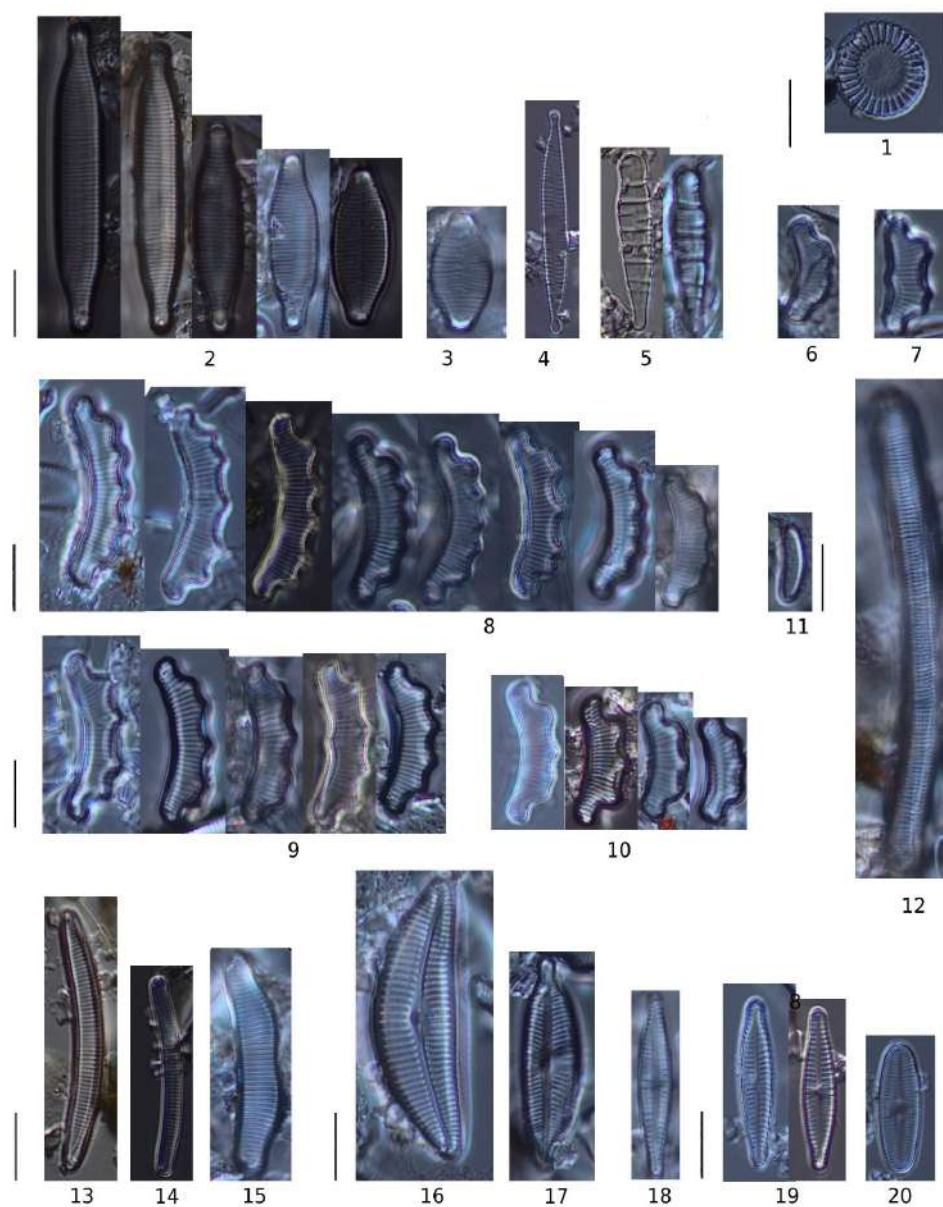


Рис. 2. 1 – *Cyclotella meneghiniana* Kütz.; 2 – *Fragilariforma virescens* (Ralfs) D.M.Williams et Round; 3 – *F. virescens* var. *elliptica* (Hustedt) Aboal; 4 – *Fragilaria radians* (Kütz.) D.M.Williams et Round; 5 – *Meridion constrictum* Ralfs; 6 – *Eunotia* sp.; 7 – *Enotia* sp. 1; 8, 9 – *E. cristagalli* Cleve; 10 – *Eunotia* sp. 2; 11 – *E. vanheurckii* R.M.Patrick; 12 – *Eunotia* sp. 3; 13, 14 – *E. bilunaris* (Ehrenb.) Schaar; 15 – *E. bidens* Ehrenb.; 16 – *Cymbella affinis* Kütz.; 17 – *Cymboppleura naviculiformis* (Auerswald ex Heiberg) Krammer; 18 – *Gomphonema* sp.; 19 – *G. parvulum* (Kütz.) Kütz.; 20 – *Psammothidium helveticum* (Hust.) Bukht. et Round
Масштабна лінійка 10 мкм

6. *Diatoma vulgaris* Bory

Стулки 24,6 мкм завд., 8 мкм завш.

1 – Поодинокі.

7. *Meridion circulare* (Greville) C. Agardh

Стулки 25–30 мкм завд., 5–7 мкм завш., 3–5 ребер у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

8. *M. constrictum* Ralf (рис. 2, 5)

Стулки 20–36 мкм завд., 6–6,5 мкм завш., 3–5 ребер у 10 мкм. Кінець стулки перетягнутий.

2 – Мало.

9. *Eunotia bidens* Ehrenb. (= *Eunotia praerupta* var. *bidens* (Ehrenb.) Grunow) (рис. 2, 15)

Стулки 32 мкм завд., ширина на виростах 5,8 мкм, на верхівках – 5 мкм. Стулки сильно дорсивентральні, вентральні краї злегка або помірно увігнуті, дорсальний край опуклий з двома більш-менш вираженими опуклостями, з вдавненням посередині. Верхівки значно варіюють від округло-зсічених до прямокутно-зсічених, зрідка злегка увігнуті на зрізаних кінцях або загнуті на вентральний бік. Термінальні вузлики розміщуються близько до полюсів. Кінцеві тріщини швів $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ ширини вершин.

1 – Поодинокі.

10. *Eunotia bilunaris* (Ehrenb.) Schaar. (рис. 2, 13)

Стулки 33–44 мкм завд., 3,1–3,4 мкм завш., 14–16 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

11. *Eunotia cristagalli* Cleve (рис. 2, 8, 9; рис. 4, 2)

Стулки 18–32 мкм завд., 5,7–7,2 мкм завш., 12–16 штрихів у 10 мкм.

Краї вентральних ступок досить сильно увігнуті по всій довжині; спинні краї досить сильно опуклі, з 3–6 опуклостями нерівномірної форми, досить часто з «городчастими» хвилястостями (гребні хвиль). Кінці тупо закруглені, широко або косо зрізані, виразно віддалені від плечей. Термінальні вузлики розміщені дуже близько до полюсів.

У дослідженій популяції *E. cristagalli* спостерігалася надзвичайно широка мінливість. Зустрічались особини з 5, 4 та навіть 3 опуклостями на дорзальному краї. Проведено порівняння з турецькими, альпійськими (Cantonati et al., 2011; Solak et al., 2023) та фінськими (Tynni, 1979)

популяціями. Завдяки детальним СЕМ світлинам можна було побачити чітко виражену ознаку, коли шов на кінці стулки закінчується роздвоєнням. Це допомогло сепарувати стулки *E. cristagalli* з трьома опуклостями від *Eunotia* sp. (рис. 4, 1).

4 – Багато.

Примітка. Рідкісний вид у флорі України. Вказувався для водойм Київської височинної області (Berezovska, 2020) та Каховського водосховища (Vladimirova, Litvinova, 1964).

12. *Eunotia formica* Ehrenb.

Стулка 52 мкм завд., 6,5 мкм завш., 16 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

13. *Eunotia minor* (Kütz.) Grunow

Стулки 17,5–19,0 мкм завд., 3,5–4,0 мкм завш., слабо дугоподібні зі злегка опуклим дорсальним краєм, прямим або злегка увігнутим черевним краєм. Кінці стулок злегка витягнуті.

1 – Поодинокі.

14. *Eunotia praerupta* Ehrenb.

Стулки 65–68 мкм завд., 10,7–11 мкм завш., 12 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

15. *Eunotia* sp. (рис. 2, 6; рис. 4, 1)

Потребує додаткових досліджень.

+ – Дуже рідко.

16. *Eunotia* sp. 1 (рис. 2, 7)

Потребує додаткових досліджень.

+ – Дуже рідко.

17. *Eunotia* sp. 2 (рис. 2, 10; рис. 4, 1)

Стулки 68–74 мкм завд., 6,7–7,4 мкм завш., 16 штрихів у 10 мкм.

У наших зразках вид показав значну мінливість і при перших спробах ідентифікації помилково розглядався як одна з форм *E. cristagalli* з трьома опуклостями. Проте є різниця у кількості штрихів на 10 мкм та іншій будові шва на СЕМ світлинах. У науковій літературі відомі також інші представники *Eunotia* з трьома опуклостями на дорсальному краї, такі як *E. tridentula* Ehrenb., *E. trigibba* Husted або *E. tecta* Krasske. Вони не належать до європейської діатомової флори. Наша знахідка не відповідає ні

екології, ні опису цих видів, тому є цікавим об'єктом подальших морфолого-таксономічних досліджень.

1 – Поодинокі.

18. *Eunotia* sp. 3 (рис. 2, 12)

Потребує додаткових досліджень.

1 – Поодинокі.

19. *Eunotia vanheurckii* R.M.Patrick (= *E. faba* (Ehrenb.) Grunow)

(рис. 2, 11)

Стулки 16 мкм завд., 3,9 мкм завш., 22 штрихи в 10 мкм.

Стулки з помірно опуклим дорсальним краєм, черевний край прямий або злегка увігнутий, контур стулки схожий на боб; іноді краї клапанів паралельні, але частіше дорсальний край більш дугоподібний.

1 – Поодинокі.

20. *Cymbella affinis* Kütz. (рис. 2, 16)

Стулки 27,5–29,0 мкм завд., 3,9–4,0 мкм завш., 15 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

21. *C. cymbiformis* C.Agardh

Стулки 69,5–76,0 мкм завд., 18–19 мкм завш., 15 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

22. *Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald ex Heiberg) Krammer

(рис. 2, 17)

Стулки 36 мкм завд., 8,8–9,0 мкм завш., 16 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

23. *Encyonema minutum* (Hilse) D.G.Mann

Стулки 17,6 мкм завд., 6,9 мкм завш., 14 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

24. *Encyonopsis microcephala* (Grunow) Krammer

Стулки 16 мкм завд., 3,9 мкм завш., 22 штрихи в 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

25. *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kütz.

Стулки широколанцентні, 26–28 мкм завд., 4,6 мкм завш., радіальні штрихи, 16 у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

26. ***G. productum*** (Grunow) Lange-Bert. et E.Reichardt

Стулки 18,9 мкм завд., 6,3 мкм завш., 13 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

27. ***G. pumilum*** (Grunow) E.Reichardt et Lange-Bert.

Стулки 26,8 мкм завд., 6,5 мкм завш., 14 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

28. ***Gomphonema* sp.** (рис. 2, 18)

Стулки 28,2 мкм завд., 4,6 мкм завш., штрихи паралельні, 18 у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

29. ****Luticola acidoclinata*** Lang.-Bert. in Lang.-Bert. et Metzeltin

(рис. 3, 3)

Стулки 27,6–28,2 мкм завд., 6,8–7,5 мкм завш., 20 штрихів у 10 мкм.

Примітка. Рідкісний вид у флорі України, наводився для Полтавсько-рівнинного альгофлористичного району (Kryvosheia-Zakharova, 2020).

1 – Поодинокі.

30. *****L. charlatii*** (M.Peragallo) Metzeltin et Lange-Bertalot (рис. 3, 1;

рис. 4, 3)

Стулки 37,5–38,2 мкм завд., 10,8–11,5 мкм завш., 15 штрихів у 10 мкм.

Стулки з різко звуженими кінцями, горбкуваті, краї еліптичної частини хвилясті, наявні борозни біля країв. Осьове поле майже нульове, центральне, псевдо-ставрос йде майже до борозни.

Примітка. Новий вид для флори України. У світі відомі поодинокі знахідки на різних континентах (Євразія, Африка, Північна та Південна Америка). В Європі знайдений у Великій Британії, Ірландії, Німеччині та Словаччині (Guiry, Guiry, 2023).

1 – Поодинокі.

31. ***L. cohnii*** (Hilse in Rabenh.) D.G.Mann in Round, Crawford et Mann

Стулки 28,6 мкм завд., 11,5 мкм завш., 15–20 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

32. *****L. muticopsis*** (Van Heurck) Mann in Round, Crawford et Mann
(= *Navicula muticopsis* Van Heurck) (рис. 3, 2)

Стулки 22,3–25,0 мкм завд., 9,4–9,8 мкм завш., 18 штрихів у 10 мкм.

З горбкуватими, а не головчастими кінцями.

Примітка. Новий вид для флори України. У світі трапляється на всіх континентах, крім Антарктиди. В Європі знайдений у Албанії, Великій Британії, Нідерландах, Німеччині та Румунії (Guiry, Guiry, 2023).

1 – Поодинокі.

33. *L. mutica* (Kütz.) D.G.Mann (= *N. mutica* Kütz.) (рис.4, 4)

Стулки 28 мкм завд., 9 мкм завш., 20 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

34. *Achnanthidium minutissimum* (Kütz.) Czarnecki

Стулки 10,4 мкм завд., 3,2 мкм завш., 26 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

35. *Cocconeis pediculus* Ehrenb.

Стулки 37 мкм завд., 22,4 мкм завш., 20 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

36. *Cocconeis* sp.

Пошкоджена стулка.

+ – Дуже рідко.

37. *Gogorevia exilis* (Kütz.) Kulikovskiy et Kociolek. (= *Achnanthidium exiguum* (Grunow) Czarnecki)

Стулки 16 мкм завд., 6,5 мкм завш., 33 штрихів в 10 мкм.

1 – Поодинокі.

38. *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bert.) Lange-Bert.

Стулки лінійно-еліптичні, 15,0–16,6 мкм завд., 5,6–6,0 мкм завш., штрихи радіальні, 18 у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

39. **Psammothidium helveticum* (Hust.) Bukhtiyarova et Round (= *Achnanthidium helveticum* (Hust.) O.Monnier, Lange-Bert. et Ector) (рис. 2, 20)

Стулки лінійно-еліптичні, 22,0–25,6 мкм завд., 6,0–7,2 мкм завш., штрихи радіальні, 24–26 у 10 мкм. Шовна сторона має центральну ділянку у формі метелика. Кінці шва зігнуті до протилежних сторін стулки. Безшовна стулка має велику округлу, шестикутну або ромбоподібну центральну ділянку.

4 – Багато.

Примітка. Рідкісний вид у флорі України, відомий з високогірних озер в Українських Карпатах (Kryvosheia, Tsarenko, 2018), Канівського

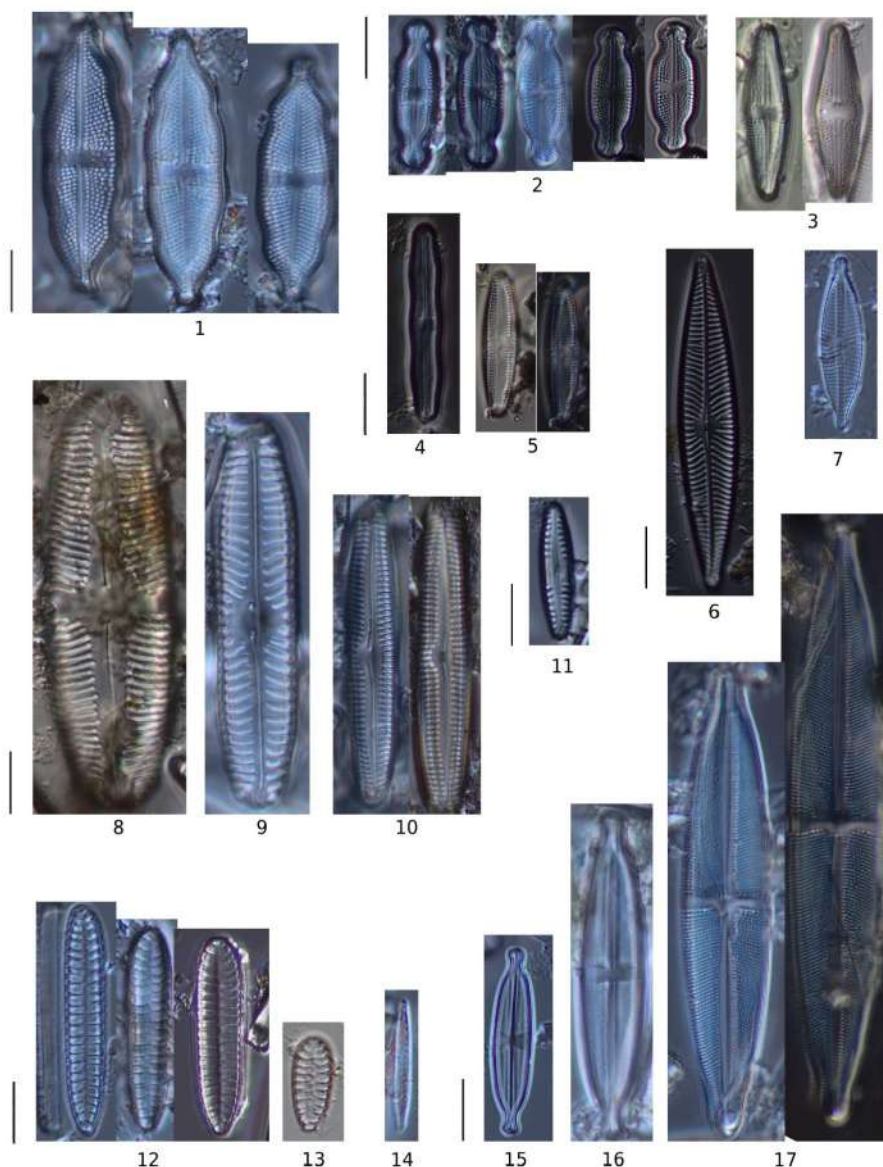


Рис. 3. 1 – *Luticola charlatii* (M.Peragallo) Metzeltin et Lange-Bertalot; 2 – *L. muticopsis* (Van Heurck) Mann in Round, Crawford et Mann; 3 – *L. acidoclinata* Lange-Bertalot in Lange-Bertalot et Metzeltin; 4 – *Neidium septentrionale* Cleve-Euler; 5 – *N. longiceps* (W.Greg.) R.Ross; 6 – *Navicula radiosa* Kütz.; 7 – *Navicula trivialis* Lange-Bertalot; 8 – *Pinnularia episcopolis* Cleve; 9 – *P. borealis* Ehrenberg; 10, 11 – *P. obscura* Krasske; 12 – *Surirella angusta* Kütz.; 13 – *Surirella* sp.; 14 – *Nitzschia perminuta* Grunow; 15 – *Stauroneis* sp.; 16 – *S. producta* Grunow; 17 – *S. gracilis* Ehrenberg. Масштабна лінійка 10 мкм

водосховища (Shcherbak et al., 2019) та водойм Київської височинної області (Berezovska, 2020).

40. *Neidium affine* (Ehrenb.) Pfitzer

Стулки 88 мкм завд., 16,9 мкм завш., 20 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

41. **N. longiceps* (W.Greg.) R.Ross (= *Neidium affine* var. *longiceps* (W.Greg.) Cleve) (рис. 3, 5)

Стулки з паралельними краями, злегка увігнуті посередині, 25,6 мкм завд., 4,9 мкм завш., 30 штрихів у 10 мкм. Кінці клювовидні, відтягнуті.

+ – Дуже рідко.

Примітка. Рідкісний вид у флорі України, знайдений лише в карпатському високогірному озері Несамовите (Kryvosheia, Tsarenko, 2018).

42. ***N. septentrionale* Cleve-Euler (рис. 3, 4; рис. 4, 5)

Стулки 35–41 мкм завд., 6–63 мкм завш., 25 штрихів у 10 мкм.

Стулки з хвилястими краями, центральні кінці шва відтягнуті до боків.

Примітка. Новий вид для флори України. Відзначався у гірських районах. Загальне поширення: Європа (Велика Британія, Німеччина, Румунія, Росія). Північна та Південна Америка, Азорські острови (Guiry, Guiry, 2023).

1 – Поодинокі.

43. *Navicula capitatoradiata* H.Germain ex Gasse

Стулки 25 мкм завд., 6,5 мкм завш., 11 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

44. *Navicula radiosa* Kütz. (рис. 3, 6)

Стулки 56 мкм завд., 12,4 мкм завш., 28 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

45. *Navicula trivialis* Lange-Bert.

Стулки 36 мкм завд., 9 мкм завш., 12 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

46. *Pinnularia borealis* Ehrenb. (рис. 3, 9)

Стулки 61,0–64,9 мкм завд., 13,6–14,0 мкм завш., штрихи грубі, 4 в 10 мкм.

1 – Поодинокі.

47. **P. episcopalis* Cleve (рис. 3, 8)

Стулки 65–67 мкм завд., 20,5–22,0 мкм завш., 10 штрихів у 10 мкм.

Примітка. Рідкісний вид у флорі України. Відомий за нечисленними знахідками у рівнинних водоймах країни (Свіренко, 1937; Топачевський, Оксіюк, 1960).

1 – Поодинокі.

48. *P. obscura* Krasske (рис. 3, 10, 11)

Стулки 12,0–14,8 мкм завд., 4 мкм завш., 12 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

49. *P. microstauron* (Ehrenb.) Cleve

Стулки 34,6–38,0 мкм завд., 6,0–6,2 мкм завш., 14 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

50. *P. rupestris* Hantzsch (= *Pinnularia viridis* var. *rupestris* (Hantzsch) Cleve)

Стулки 45,9–47,0 мкм завд., 11,0–11,8 мкм завш., 13 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

51. *P. viridis* (Nitzsch) Ehrenb.

Стулки 134–141 мкм завд., 22–24 мкм завш., 6 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

52. *Stauroneis anceps* Ehrenb.

Стулки 46,5–50,0 мкм завд., 12,2–13,6 мкм завш., 19 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

53. *S. gracilis* Ehrenb. (= *Stauroneis anceps* var. *gracilis* (Ehrenb.) J.-J.Brun) (рис. 3, 17)

Стулки 96,5 мкм завд., 17 мкм завш., 18 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

54. *S. phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenb.

Стулки 134,2 мкм завд., 29,5 мкм завш., 16 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

55. *S. producta* Grunow (3, 16)

Стулки 53,5–55,6 мкм завд., 12,0–12,6 мкм завш., 26 штрихів у 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

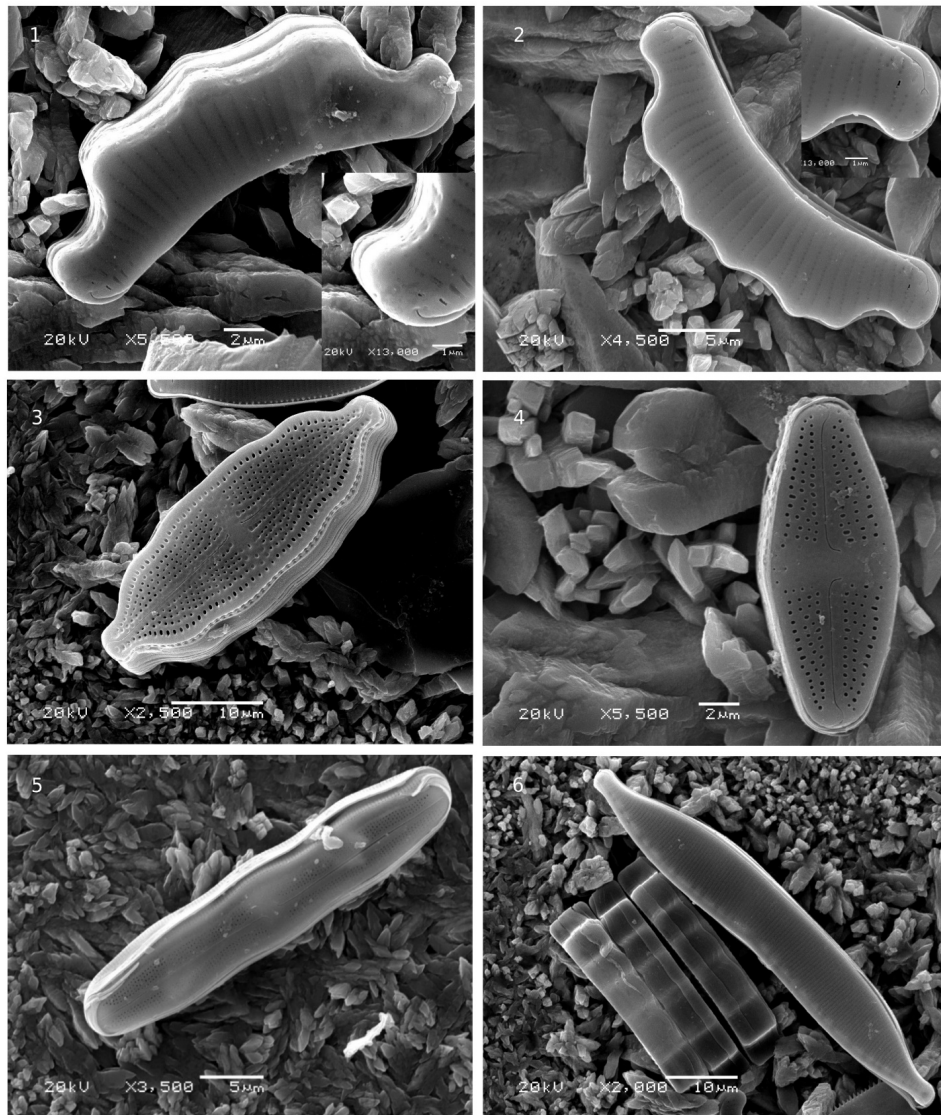


Рис. 4. СЕМ світлини деяких рідкісних та нових видів діатомей для флори України з болота Чорне Бagno (НПП «Зачарований край»): 1 – *Eunotia* sp.; 2 – *E. cristagalli* Cleve; 3 – *Luticola charlatii* (M.Peragallo) Metzeltin et Lange-Bertalot; 4 – *L. mutica* (Kütz.) D.G.Mann; 5 – *Neidium septentrionale* Cleve-Euler; 6 – *Hantzschia abundans* Lange-Bertalot

56. *Stauroneis* sp. (рис. 3, 15)

Стулки 34 мкм завд., 5 мкм завш. Кількість штрихів полічити неможливо, потрібні додаткові СЕМ-дослідження.

+ – Дуже рідко.

57. *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow

Стулки 29–34 мкм завд., 8,0–8,4 мкм завш., 16 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

58. **Hantzschia abundans* Lange-Bertalot (рис. 4, 6)

Стулки 68–74 мкм завд., 6,7–7,4 мкм завш., 16 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

Примітка. Рідкісний вид у флорі України. Знайдений у водоймах Полтавськорівнинного альгофлористичного району (Kryvosheia-Zakharova, 2020) та в ґрунтових кірочках приморських дюн (Mikhailyuk et al., 2021).

59. **Nitzschia perminuta* Grunow (рис. 3, 11)

Стулки 18,5 мкм завд., 4 мкм завш., 22 штрихи в 10 мкм.

+ – Дуже рідко.

Примітка. Рідкісний вид у флорі України. Наводився для Шацьких озер (Kryvenda, 2007) та водойм Полтавськорівнинного альгофлористичного району (Kryvosheia-Zakharova, 2020).

60. *Nitzschia palea* (Kütz.) W.Smith

Стулки 34,0–38,5 мкм завд., 3,6–4,0 мкм завш., 38 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

61. *Epithemia goeppertiana* Hilse

Стулки 43 мкм завд., 11 мкм завш.

+ – Дуже рідко.

62. *Epithemia turgida* (Ehrenb.) Kütz.

Стулки 64–68 мкм завд., 17,2–17,6 мкм завш., 8 штрихів у 10 мкм.

1 – Поодинокі.

63. *Surirella angusta* Kütz. (рис. 3, 12)

Стулки 43,2–48 мкм завд., 11,4–12 мкм завш., 22–24 штрихи в 10 мкм.

1 – Поодинокі.

64. *Surirella* sp. (рис. 3, 13)

+ – Дуже рідко.

Charophyta

65. *Cosmarium meneghinii* Bréb.

Клітини видовжені, восьмикутні, 19 мкм завд., 13 мкм завш., 9 мкм завт., глибоко перетягнуті, перешийок 4 мкм.

1 – Поодинокі.

66. *C. obtusatum* (Schmidle) Schmidle

Клітини заокруглені, шестикутні, 54,0–57,5 мкм завд., 49 мкм завш.,
перешийок 19 мкм.

1 – Поодинокі.

67. *C. punctulatum* Bréb.

Клітини широкошестикутні, стиснуті, 32 мкм завд., 30 мкм завш.,
перешийок 10 мкм.

1 – Поодинокі.

68. *Cosmarium* sp.

+ – Дуже рідко.

69. *Euastrum binale* Ehrenb. ex Ralfs

Клітини 20–24 мкм завд., 18–19 мкм завш., перешийок 6,5 мкм.

+ – Дуже рідко.

70. *E. binale* var. *papilliferum* Gutw.

Клітини трохи менші за розмірами від типового варієтету, є шипики на
бічних лопатях та кутах.

+ – Дуже рідко.

71. *E. bidentatum* Nägeli

Клітини 40–46 мкм завд., 32–33 мкм завш., перешийок 8,8 мкм.

+ – Дуже рідко.

72. *Staurastrum dilatatum* W. et G.S.West

Клітини чотирикутні, 36 мкм завд., 32–33 мкм завш., перешийок
15 мкм, глибоко перетягнуті.

+ – Дуже рідко.

73. *Staurastrum dilatatum* Ehr. var. *hibernicum* West

Клітини 24 мкм завд., 22 мкм завш.

+ – Дуже рідко.

74. *S. dispar* Bréb.

Клітини 28 мкм завд., 28 мкм завш., перешийок 8,5 мкм.

+ – Дуже рідко.

75. *Staurastrum furcigerum* Bréb. ex Ralfs

Клітини 66 мкм завд., 61,8 мкм завш., перешийок 16,3 мкм.

+ – Дуже рідко.

Висновки

Вперше досліджено водорості оліготрофного верхового болота Чорне Багно (Національний природний парк «Зачарований край»), яке входить до переліку водно-болотних угідь міжнародного значення. Виявлено 72 види з двох відділів водоростей. Ядро різноманіття зимового мікрофітобентосу складають діатомові (85,3%), менша частка припадає на десмідієві (14,7%), що пов'язано не лише з типом водойми, а й сезонною динамікою. Родовий спектр складають 29 родів, з яких найбагатші видами *Eunotia* (11 видів), *Pinnularia* (6 видів), *Luticola* та *Stauroneis* (по 5 видів кожний). *Fragilariforma virescens* (Ralfs) D.M. Williams et Round, *Psammothidium helveticum* (Hust.) Bukht. et Round та *Eunotia cristagalli* Cleve досягали помітного кількісного розвитку.

Застосування в роботі світлової та сканувальної електронної мікроскопії дозволило визначити важливі ознаки для ідентифікації представників діатомових водоростей, зокрема нових та рідкісних видів для флори України.

Продовження цілеспрямованих досліджень болота Чорне Багно та навколишніх водойм дозволить розширити уявлення про різноманіття водоростей Національного природного парку НПП «Зачарований край» та доповнити відомості про особливості альгофлори оліготрофних верхових боліт.

Acknowledgements

The author thanks for the opportunity to complete the presented research with the framework of the Biodiverse Anthropocenes research project, supported from the University of Oulu and the Research Council of Finland through PROFI6 funding (2021-2026), Project number 336449.

Список літератури

- Andrienko T.L. 1974. Types of swamps of the Ukrainian Carpathians. In: *Types of bogs in the USSR and principles of their classification*. Leningrad: Nauka. Pp. 110–115.
[Андриєнко Т.Л. 1974. Типы болот Украинских Карпат. В кн.: *Типы болот СССР и принципы их классификации*. Л.: Наука. С. 110–115].
- Balonov I.M. 1975. Preparation of diatoms and golden algae for electron microscopy. In: *Methods for the study of biocenoses*. Moscow: Nauka. Pp. 87–89. [Балонов И.М. 1975. В кн.: *Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов*. М.: Наука. С. 87–98].
- Berezovska V.Yu. 2019. The first information about the diversity of algae of the oligotrophic sphagnum bog Chorne Bagno (Zacharovanyi Krai NPP). In: *Actual problems of botany and*

- ecology: *Materials of International Conference of young scientists* (Kharkiv, 6–9 Sept., 2019). P. 8. [Березовська В.Ю. 2019. Перші відомості про різноманіття водоростей оліготрофного сфагнового болота «Чорне багно» (НПП «Зачарований край»). В кн.: *Актуальні проблеми ботаніки та екології: Матеріали міжнародної конференції молодих учених* (Харків, 6–9 вересня 2019 р.). С. 8.
- Berezovska V.Yu. 2020. *Algae of reservoirs of the Kyiv Upland Region*: PhD (Biol.) Thesis. Kyiv. 334 p. [Березовська В.Ю. 2020. *Водорості водойм Київської височинної області*: Дис. ... канд. біол. наук. Київ. 334 с.].
- Bradis E.M., Andrienko T.L., Lykhobabina E.P. 1969. Oligotrophic swamps of Transcarpathian Region. *Ukr. Bot. J.* 26(1): 26–35. [Брадiс Є.М., Андриєнко Т.Л., Лихобабiна Є.П. 1969. Оліготрофні болота Закарпатської області. *Укр. бот. журн.* 26(1): 26–35].
- Cantonati M., Lange-Bertalot H. 2011. Diatom monitors of close-to-pristine, very-low alkalinity habitats: Three new *Eunotia* species from springs in Nature Parks of the south-eastern Alps. *J. Limnol.* 70(2): 209–221.
- Chorney I.I., Budzhak V.V., Andrienko T.L. 2008. Marshes of the Bukovyna Carpathians. *Ukr. Bot. J.* 65(2): 180–188. [Чорней І.І., Буджак В.В., Андриєнко Т.Л. 2008. Болота Буковинських Карпат. *Укр. бот. журн.* 65(2): 180–188].
- Costa L.F., Wetzel C.E., Lange-Bertalot H., Ector L., Bicudo D.C. 2017. Taxonomy and ecology of *Eunotia* species (*Bacillariophyta*) in south eastern Brazilian reservoirs. *Bibliot. Diatom.* 64: 1–302.
- Felbaba-Klushyna L.M. 2010. *Vegetation cover of swamps and reservoirs of the upper reaches of the Tisza River basin (Ukrainian Carpathians) and the fluvial concept of its protection*. Uzhhorod: Lira. 192 p. [Фельбаба-Клушина Л.М. 2010. *Рослинний покрив боліт і водойм верхів'я басейну р. Тиса (Українські Карпати) та флювіальна концепція його охорони*. Ужгород: Ліра. 192 с.].
- Felbaba-Klushyna L.M., Gapon C.V. 2008. Sedge-sphagnum bogs of the Chornohora massif (Ukrainian Carpathians): structure and trends of change. *Ukr. Bot. J.* 65(1): 80–89. [Фельбаба-Клушина Л.М., Гапон С.В. 2008. Осоково-сфагнові болота Чорногірського масиву (Українські Карпати): структура і тенденції змін. *Укр. бот. журн.* 65(1): 80–89].
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2023. *AlgaeBase*. World electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway.
- Komendar V.I., Pavliuchok O.V. 2006. Influence of an Antropogenic Factor on the Present State of Oligotrophic Swamps of the Trancarpathia and Measures of Preserving Them. *Sci. release Uzhhorod Univ. Ser. Biology.* 19: 51–54. [Комендар В.І., Павлючок О.В. 2006. Вплив антропогенного фактору на сучасний стан оліготрофних боліт Закарпатської області та заходи по їх охороні. *Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Сер. Біологія.* 19: 51–54].
- Krammer K. 1992. *Pinnularia*. Eine Monographie der europäischen Taxa. *Bibliot. Diatom.* 26: 1–353.
- Krammer K. 2000. The genus *Pinnularia*. In: *Diatoms of Europe*. Vol. 1. Ruggell: Gantner Verlag K.-G. 703 p.
- Kryvenda A.A. 2007. Synopsis of the diatom flora of the Shatskyi National Nature Park lakes. *Chornomor. Bot. J.* 3(1): 100–121. [Кривенда А.А. 2007. Конспект флори діатомових

- водоростей озер Шацького національного природного парку. *Чорномор. бот. журн.* 3(1): 100–121].
- Kryvosheia O.N. 2020. Diatoms of the Poltava Plain Algofloristic District water bodies (Ukraine). *Algologia*. 30(2): 170–196. [Кривошея О.Н. 2020. Диатомовые водоросли водоемов Полтавско-равнинного альгофлористического района (Украина). *Альгология*. 30(2): 170–196]. <https://doi.org/10.15407/alg30.02.170>
- Kryvosheia O.N., Tsarenko P.M. 2018. *Bacillariophyta* in the high-mountain lakes of Chornogora range in Ukrainian Carpathians. *Algologia*. 28(3): 297–327. [Кривошея О.Н., Царенко П.М. 2018. *Bacillariophyta* високогірних озер Чорногори (Українські Карпати). *Альгология*. 28(3): 297–327]. <https://doi.org/10.15407/alg28.03.297>
- Kryvosheia-Zakharova O.M. 2020. *Diatoms of the Poltava Plain Algofloristic District (Ukraine)*: PhD (Phylos.). Thesis. Kyiv. 338 p. [Кривошея-Захарова О.М. 2020. *Діатомові водорості Полтавсько-рівнинного альгофлористичного району (Україна)*: Дис... д-ра філос. Київ. 338 с.].
- Lange-Bertalot H. 2001. *Navicula sensu stricto*. 10 Genera separated from *Navicula sensu lato* to *Frustulia*. In: *Diatoms of Europe*. Vol. 2. Ruggell: Gantner Verlag K.-G. 526 p.
- Levkov Z., Metzeltin D., Pavlov A. 2013. *Luticola* and *Luticolopsis*. In: *Diatoms of Europe*. Vol. 7. Königstein: Koeltz Sci. Books. 698 p.
- Matvienko O.M. 1938. Materials to studies of algae of Ukr. SSR. 1. New algae of the Klyukvenovo bog. *Sci. Notes of Khark. Univ.* 14: 29–70. [Матвієнко О.М. 1938. Матеріали до вивчення водоростей УРСР. 1. Нові водорості Клюквеного болота. *Уч. зап. Харк. ун-ту*. 14: 29–70].
- Matvienko O.M. 1941. Algae of marshes of Kharkiv Region. *Proc. Sci. Res. Inst. Bot. Khark. Univ.* 4: 19–39. [Матвієнко О.М. 1941. Водорості боліт Харківської області. *Праці НДІ бот. Харк. ун-ту*. 4: 19–39].
- Matvienko A.M. 1950. Algae of the Mokhovate Swamp from the outskirts of Kharkov. *Sci. Not. Khark. State Univ.* 13: 159–195. [Матвиенко А.М. 1950. Водоросли Моховатого болота из окрестностей Харькова. *Уч. зап. Харьк. гос. ун-та*. 13: 159–195].
- Mikhailyuk T.I., Vinogradova O.M., Glaser K., Rybalka N., Demchenko E.M., Karsten U. 2021. Algae of biological soil crusts from sand dunes of the Danube Delta Biosphere Reserve (Odesa Region, Ukraine). *Algologia*. 31(1): 25–62. [Михайлюк Т.І., Виноградова О.М., Глазер К., Rybalka N., Demchenko E.M., Karsten U. 2021. Водорості біологічних ґрунтових кірочок приморських дюн Дунайського біосферного заповідника (Одеська область, Україна). *Альгология*. 31(1): 25–62]. <https://doi.org/10.15407/alg31.01.025>
- Mykitchak T., Reshetylo O., Kostiuk A. et al. 2014. *Ecosystems of lentic reservoirs of Chornogora (Ukrainian Carpathians)*. Lviv: ZUKTS. 288 p. [Микітчак Т., Решетило О., Костюк А. та ін. 2014. *Екосистеми лентичних водойм Чорногори (Українські Карпати)*. Львів: ЗУКЦ. 288 с.].
- Nature reserve fund of Transcarpathian region*. Ed. S.S. Pop. 2011. Uzhhorod: Karpaty. 256 p. [Природно-заповідний фонд Закарпатської області. За ред. С.С. Поп. 2011. Ужгород: Карпати. 256 с.].
- Palamar G.M. 1952. *Algae of the swamps of the Western Polissia, their ecology and importance for the typology of swamps*: PhD (Biol.) Thesis. Kyiv. 373 p. [Паламар Г.М. 1952. *Водорості*

- боліт Західного Полісся, їх екологія та значення для типології боліт: Дис. ... канд. біол. наук. Київ. 373 с.].
- Palamar G.M. 1954. Algal flora of different types of marshes of the Western Polissia. *Bot. J. AN USSR*. 11(4): 51–57. [Паламар Г.М. 1954. Альгофлора різних типів боліт Західного Полісся. *Бот. журн. АН УРСР*. 11(4): 51–57].
- Palamar G.M. 1956a. Some data on the occurrence of diatoms and desmids in swamps of different types. *Sci. Not. Kherson State Ped. Inst.* 7: 83–90. [Паламар Г.М. 1956а. Деякі дані про розміщення діатомових і десмідієвих водоростей в болотах різних типів. *Наук. зап. Херсон. держ. пед. ін-ту*. 7: 83–90].
- Palamar G.M. 1956b. Distribution of diatoms and desmids in swamps of different types. *Ukr. Bot. J.* 13(4): 47–53. [Паламар Г.М. 1956б. Поширення діатомових і десмідієвих водоростей в болотах різного типу. *Укр. бот. журн.* 13(4): 47–53].
- Palamar G.M. 1957. To the question about algae of some water bodies of Ukraine. *Sci. Not. Kherson State Ped. Inst.* 8: 369–387. [Паламар Г.М. 1957. До питання про водорості деяких водойм України. *Наук. зап. Херсон. держ. пед. ін-ту*. 8: 369–387].
- Palamar-Mordvintseva G.M. 2005. Flora of algae of continental water bodies of Ukraine. Desmids. Issue 1, pt 2. *Desmidiaceae*. Kyiv: Nauk. Dumka. 572 p. [Паламар-Мордвинцева Г. М. 2005. Флора водоростей континентальних водойм України. Десмідієві водорості. Вип. 1, ч. 2. Десмідієві – *Desmidiaceae*. Київ: Наук. думка. 572 с.].
- Shcherbak V.I., Genkal S.I., Semeniuk N.E. 2019. New for Ukraine representatives of *Bacillariophyta* from the phytoepiphyton of the Dnieper cascade and lower Dnieper reservoirs. *Algologia*. 29(3): 352–368. [Щербак В.И., Генкал С.И., Семенюк Н.Е. 2019. Новые для Украины представители *Bacillariophyta* из фитоэпифитона водохранилищ Днепровского каскада и нижнего Днестра. *Альгология*. 29(3): 352–368]. <https://doi.org/10.15407/alg29.03.352>
- Solak C.N., Wojtal A.Z., Rybak M., Yilmaz E. 2023. Alpine Lake Environments and Psychrophile Diatoms Around the World with a Particular Emphasis on Turkish Glacial Lakes. In: *Insights into the World of Diatoms: From Essentials to Applications. Plant Life Environment Dynamics*. Singapore: Springer. Pp. 62–281. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5920-2_4
- Starmach K. 1955. *Metody badania planktonu*. Warszawa: PWRiL. 135 p.
- Tiukh Yu.Yu., Tsarenko P.M., Tsarenko O.M. 2012. Phytodiversity of the Synevyr National Nature Park and problems of its protection. *Nauk. Chasop. Dragomanov Nat. Ped. Univ. Ser. 20. Biology*. 4: 3–9. [Тюх Ю.Ю., Царенко О.М., Царенко П.М. 2012. Фіторізноманіття Національного природного парку «Синевир» та питання його охорони. *Наук. часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова*. Сер. 20. Біологія. 4: 3–9].
- Tsarenko P.M., Palamar-Mordvintseva G.M. 2012. Ecological and taxonomic features of algae of marshes of Ukraine. In: *Ecology of swamps and peatlands*. Kyiv: DIA. Pp. 106–110. [Царенко П.М., Паламар-Мордвинцева Г.М. 2012. Еколого-таксономічні особливості водоростей боліт України. В кн.: *Екологія боліт і торфовищ: Зб. наук. статей*. Київ: ДІА. С. 106–110].

- Tynni R. 1979. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen. VIII. *Geol. Survey Finland Bull.* 274: 1–55.
- Vladimirova K.S., Litvinova M.O. 1964. Phytoplankton. In: *Kakhovka Reservoir*. Kyiv: Nauk. Dumka. Pp. 30–59. [Владимирова К.С., Литвинова М.О. 1964. Фітопланктон. В кн.: *Каховське водоймище*. Київ: Наук. думка. С. 30–59].
- Zauer L.M. 1950. Some data on algae of raised bogs. *Bot. J.* 36(6): 612–629. [Зауер Л.М. 1950. Некоторые данные о водорослях верховых болот. *Бот. журн.* 36(6): 612–629].

Berezovska V.Yu. (<https://orcid.org/0000-0002-0682-6984>)

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

2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01001, Ukraine

² University of Oulu, Faculty of Science, Ecology and Genetics Research Unit,

1 Pentti Kaiterankatu, Oulu 90570, Finland

**First data on the diversity of algae of the oligotrophic sphagnum bog Chorne Bagno
(Zacharovany Krai National Nature Park, Transcarpathian Region, Ukraine)**

The paper presents the results of the first algofloristic study of one of the deepest oligotrophic upland sphagnum bogs in Ukraine: Chorne Bagno, located within the territory of the Zacharovany Krai National Nature Park. In 2019, the Chorne Bagno hydrological landmark of national significance was included in the list of internationally important wetlands (Ramsar Convention). In the winter periphyton, 72 species (75 intraspecific taxa, *ist*) of algae were recorded: 64 species of the *Bacillariophyta* division, belonging to 28 genera, 16 families, 10 orders, and 3 classes, as well as 9 species (11 *ist*) of the *Charophyta* division, belonging to 3 genera, 1 family, 1 order, and 1 class. Three species were identified as new to the territory of Ukraine: *Luticola charlatii* (M.Peragallo) Metzeltin et Lang.-Bert., *L. muticopsis* (Van Heurck) Mann in Round, Crawford et Mann, and *Neidium septentrionale* Cleve-Euler. Also noted were findings of rare diatom species for the flora of Ukraine, including *Eunotia cristagalli* Cleve, *Luticola acidoclinata* Lang.-Bert. in Lang.-Bert. et Metzeltin, *Hantzschia abundans* Lange-Bertalot, *Neidium longipens*, *Nitzschia perminuta* (Grunow) M.Peragallo, *Pinnularia episcopalis* Cleve, and *Psammothidium helveticum* (Hustedt) Bukhtiyarova et Round. The publication is illustrated with original photographs.

Key words: algae, new records, oligotrophic bog, Zacharovany Krai National Nature Park, Ukraine

Citation. Berezovska V.Yu. 2024. The first insights into the diversity of algae in the oligotrophic sphagnum bog Chorne Bagno (Zacharovany krai National Nature Park, Transcarpathian Region, Ukraine). *Algologia*. 34(1): 58–79. <https://doi.org/10.15407/alg34.01.058>

БРЕН О.Г.¹ (<https://orcid.org/0000-0001-7423-9258>)

БРЕН О.А.² (<https://orcid.org/0009-0003-7632-6285>)

СОЛОНЕНКО А.М.² (<https://orcid.org/0000-0002-3417-5146>)

ПОДОРОЖНИЙ С.М.² (<https://orcid.org/0000-0002-7702-7602>)

¹Інститут ботаніки, Чеська академія наук,
вул. Дукелска, 135, Трієбонь 37901, Чеська Республіка
oscillat8@gmail.com

²Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького,
кафедра ботаніки і садово-паркового господарства,
вул. Наукового містечка, 59, Запоріжжя 69000, Україна

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЧИСЛЕНЬ ІНДЕКСУ ДАЙСА (ЧЕКАНОВСЬКОГО-СЬОРЕНСЕНА) У ФІКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Реферат. Розглядаються тенденції використання індексу Дайса (Чекановського-Сьоренсена) в дослідженнях водоростей та ціанопрокаріот. Зроблено стислий огляд особливостей його використання з урахуванням позитивних рис та недоліків цієї метрики. Актуальність роботи обумовлена потребою дослідників в автоматизації розрахунків індексу Дайса та побудови результуючої матриці. Пропонується автоматизація обчислень шляхом використання макросів у середовищі Excel. Здійснено огляд можливостей такого підходу та запропоновано власний макрос для швидкого й зручного обчислення індексу Дайса без побудови зведеної таблиці та сторонніх програм.

Ключові слова: водорості, ціанопрокаріоти, міра подібності, індекс Дайса (Чекановського-Сьоренсена)

Надійшла до редакції 30.07.2023. Після доопрацювання 27.11.2023. Підписана до друку 05.12.2023.
Опублікована 20.03.2024

Цитування. Брен О.Г., Брен О.А., Солоненко А.М., Подорожний С.М. 2024. Автоматизація обчислень індексу Дайса (Чекановського-Сьоренсена) у фікологічних дослідженнях. *Альгологія*. 34(1): 80–90. <https://doi.org/10.15407/alg34.01.080>

Вступ

У теоретичних і практичних галузях знань широко використовуються різноманітні метрики подібності для розуміння, наскільки певні об'єкти або процеси об'єднані (подібні) або, навпаки, незалежні (відмінні) один від одного (Cheetham, Hazel, 1969; Hubalek, 1982; Keil 2019). Однією з таких метрик є індекс (або коефіцієнт) Дайса (інші назви: Сьоренсена, Дайса-Брея, Сьоренсена-Дайса, Чекановського-Сьоренсена) (Czekanowski, 1909; Dice, 1945; Sørensen, 1948; Bray, 1956), який широко застосовується в сучасних наукових пошуках і технологіях (Bertels et al., 2019; Li et al., 2020; Flores et al., 2022; Ataş, 2023; Eikelboom et al., 2023). При дослідженні видового різноманіття водоростей та ціанопрокаріот даний індекс використовується переважно для попарного порівняння різних пробних ділянок (водойм) або проб за подібністю якісного складу (наявністю спільних видів) (Hubalek, 1982; Berezovska, 2019; Graco-Roza et al., 2019; Peipoch et al., 2019; Mironyuk, Tkachenko, 2020; Zhang et al., 2021; Shcherbak et al., Semeniuk, Lutsenko, 2023).

Індекс Дайса обчислюється за формулою:

$$D = \frac{2c}{a+b},$$

де D – індекс Дайса, c – кількість спільних елементів (видів) між двома наборами даних (пробами або пробними ділянками), a , b – кількість елементів у першому та другому наборі даних. Значення коефіцієнта може варіювати від 0 до 1, де 0 вказує на відсутність спільних елементів, а 1 – на повну ідентичність двох наборів даних (Dice, 1945).

Нами проведено розширений пошук по анотаціях наукових публікацій на платформах Web of Science (<https://www.webofscience.com>) та Scopus (<https://www.scopus.com>) за запитами щодо робіт, в яких є згадки про використання індексу Дайса під час дослідження водоростей та ціанопрокаріот (табл. 1).

Результати пошуку на обох платформах демонструють тенденцію до все більшого використання індексу Дайса в наукових дослідженнях водоростей та ціанопрокаріот, особливо з 2016 р. (рис. 1).

Не дивлячись на простоту розрахунку та поширеність у використанні, в індексу Дайса є певні недоліки. Він є досить чутливим до розміру порівнюваних множин – якщо вони досить відрізняються, то індекс може надавати неправильні оцінки схожості.

Таблиця 1. Запити для пошуку публікацій фікологічної тематики зі згадуванням використання індексу Дайса

Платформа	Web of Science	Scopus
Текст запити	(AB=(dice index) OR AB=(dice coefficient) OR AB=(sorensen) OR AB=(tchekanovsky) OR AB=(chekanovsky) OR AB=(sørensen) OR AB=(czekanowski)) AND (AB=(algae) OR AB=(cyanobacteria) OR AB=(cyanoprokaryota) OR AB=(cyanoprocaryota))	(ABS (dice index) OR ABS (sorensen) OR ABS (tchekanovsky) OR ABS (chekanovsky) OR ABS (czekanowski)) AND (ABS (algae) OR ABS (cyanobacteria) OR ABS (cyanoprokaryota) OR ABS (cyanoprocaryota))

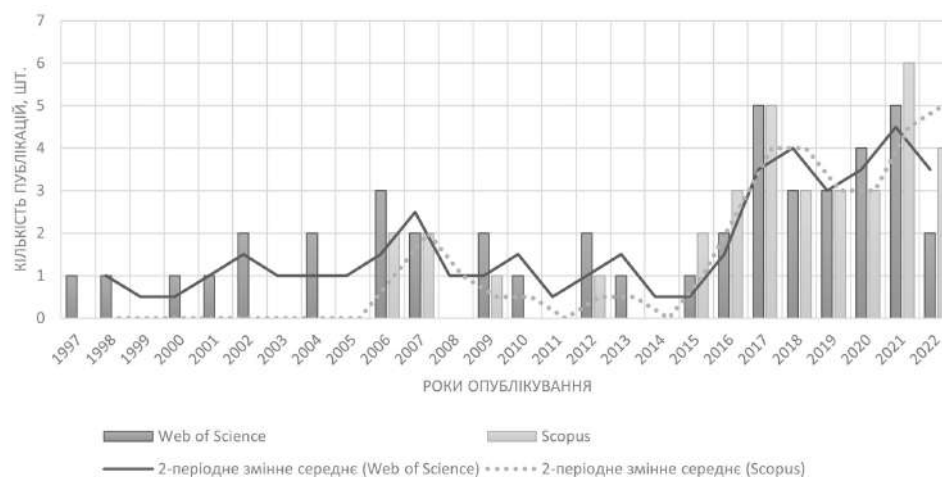


Рис. 1. Кількість публікацій з використанням індексу Дайса в дослідженнях, пов'язаних з водоростями та ціанопрокаріотами в базах, які індексуються у Web of Science (1997–2022 pp.) та Scopus (2004–2022 pp.)

Окрім того, індекс не є стійким до викидів у даних, якими, наприклад, можуть бути певні види, які значно відрізняються від загальної вибірки, що може призводити до значних похибок (McCune, Grace, 2002). Наявні певні недоліки в залежності від особливостей поширеності певних об'єктів у межах досліджуваного простору (Mainali et al., 2022). Серед іншого, ця метрика розглядає кожен елемент множини незалежно від контексту або розташування, не враховуючи просторовий розподіл або

структуру даних, тому інтерпретація результатів у певному контексті стає додатковим завданням самого дослідника. Ще однією вадою є відсутність можливості аналізувати дескриптивні множини.

Найбільшою проблемою використання метрик подібності (у т. ч. індексу Дайса) окрім їхніх методологічних особливостей є те, що розрахунки та робота з вихідною інформацією є дуже витратними з огляду на час і ресурси, особливо при роботі з великими обсягами даних. Насамперед це стосується випадків, коли порівнюються не лише дві пробні ділянки або проби, а значно більша їхня кількість, наприклад декілька десятків або сотень. Ручне обчислення або використання сторонніх програм дозволяють вирішити це завдання, але значно уповільнюють процес дослідження та аналізу даних. Обмежує використання й потреба в знанні певних мов програмування або розуміння особливостей користування спеціальними програмами. Окрім того, неминучими є помилки та неточності в розрахунках та при перенесенні даних з одного додатку або файлу в інший, які обумовлені людським фактором.

Постає потреба в автоматизації розрахунків метрик подібності в цілому, зокрема індексу Дайса. В цьому напрямку вже виконувалися роботи (Sneath, 1957; Rogers, Tanimoto, 1960; Austin, Colwell, 1977; Sinnott, 1981; Hammer et al., 2001), але й досі відсутні достатньо прості з методичної точки зору рішення, що й обумовлює актуальність нашої роботи.

Матеріали та методи

Для розробки макросу для обчислення індексу Дайса нами було використано програмне забезпечення Microsoft Excel 365. Налаштування розділу «Розробник» («Developer») здійснювалось у відповідності з офіційною підтримкою продукту за електронною адресою: <https://support.microsoft.com/en-us/excel>. У процесі розробки макросу використовувалася мова програмування VBA (Visual Basic for Applications).

Результати та обговорення

Розроблений нами макрос здійснює попарне порівняння стовпців вихідного аркушу Microsoft Excel на предмет подібності. Результати порівняння використовуються для розрахунку індексу Дайса з подальшим перенесенням усіх розрахованих індексів в матрицю.

Вихідний аркуш повинен містити стовпці, які представляють собою певні пробні ділянки або проби. Кожна комірка в стовпці – назва виду, виявленого на даній пробній ділянці або в даній пробі. В межах одного стовпця всі комірки мають бути унікальними.

Перший рядок усіх стовпців на вихідному аркуші – заголовки (назви) цих пробних ділянок або проб (при порівнянні стовпців комірки цього рядка не використовуються) (рис. 2).

	A	B	C	D	E
1	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5
2	Вид 1	Вид 1	Вид 5	Вид 3	Вид 3
3	Вид 2	Вид 2	Вид 6	Вид 4	Вид 4
4	Вид 3	Вид 3	Вид 7	Вид 5	Вид 5
5	Вид 4	Вид 4	Вид 8	Вид 6	Вид 6
6	Вид 5		Вид 9	Вид 7	Вид 7
7	Вид 6				Вид 8
8	Вид 7				Вид 9
9	Вид 8				
10	Вид 9				
11					

Рис. 2. Приклад вихідної таблиці для обробки даних запропонованим нами макросом

Нижче наводимо розроблений нами код макросу для розрахунку індексу Дайса. Кожна операція коду має порядковий номер та пояснювальний коментар після символу «'».

```
Sub CalculateDiceMatrix()
    Dim sourceSheet As Worksheet    ' 1. Вихідний аркуш
    Dim targetSheet As Worksheet    ' 2. Цільовий аркуш
    Dim sourceRange As Range        ' 3. Вихідний діапазон даних
    Dim targetRange As Range        ' 4. Цільовий діапазон даних
    Dim sourceColumnCount As Integer ' 5. Кількість стовпців у вихідному діапазоні
    Dim sourceRowCount As Integer   ' 6. Кількість рядків у вихідному діапазоні
    Dim i As Integer                ' 7. Змінна для ітерації по стовпцях
    Dim j As Integer                ' 8. Змінна для ітерації по стовпцях
    Dim numerator As Integer        ' 9. Лічильник чисельника
```

```

Dim denominator As Integer          ' 10. Знаменник
Dim index As Double                 ' 11. Індекс
' 12. Встановлюємо вихідний аркуш як активний
Set sourceSheet = ActiveSheet
' 13. Створюємо новий аркуш для результатів
Set targetSheet = Worksheets.Add(After:=Worksheets(Worksheets.Count))
targetSheet.Name = "Матриця індексів Дайса"
' 14. Встановлюємо вихідний діапазон на вихідному аркуші
Set sourceRange = sourceSheet.UsedRange
sourceColumnCount = sourceRange.Columns.Count
sourceRowCount = sourceRange.Rows.Count
' 15. Встановлюємо цільовий діапазон даних, починаючи з верхньої лівої комірки
Set targetRange = targetSheet.Cells(2, 2).Resize(sourceColumnCount, sourceColumnCount)
' 16. Записуємо заголовки стовпців у перший рядок і перший стовпчик цільового діапазону
For i = 1 To sourceColumnCount
    targetSheet.Cells(i + 1, 1) = sourceRange.Cells(1, i).Value
    targetSheet.Cells(1, i + 1) = sourceRange.Cells(1, i).Value
Next i
' 17. Ітеруємося по кожній парі стовпців і обчислюємо індекс
For i = 1 To sourceColumnCount
    For j = 1 To sourceColumnCount
        If i = j Then
            ' 18. Якщо стовпці однакові, встановлюємо індекс на 1
            targetRange.Cells(i, j) = 1
        ElseIf j < i Then
' 19. Якщо комірка знаходиться в нижній трикутній частині, копіюємо значення з
відповідної комірки
            targetRange.Cells(i, j) = targetRange.Cells(j, i).Value
        Else
' 20. Обчислюємо індекс для поточної пари стовпців
            numerator = 0
            denominator = 0
            For Each sourceCell1 In sourceRange.Columns(i).Cells
                If Not IsEmpty(sourceCell1) Then
                    For Each sourceCell2 In sourceRange.Columns(j).Cells

```

```

        If Not IsEmpty(sourceCell2) Then
            If sourceCell1.Value = sourceCell2.Value Then
                numerator = numerator + 1 ' 21. Збільшуємо чисельник на 1
            Exit For ' 22. Переходимо до наступної комірки в першому стовпчику
            End If
        End If
    Next sourceCell2
End If
Next sourceCell1
' 23. Обчислюємо індекс
denominator = WorksheetFunction.CountA(sourceRange.Columns(i)) - 1 +
WorksheetFunction.CountA(sourceRange.Columns(j)) - 1
If denominator > 0 Then
    index = 2 * numerator / denominator
Else
    index = 0
End If
' 24. Записуємо індекс у матрицю
targetRange.Cells(i, j) = index
End If
Next j
Next i
' 25. Автоматично підбираємо ширину стовпців у цільовому діапазоні
targetRange.EntireColumn.AutoFit
End Sub

```

У результаті обробки вихідної таблиці макросом будується квадратна матриця з занесеними до неї індексами Дайса для кожної пари порівнюваних стовпців (рис. 3).

Перший рядок та перший стовпчик на аркуші, де будуватиметься матриця, мають координати-заголовки, які автоматично переносяться з вихідного аркуша і є заголовками стовпців вихідного аркуша. Головна діагональ матриці в усіх випадках має значення «1», що означає повне співпадіння видів певного стовпця з самим собою. За замовчуванням значення розрахованого індексу подаються до восьмого символу після коми.

	A	B	C	D	E	F
1		Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5
2	Проба 1	1	0,61538462	0,71428571	0,71428571	0,875
3	Проба 2	0,61538462	1	0	0,44444444	0,36363636
4	Проба 3	0,71428571	0	1	0,6	0,83333333
5	Проба 4	0,71428571	0,44444444	0,6	1	0,83333333
6	Проба 5	0,875	0,36363636	0,83333333	0,83333333	1
7						

Рис. 3. Приклад збудованої матриці з розрахованими індексами Дайса

Макрос може обробити до 16 384 стовпці у вихідній таблиці. Розміри побудованої квадратної матриці також обмежуються розміром до $16\,384 \times 16\,384$ комірок, що обумовлено максимальною кількістю стовпців, яка підтримується в Excel версії 2007 і вище.

Розроблений нами макрос є досить зручним та простим рішенням для розрахунку індексу Дайса і може бути використаний не лише у флористичних або екологічних дослідженнях, а й в інших галузях. Використовуючи цей макрос, дослідники можуть з легкістю проводити обчислення індексу Дайса без необхідності вручну прописувати формули або використовувати сторонні програми, оскільки всі маніпуляції з даними здійснюються автоматично в межах лише одного середовища – Microsoft Excel. До того ж, відсутня потреба в побудові зведеної таблиці, що є обов'язковою вимогою для більшості програмних продуктів, які здійснюють подібні розрахунки. Все це дозволяє значно скоротити час, необхідний для обробки та аналізу даних, і спростити процес обчислення, а автоматизація зменшує не тільки часо- та трудозатратність, а й значно зменшує можливі помилки при розрахунках.

Перспективним продовженням роботи може бути оптимізація коду та розширення функціональних можливостей макросу.

Висновки

Індекс Дайса (Чекановського-Сьоренсена) – бінарна міра подібності, яка використовується для порівняння двох статистичних вибірок. Застосовується в різних наукових та прикладних галузях, в т. ч. в біологічних дослідженнях, зокрема у фікології, що підтверджується наведеним нами аналізом публікацій з Web of Science та Scopus.

Обмеження використання індексу Дайса пов'язані з чутливістю до рівновеликості порівнюваних вибірок, значним впливом викидів у даних

(низька робастність) і неможливістю аналізувати дескриптивні множини. Ускладнення щодо використання індексу може бути обумовлене великим обсягом вихідних даних, що призводить до часо- та трудомісткості розрахунків, а також помилок у результатах розрахунків.

Автоматизація при розрахунку індексів Дайса та побудова результуючої матриці може бути здійснена за допомогою різних сучасних статистичних додатків та деяких мов програмування, але не всі вони зручні у використанні та потребують спеціальних знань, що також ускладнює процес обробки даних.

Нами запропоновано власно розроблений макрос для Microsoft Excel з використанням мови програмування VBA для автоматизації розрахунків індексу Дайса. Цей макрос порівнює стовпці вихідного аркуша на предмет подібності та обчислює індекс Дайса для кожної пари порівнюваних стовпців без потреби створення зведеної таблиці. Результати порівнянь відображаються в квадратній матриці.

Список літератури

- Ataş İ. 2023. Performance Evaluation of Jaccard-Dice Coefficient on Building Segmentation from High Resolution Satellite Images. *Balkan J. Electrical Comp. Engineer.* 11(1): 100–106.
- Austin B., Colwell R.R. 1977. Evaluation of Some Coefficients for Use in Numerical Taxonomy of Microorganisms. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 27(3): 204–210.
- Berezovska V. 2019. Species Diversity of Algae of the Kiev Upland Rivers (Ukraine). *Int. J. Algae.* 21(1): 43–66. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i1.30>
- Bertels J., Eelbode T., Berman M., Vandermeulen D., Maes F., Bisschops R., Blaschko M.B. 2019. In: *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2019*. Proc. 22nd Int. Conf. Shenzhen (China). Pp. 92–100.
- Bray J.R. 1956. A study of mutual occurrence of plant species. *Ecology.* 37(1): 21–28.
- Cheetham A.H., Hazel J.E. 1969. Binary (Presence-Absence) Similarity Coefficients. *J. Paleontol.* 43(5): 1130–1136.
- Czekanowski J. 1909. Zur differential Diagnose der Neandertalgruppe. *Korrespbl. Dtsch. Ges. Anthropol.* 40: 44–47.
- Dice L.R. 1945. Measures of the amount of ecological association between species. *Ecology.* 26(3): 297–302.
- Eikelboom W., Van den Berg E., Coesmans M., Goudzwaard J. et al. 2023. Effects of the DICE Method to Improve Timely Recognition and Treatment of Neuropsychiatric Symptoms in Early Alzheimer's Disease at the Memory Clinic: The BEAT-IT Study. *J. Alzheimer's Dis.* 93(4): 1407–1423.

- Flores P., Salicrú M., Sánchez-Pla A., Ocaña J. 2022. An equivalence test between features lists, based on the Sorensen–Dice index and the joint frequencies of GO term enrichment. *BMC Bioinform.* 23(1): 1–21.
- Graco-Roza C., Santos J., Huszar V., Domingos P., Soininen J., Marinho M. 2019. Downstream transport processes modulate the effects of environmental heterogeneity on riverine phytoplankton. *Sci. Total Environ.* 703(3): 1–10.
- Hammer O., Harper D., Ryan P. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol. Electron.* 4(1): 1–9.
- Hubalek Z. 1982. Coefficients of association and similarity, based on binary (presence-absence) data: an evaluation. *Biol. Rev.* 57(4): 669–689.
- Keil P. 2019. Z-scores unite pairwise indices of ecological similarity and association for binary data. *Ecosphere.* 10(11): e02933.
- Li X., Wang C., Zhang X., Sun W. 2020. Generic SAO Similarity Measure via Extended Sørensen-Dice Index. *IEEE Access.* 8: 66538–66552.
- Mainali K.P., Slud E., Singer M.C., Fagan W.F. 2022. A better index for analysis of co-occurrence and similarity. *Sci. Adv.* 8(4): eabj9204.
- McCune B., Grace J. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. Glenden Beach: MjM Software Design. 307 p.
- Mironyuk A., Tkachenko F. 2020. Species Composition of Algae in Small Rivers of the Northwestern Black Sea Region. *Int. J. Algae.* 22(4): 359–372.
<https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v22.i4.50>
- Peipoch M., Miller S., Antao T., Vallett H. 2019. Niche partitioning of microbial communities in riverine floodplains. *Sci. Rep.* 9(1): 16384.
- Rogers D.J., Tanimoto T.T. 1960. A computer program for classifying plants. *Science.* 132(3434): 1115–1118. <https://doi.org/10.1126/science.132.3434.1115>
- Shcherbak V., Semeniuk N., Lutsenko D. 2023. Diversity 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://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v25.i1.50>
- Sinnott Q.P. 1981. A Simple Similarity Coefficient for Taxonomic Comparisons. *Taxon.* 30(1): 18–26.
- Sneath P.H.A. 1957. The application of computers to taxonomy. *J. Gen. Microbiol.* 17(1): 201–226.
- Sørensen T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on *Danish commons*. *Biol. Skrifter/Kongel. Danske Videnskab. Selskab.* 5(4): 1–34.
- Zhang M., Shi X., Chen F. Yang Z. 2021. The underlying causes and effects of phytoplankton seasonal turnover on resource use efficiency in freshwater lakes. *Ecol. Evol.* 11(41): 1–13.

Bren O.G.¹ (<https://orcid.org/0000-0001-7423-9258>)

Bren O.A.² (<https://orcid.org/0009-0003-7632-6285>)

Solonenko A.M.² (<https://orcid.org/0000-0002-3417-5146>)

Podorozhnyi S.M.² (<https://orcid.org/0000-0002-7702-7602>)

¹ Institute of Botany, Czech Academy of Sciences,

135 Dukelská Str., Třeboň 37901, Czech Republic

² Bohdan Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University,

Department of botany and horticulture,

59 Naukovoho mistechka Str., Zaporizhzhya 69000, Ukraine

Automation of Dice (Czekanowski-Sørensen) similarity index calculations in phycological research

This paper examines the trends in the use of the Dice (Czekanowski-Sørensen) similarity index in studies of algae and cyanoprokaryotes. A concise overview of the characteristics of this metric is provided, considering its positive aspects and limitations. The relevance of the work is justified by the researchers' need for automation of Dice index calculations and the construction of resulting matrices. The article proposes a method for automating calculations using macros in the Excel environment. The authors provide an overview of the possibilities of this approach and offer their own macro for fast and convenient calculation of the Dice index without the need for third-party programs or formulas.

Key words: algae, cyanoprokaryotes, similarity measure, Dice (Czekanowski-Sørensen) index

Citation. Bren O.G., Bren O.A., Solonenko A.M., Podorozhnyi S.M. 2024. Automation of Dice (Czekanowski-Sørensen) similarity index calculations in phycological research. *Algologia*. 34(1): 80–90. <https://doi.org/10.15407/alg34.01.080>