

Том 31
3•2021

АЛГО
ЛОГІЯ

МІЖНАРОДНИЙ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ
ЖУРНАЛ

ALGOLOGIA

ЗАСНОВАНИЙ У БЕРЕЗНІ 1991 р. • ВИХОДИТЬ 1 РАЗ НА ТРИ МІСЯЦІ • КИЇВ

ЗМІСТ

Морфологія, анатомія, цитологія

- 205** Генкал С.І., Щербак В.І., Семенюк Н.Є. Морфологічна мінливість деяких видів пенатних діатомових водоростей (*Bacillariophyta*) із водойм зони відчуження Чорнобильської АЕС (Україна)

Фізіологія, біохімія, біофізика

- 215** Царенко П.М., Заїменко Н.В., Дідик Н.П., Іваницька Б.О., Харитонova І.П., Демченко Е.М. Алелопатичний вплив мікроводоростей на пшеницю озиму

Екологія, ценологія, охорона та роль водоростей у природі

- 228** Снігірєва А.О., Сілантьєв С.О., Гончаров О.Ю., Кошелев О.В. Вплив екологічних факторів на мікроводорості псамону на прикладі Одеської затоки (Чорне море, Україна)
- 249** Садогурський С.Ю., Садогурська С.О., Беліч Т.В. Склад і розподіл макрофітобентосу біля берегів п-ва Тарханкут (Чорне море, Крим)

Нові та рідкісні таксони

- 271** Ліліцька Г.Г. Знахідка діатомової водорості *Symbella australica* (A.Schmidt) Cl. у водоймах м. Києва (Україна)

Огляди. Історія альгології

- 279** Кузнєцов В.О., Ткаченко Ф.П. Альгологічні дослідження в Одеському університеті (1965–2015). Становлення школи професора І.І. Погребняка

Наукові редактори випуску:

ВИНОГРАДОВА О.М., ЗОЛОТАРЬОВА О.К., МІНІЧЕВА Г.Г., ЦАРЕНКО П.М.

Редактори

В.В. Несчетна, О.С. Бондаренко

Адреса редакції: Київ 01601, 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

сайт: 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 НАНУ
(протокол № 7 від 14 липня 2021 р.)

Підп. до друку 30.08.2021. Формат 70×108/16. Ум.-друк. арк. 9,8. Обл.-вид. арк. 13,72.
Тираж 92 прим. Зам. №

Віддруковано ВД «Академперіодика» НАН України, вул. Терещенківська, 4, Київ 01601
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 544 від 27.07.2001

**Морфологічна мінливість деяких видів пенатних діатомових
водоростей (*Bacillariophyta*) із водойм зони відчуження
Чорнобильської АЕС (Україна)**

Генкал С.І.¹, Щербак В.І.², Семенюк Н.Є.²

¹Інститут біології внутрішніх вод ім. І.Д. Папаніна РАН,
сел. Борок, буд. 109, Некоузський р-н, Ярославська обл. 152742, Росія
genkal@ibiw.ru

²Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда 12, Київ 04210, Україна
ek424nat@ukr.net, natasemenyuk@gmail.com

Надійшла до редакції 03.02.2021. Після доопрацювання 01.03.2021. Підписана до друку 19.05.2021.
Опублікована 22.09.2021

Реферат. Досліджена морфологія пенатних діатомових водоростей (*Achnanthes eutrophilum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, *Aneumastus stroesei* Mann et Stickle, *Gomphonema italicum* Kützinger, *G. pala* Reichardt, *G. vibrio* Ehrenberg і *Punctastriata ovalis* Williams et Round) із фітообростань водойми-охолоджувача Чорнобильської атомної електростанції і природних озер зони відчуження (Глибоке, Далеке) за допомогою скануючої електронної мікроскопії. Відмічено ширшу мінливість кількісних ознак у цих водоростей (довжина і ширина стулки, число штрихів в 10 мкм) порівняно з літературними даними. Водночас варіабельність якісних ознак (форма стулки, осьового та центрального поля, шва й розташування штрихів) не виявлена. У *A. eutrophilum* відмічені відмінності від літературних даних числа штрихів у 10 мкм, у *A. stroesei* – довжини стулки, у *Gomphonema pala*, *G. vibrio* і *Punctastriata ovalis* – довжини і ширини стулки. Для *G. pala* відзначена розбіжність діапазонів мінливості числа штрихів в 10 мкм, а у *A. stroesei* і *G. italicum* – ширини стулки і числа штрихів у 10 мкм порівняно з опублікованими даними. Для *A. eutrophilum*, *A. stroesei*, *G. italicum*, *G. pala* і *G. vibrio* отримані перші електронні мікрофотографії внутрішньої поверхні стулки і дані щодо їхньої морфології.

Ключові слова: *Bacillariophyta*, морфологія, скануюча електронна мікроскопія, водойма-охолоджувач Чорнобильської атомної електростанції, озера зони відчуження, Україна

© Генкал С.І., Щербак В.І., Семенюк Н.Є., 2021

Вступ

Питання морфологічної мінливості діатомових водоростей дуже важливе для систематики діатомей і точної ідентифікації видів (Діатомові..., 1974). Морфологічні ознаки виявляють різну ступінь мінливості (Krammer, 2002; Genkal, Kharitonov, 2010, 2012; та ін.). На жаль, мінливості пенатних діатомових водоростей приділяється недостатньо уваги. Вивчення нових зразків, відібраних у водоймах і водотоках з різною екологією та географічним положенням, показує, що мінливість кількісних і якісних ознак цих зразків може бути значно ширшою (Genkal, 2014; Genkal, Chekryzheva, 2016; Genkal, Yarushina, 2016, 2020; та ін.). Тому наша робота певною мірою присвячена вивченню морфологічної мінливості деяких рідкісних видів діатомових водоростей водойми-охолоджувача (ВО) і озер зони відчуження ЧАЕС.

Матеріали та методи

Матеріалом для дослідження слугували фітообростання (8 проб), зібрані у ВО Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС, координати 51°20'57,01" п. ш., 30°10'19,92" с. д.), яка зазнала крупномасштабного гідротехнічного впливу (зниження рівня води приблизно на 4 м), і в озерах Глибокому (51°26'37,40" п. ш., 30°03'51,66" с. д.) та Далекому (51°25'42,33" п. ш., 30°06'42,54" с. д.), які є природними, заплавними озерами р. Прип'ять, розташованими в зоні відчуження ЧАЕС. Проби фітоперифітону відбирали протягом вегетаційних періодів 2016–2018 рр. у північно-східній, північно-західній, південно-східній і південно-західній частинах ВО ЧАЕС. а також у природних озерах Глибокому та Далекому. Субстратами фітоперифітону були каміння, деревина та домінуючі види вищих водних рослин: рогіз вузьколистий *Typha angustifolia* L. і глечики жовті *Nuphar lutea* (L.) Smith. Карта-схема дослідження водойм зони відчуження ЧАЕС представлена нижче.

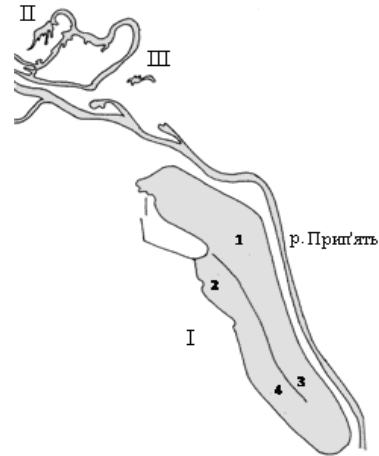
Звільнення стулок діатомей від органічних речовин проводили методом холодного спалювання (Balonov, 1975). Препарати водоростей досліджували в скануючому електронному мікроскопі JSM-25S.

Результати та обговорення

Achnantheidium eutrophilum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (Табл. I, 1–6; п-обсяг вибірки 26 стулок). Стулки 6,2–18,6 мкм завд., 2,7–4,5 мкм завш., 20–25 штрихів в 10 мкм. Кількісні показники збігаються з літературними даними, за винятком мінімальних значень числа штрихів в 10 мкм (див. таблицю). Якісні ознаки (форма стулки, осьового і центрального полів, шва

і розташування штрихів) відповідають діагнозу (Lange-Bertalot, Metzeltin, 1996). Опубліковані лише ілюстрації СЕМ зовнішньої поверхні шовних і безшовних стулок (Peeters, Ector, 2018). На отриманих нами електронних мікрофотографіях внутрішньої поверхні безшовної і шовної поверхонь стулок форма осьового і центрального полів, а також розташування штрихів відповідають діагнозу (Lange-Bertalot, Metzeltin, 1996). На них добре видно, що кінці шва закінчуються невеличкими хеліктогласами (Табл. I, 5, 6).

Карта-схема. Водойма-охолоджувач ЧАЕС та озера зони відчуження (Gudkov et al., 2018): I – ВО ЧАЕС: 1 – північно-східна частина, 2 – північно-західна, 3 – південно-східна, 4 – південно-західна частина; II – оз. Глибоке, III – оз. Далеке



Aneumastus stroesei Mann et Stickle (Табл. I, 7–9; n-9). Стулки 50–75,5 мкм завд., 17,8–21,4 мкм завш., штрихів 9–12 в 10 мкм. Максимальні значення довжини стулки відрізняються від літературних даних, діапазони мінливості ширини стулки та числа штрихів в 10 мкм також не збігаються з літературними даними (див. таблицю). Якісні ознаки (форма стулки, осьового і центрального полів, шва і розташування штрихів) відповідають діагнозу (Lange-Bertalot, 2001), однак наявні лише ілюстрації СЕМ зовнішньої поверхні стулки. На отриманих нами електронних мікрофотографіях внутрішньої поверхні стулки форма осьового і центрального полів, а також розташування штрихів відповідають діагнозу (Lange-Bertalot, 2001). На мікрофотографіях добре видно, що кінці шва закінчуються невеличкими хеліктогласами (Табл. I, 9).

Gomphonema italicum Kützing (Табл. I, 10–12; n-15). Стулки 27–44,2 мкм завд., 15–18,9 мкм завш., однорядних штрихів 8–10 в 10 мкм, ареол 20–25 в 10 мкм. Довжина стулки і число ареол в 10 мкм відповідають літературним даним, а діапазони мінливості ширини стулки і числа штрихів в 10 мкм відрізняються від опублікованих в літературі (див. таблицю). Якісні ознаки (форма стулки, осьового і центрального полів, шва і розташування штрихів) відповідають діагнозу (Levko et al., 2016).

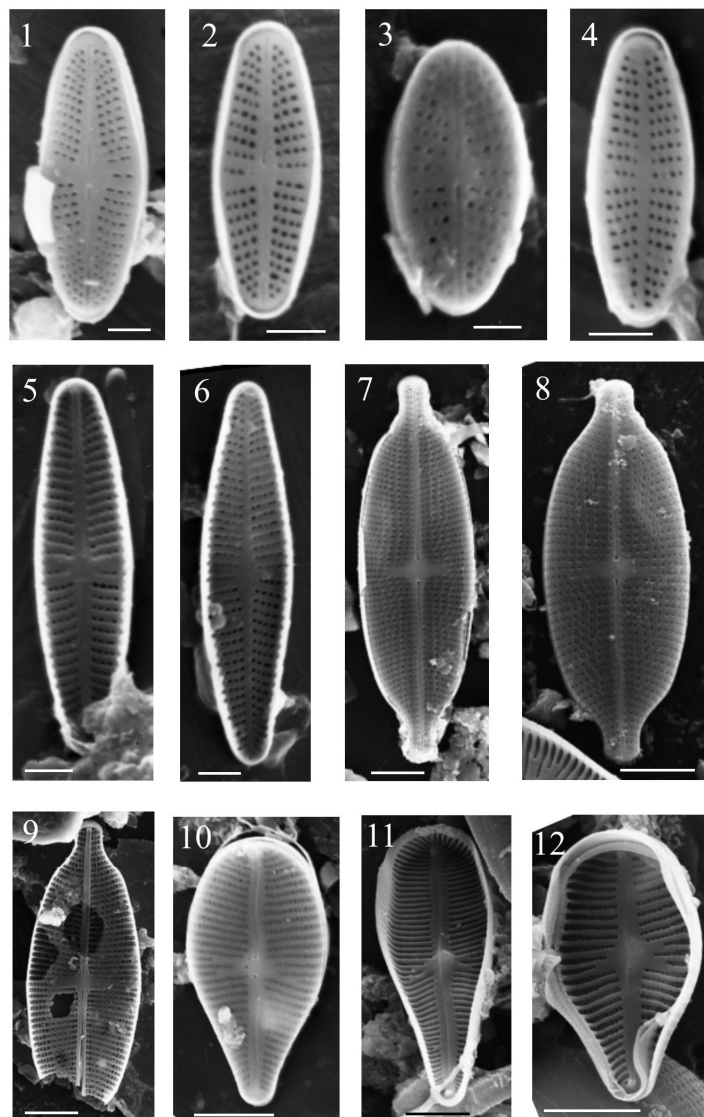


Табл. I. Електронні мікрофотографії стулок (СЕМ): 1–6 – *Achnantheidium eutrophilum*; 7–9 – *Aneumastis stroesei*; 10–12 – *Gomphonema italicum*; 1–4, 7, 8, 10 – зовнішня поверхня стулок, 5, 6, 9, 11, 12 – внутрішня. Масштаб: 1–3, 5 – 10 мкм; 4 – 20 мкм; 6 – 1 мкм; 7 – 2 мкм

У літературі наведені лише ілюстрації СЕМ зовнішньої поверхні стулки (Genkal et al., 2015; Levkov et al., 2016). На отриманих нами електронних мікрофотографіях внутрішньої поверхні стулки форма осьового і центрального полів, а також розташування штрихів відповідають діагнозу (Levkov et al., 2016); добре видно, що кінці шва закінчуються невеличкими хеліктогласами (Табл. I, 11, 12).

Таблиця. Мінливість ознак у деяких представників *Bacillariophyta* за літературними даними

Довжина стулки, мкм	Ширина стулки, мкм	Число штрихів	Число ареол	Літературне джерело
		в 10 мкм		
<i>Achnanthidium eutrophilum</i>				
4–18	3–4	24–27	–	Lange-Bertalot, Metzeltin, 1996 (як <i>Achnanthes eutrophila</i> Lange-Bertalot)
–	–	25–35	–	Kulikovskiy et al., 2016
4–19	3–5	23–27	–	Hofmann et al., 2017
4–19	3–5	23–27	–	Peeters, Ector, 2018
<i>Aneumastus stroesei</i>				
35–70	12–17	12–14	–	Lange-Bertalot, 2001
35–70	12–17	12–14	–	Kulikovskiy et al., 2016
<i>Gomphonema italicum</i>				
24–50	10–12	11–14	20–26	Kulikovskiy et al., 2016
24–50	10–12	11–14	20–25	Levkov et al., 2016
19–53,5	9,3–14	10–16	23–29	Hofmann et al., 2017
<i>G. pala</i>				
42,8	12,8	10	–	Genkal et al., 2015
17–50	8,5–13,5	10–15	–	Kulikovskiy et al., 2016
<i>G. vibrio</i>				
30–95	7–10	7–10	25	Hofmann et al., 2017
<i>Punctastriata ovalis</i>				
5–7	2–3	10–20	–	Williams, Round, 1987
4,4–6,2	4,0–4,4	10–20	–	Genkal et al., 2011

Gomphonema pala Reichardt (Табл. II, 1–3; n-6). Стулки 40–68,9 мкм завд., 13,3–15,7 мкм завш., дворядних штрихів 7–8 в 10 мкм. Максимальні значення довжини і ширини стулки більші, ніж описані в літературі, а діапазон мінливості числа штрихів в 10 мкм не збігається з ними (див. таблицю). Водночас зафіксовано цей вид з більшою довжиною і шириною стулки (відповідно 73,5 і 17,6 мкм) (Genkal et al., 2020). Якісні ознаки (форма стулки, осового і центрального полів, шва і розташування штрихів відповідають діагнозу (Kulikovskiy et al., 2016). У літературі наведено лише ілюстрації СЕМ зовнішньої поверхні стулки (Genkal et al., 2015, 2020).

На отриманих нами електронних мікрофотографіях внутрішньої поверхні стулки форма осьового і центрального полів, а також розташування штрихів відповідають діагнозу (Kulikovskiy et al., 2016), а кінці шва закінчуються невеличкими хеліктогласами (Табл. II, 2, 3).

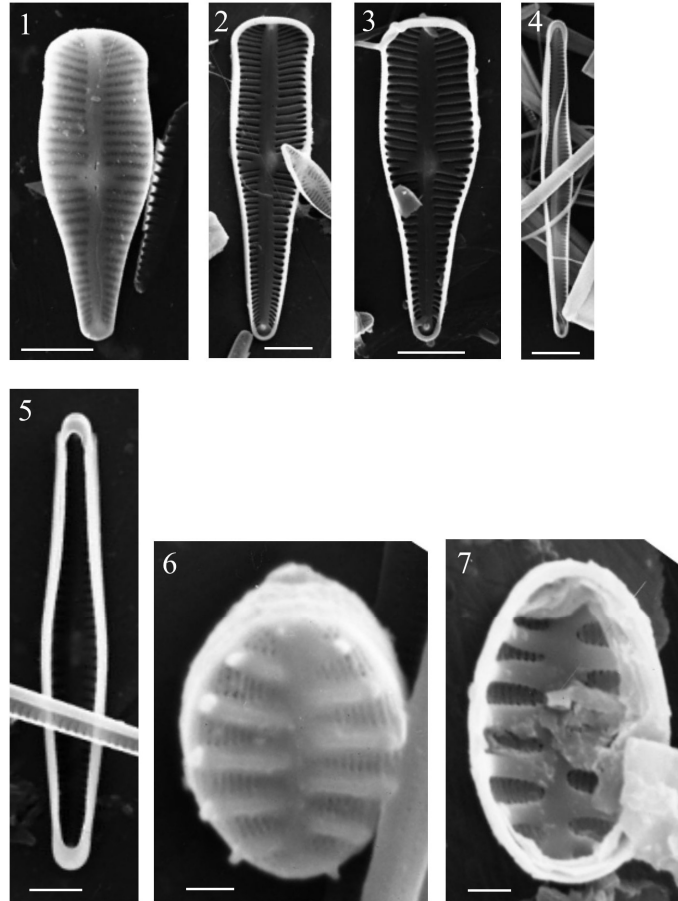


Табл. II. Електронні мікрофотографії стулок (СЕМ): 1–3 – *Gomphonema pala*; 4, 5 – *Gomphonema vibrio*; 6, 7 – *Punctastriata ovalis*. 1, 6 – зовнішня поверхня стулок, 2–5, 7 – внутрішня. Масштаб: 1–3, 5 – 10 мкм; 4 – 20 мкм; 6 – 1 мкм; 7 – 2 мкм

Gomphonema vibrio Ehrenberg (Табл. II, 4, 5; n-3). Стулки 73,5–132 мкм завд., 10–11,4 мкм завш., однорядних штрихів 7 в 10 мкм. Максимальні значення довжини і ширини стулки більші, ніж наведені в літературі (див. таблицю). Якісні ознаки (форма стулки, осьового і центрального полів, шва і розташування штрихів відповідають діагнозу (Hofmann et al., 2017). У літературі наведено тільки ілюстрації СМ виду (Hofmann et al., 2017). На отриманих нами електронних мікрофотографіях внутрішньої поверхні

стулки форма осевого і центрального полів, а також розташування штрихів відповідають діагнозу (Hofmann et al., 2017); добре видно, що кінці шва закінчуються невеличкими хеліктогласами (Табл. II, 4, 5).

Punctastriata ovalis Williams et Round (Табл. II, 6, 7; n-6). Стулки 73,5–132 мкм завд., 10–11,4 мкм завш., штрихів 7 в 10 мкм. Максимальні значення довжини і ширини стулок більші, ніж наведені в літературі (див. таблицю). Число штрихів збігається з діагнозом (Williams, Round, 1987). Якісні ознаки (форма стулки, будова та розташування штрихів) відповідають діагнозу та опублікованим електронним ілюстраціям внутрішньої і зовнішньої поверхонь стулок (Williams, Round, 1987; Genkal et al., 2011).

Результати вивчення рідкісних і широко розповсюджених видів пенатних діатомових водоростей показали значну мінливість окремих кількісних ознак цих водоростей або їх сукупність. Водночас діапазони мінливості деяких ознак не співпадають з літературними даними, що зумовлено переважно міжпопуляційною мінливістю. Аналогічна ситуація спостерігається у багатьох широко розповсюджених і рідкісних пенатних діатомових видів (Krammer, 2002; Genkal, 2004, 2014; Genkal, Yarushina, 2016, 2018a, b, 2019, 2020; Genkal et al., 2019, 2020). Отримані нами мікрофотографії внутрішньої поверхні стулок *Achnanthidium eutrophilum*, *Aneumastus stroesei*, *Gomphonema italicum*, *G. pala* і *G. vibrio* показали наявність характерних для відповідних родів хеліктоглас. Виявлену морфологічну мінливість необхідно враховувати при ідентифікації даних представників *Bacillariophyta*.

Висновки

У досліджуваних представників пенатних діатомових водоростей родів *Achnanthidium*, *Aneumastus*, *Gomphonema* і *Punctastriata*, що вегетують у водоймі-охолоджувачі ЧАЕС, яке зазнало крупномасштабного гідротехнічного впливу (спрацювання рівня води ≈ 4 м), і природних озерах зони відчуження виявлена більш широка мінливість кількісних ознак порівняно з літературними даними. Широкий спектр мінливості морфологічних ознак цих водоростей необхідно враховувати при проведенні альгологічних і гідробіологічних досліджень різнотипних водних екосистем, які зазнали значного радіонуклідного забруднення, або знаходяться під впливом інших антропогенних факторів.

Автори висловлюють щиру вдячність завідувачу відділом водної радіоекології Інституту гідробіології НАН України д. б. н. проф. Д.І. Гудкову

та старшому науковому співробітнику к. б. н. О.Є. Кагляну за відбір проб фітоперифітону в досліджуваних водоймах.

Список літератури

- Balonov I.M. 1975. In: *Methods for the study of biocenoses*. Moscow: Nauka. Pp. 87–89. [Балонов И.М. 1975. Подготовка диатомовых и золотистых водорослей к электронной микроскопии. В кн.: *Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов*. М.: Наука. С. 87–89].
- Genkal S.I. 2004. Morphological variability and taxonomy of *Diatoma tenue* Ag. (*Bacillariophyta*). *Int. J. Algae*. 6(4): 319–330. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v6.i4.20>
- Genkal S.I. 2014. On morphological variability of some widespread and rare species of the genus *Navicula* (*Bacillariophyta*). *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* 48: 38–49. [Генкал С.І. 2014. К вопросу о морфологической изменчивости некоторых широко распространенных и редких видов рода *Navicula* (*Bacillariophyta*). *Новости сист. низш. раст.* 48: 38–49]. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2014.48.38>
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A. 2016. To morphology and taxonomy of *Tabellaria flocculosa* (*Bacillariophyta*). Ecology, morphology and systematics of aquatic plants. *Trudy IBVV RAN*. 76(79): 5–24. [Генкал С.І., Чекрыжева Т.А. 2016. Морфология и таксономия *Tabellaria flocculosa* (*Bacillariophyta*). Экология, морфология и систематика водных растений. *Труды ИБВВ РАН*. 76(79): 5–24].
- Genkal S.I., Kharitonov V.G. 2010. On the morphological variability of *Navicula schmassmannii* (*Bacillariophyta*). *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* 44: 32–38. [Генкал С.І., Харитонов В.Г. 2010. О морфологической изменчивости *Navicula schmassmannii* Hustedt (*Bacillariophyta*). *Новости сист. низш. раст.* 44: 32–38]. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2010.44.28>
- Genkal S.I., Kharitonov V.G. 2012. Morphological variability of some species of the genus *Achnanthes* s. l. (*Bacillariophyta*, *Pennatophyceae*). *Algologia*. 22(1): 3–12. [Генкал С.І., Харитонов В.Г. 2012. О морфологической изменчивости некоторых видов рода *Achnanthes* s. l. (*Bacillariophyta*, *Pennatophyceae*). *Альгология*. 22(1): 3–12]. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/64201>
- Genkal S.I., Yarushina M.I. 2016. On the morphological variability of some species of the genus *Navicula* (*Bacillariophyta*) from waterbodies and watercourses of the Yamal Peninsula. *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* 50: 23–33. [Генкал С.І., Ярушина М.І. 2016. Морфологическая изменчивость некоторых видов рода *Navicula* (*Bacillariophyta*) из водоемов и водотоков полуострова Ямал. *Новости сист. низш. раст.* 50: 23–33]. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2016.50.23>
- Genkal S.I., Yarushina M.I. 2018a. To morphology, taxonomy and distribution of rare species of the genus *Sellaphora* (*Bacillariophyta*) in Russia. *Int. J. Algae*. 20(1): 5–16. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v20.i1.10>
- Genkal S.I., Yarushina M.I. 2018b. Species of the genus *Geissleria* (*Bacillariophyta*) in Russia: morphology, taxonomy and distribution. *Inland Water Biology*. 11(4): 387–395. [Виды рода

- Geissleria* (Bacillariophyta) в России: морфология, таксономия и распространение. *Бiol. внутр. вод.* 11(4): 387–395]. <https://doi.org/10.1134/S1995082918040077>
- Genkal S.I., Yarushina M.I. 2019. Species of the genus *Hippodonta* (Bacillariophyta) in Russia: morphology, taxonomy and distribution. *Int. J. Algae*. 21(3): 199–216. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i3.10>
- Genkal S.I., Yarushina M.I. 2020. Species of the genus *Genkalia* (Bacillariophyta) in Russia: morphology, taxonomy, distribution. *Bot. J.* 105(1): 3–14. [Генкал С.И., Ярушина М.И. 2020. Виды рода *Genkalia* (Bacillariophyta) в России: морфология, таксономия, распространение. *Бот. журн.* 105(1): 3–14]. <https://doi.org/10.31857/S0006813620010081>
- Genkal S.I., Bondarenko N.A., Shur L.A. 2011. *Diatoms of lakes from south and north part of Eastern Siberia*. Rybinsk: Rybin. Print. House. 72 p. [Генкал С.И., Бондаренко Н.А., Щур Л.А. 2011. *Диатомовые водоросли озер юга и севера Восточной Сибири*. Рыбинск: Рыбин. Дом печати. 72 с.].
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A., Komulaynen S.F. 2015. *Diatom algae in waterbodies and watercourses of Karelia*. Moscow: Sci. World. 202 p. [Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. 2015. *Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии*. М.: Науч. мир. 202 с.].
- Genkal S. I., Shcherbak V.I., Semeniuk N. 2020. On morphological variability of some species of the genus *Cymbella* (Bacillariophyta) from reservoirs of the Dnieper cascade (Ukraine). *Int. J. Algae*. 22(2): 129–136. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v22.i2.30>
- Genkal S. I., Kapustin D.A., Stenina A.S., Sterlyagova I.N., Shabalina Yu.N. 2019. Morphological variability of some Bacillariophyta species of the genus *Kobayasiella* Lange-Bertalot (Raphales, Naviculaceae). *Int. J. Algae*. 21(4): 311–320. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i4.20>
- Gudkov D.I., Shcherbak V.I., Protasov A.A., Silayeva A.A., Pashkova O.V., Semenyuk N.Ye., Kaglyan A.Ye., Lenchuk M.I., Zadorozhnaya A.M., Belyayev V.V., Yurchuk L.P., Stepanova T.I. 2018. Dynamic of water quality and radionuclide contamination parameters in the components of the Chernobyl NPP Cooling Pond ecosystem. *Issues Chernobyl Exclusion Zone*. 18: 67–74. [Гудков Д.И., Щербак В.И., Протасов А.А., Силаева А.А., Пашкова О.В., Семенюк Н.Е., Каглян А.Е., Линчук М.И., Задорожная А.М., Беляев В.В., Юрчук Л.П., Степанова Т.И. 2018. Динамика показателей качества водной среды и радионуклидного загрязнения компонентов экосистемы водоема-охладителя Чернобыльской АЭС. *Проблеми Чорнобильської зони відчуження*. 18: 67–74].
- Krammer K. 2002. In: *Diatoms of Europe*. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G. Vol. 3. 584 p.
- Kulikovskiy M.S., Glushchenko A.M., Genkal S.I., Kuznetsova I.V. 2016. *Identification manual of diatoms from Russia*. Yaroslavl: Filigran. 804 p. [Куликовский М.С., Глущенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. 2016. *Определитель диатомовых водорослей России*. Ярославль: Филигрань. 804 с.].
- Lange-Bertalot H. 2001. In: *Diatoms of Europe*. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G. Vol. 2. 526 p.
- Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 1996. *Iconographia Diatomologica*. 2: 1–390.

- Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. 2017. *Freshwater benthic diatoms of Central Europe*. Schmitten-Oberreifenberg: Koeltz Bot. Books. 942 p.
- Levkov Z., Danijela Mitić-Kopanja, Erwin Reichardt. 2016. In: *Diatoms of Europe*. Vol. 8. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G. 552 p.
- Peeters V., Ector L. 2018. *Atlas des diatomées des cours d'eau du territoire bourguignon*. Vol. 1. Dijon: Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement – Bourgogne-France-Comté. 309 p.
- The diatoms of the USSR (fossil and recent)*. 1974. Vol. 1. Leningrad: Nauka. 403 p. [Диаatomо-вые водоросли СССР (ископаемые и современные). 1974. Т. 1. Л.: Наука. 403 с.].
- Williams D.M., Round F.T. 1987. Revision of the genus *Fragilaria*. *Diatom Res.* 2(2): 267–288.

Підписав до друку П.М. Царенко

Genkal S.I.¹, Shcherbak V.I.², Semenyuk N.Ye.² 2021. **On morphological variability of some species of pinnate (*Bacillariophyta*) from the reservoirs of the Chernobyl nuclear power plant exclusion zone (Ukraine)**. *Algologia*. 31(3): 205–214

¹ I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of RAS,
Settle Borok, Nekouz District, Yaroslavl Region 152742, Russia

² Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
12 Prosp. Geroev Stalingrada, Kyiv 04210, Ukraine

This scanning electron microscopy study of the morphology of pennate diatoms (*Achnanthes eutrophilum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, *Aneumastis stroesei* Mann et Stickle, *Gomphonema italicum* Kützinger, *G. pala* Reichardt, *G. vibrio* Ehrenberg, *Punctastriata ovalis* Williams et Round) from phytoplanktonic communities in the cooling pond of the Chernobyl nuclear power plant and natural lakes of the Exclusion Zone (Glyboke and Daleke lakes) has revealed a higher variability in quantitative characteristics (valve length and width, number of striae in 10 µm). At the same time, no variability of qualitative features (shape of valve, axial and central area, raphe and striae arrangement) has been observed in these species. In *A. eutrophilum*, the number of striae in 10 µm differ from the published data, in *A. stroesei* – the valve length, in *G. pala*, *G. vibrio* and *P. ovalis* – the valve length and width. The range of variation in the number of striae in 10 µm in *G. pala* and the valve length and the number of striae in 10 µm in *A. stroesei* and *G. italicum* disagree with the literature data. The first electron micrographs of the inner surface of the valve and the corresponding data on its morphology are obtained for *A. eutrophilum*, *A. stroesei*, *G. italicum*, *G. pala* and *G. vibrio*.

Keywords: *Bacillariophyta*, morphology, scanning electron microscopy, cooling pond of the Chernobyl nuclear power plant, lakes of the exclusion zone, Ukraine

Алелопатичний вплив мікроводоростей на пшеницю озиму

**Царенко П.М.¹, Заїменко Н.В.², Дідик Н.П.^{2*}, Іваницька Б.О.²,
Харитонов І.П.², Демченко Е.М.¹**

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

² Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка, НАН України,
вул. Тимірязєвська 1, Київ 01014, Україна
* nataliya_didyk@ukr.net

Надійшла до редакції 11.07.2021. Після доопрацювання 26.07.2021. Підписана до друку 28.07.2021.
Опублікована 22.09.2021

Реферат. Представлені результати досліджень алелопатичного впливу культуральної рідини двох видів зелених та харофітових мікроводоростей (*Chlorella vulgaris* Beijer. та *Interfillum terricola* (J.B.Petersen) Mikhailyuk et al.) на ріст насіння пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) у модельних вегетаційних дослідах для встановлення фізіологічних механізмів алелопатії та пошуку ефективних і безпечних сполук з рістестимулюючою дією. Перед посівом насіння пшениці культуральну рідину мікроводоростей об'ємом 1; 3 та 10 мл вносили у вегетаційну посудину (250 мл) з просіяним і простерилізованим сірим опідзоленим ґрунтом. Тест-рослини вирощували у фітокамері за контрольованих умов освітлення, температури та вологості ґрунту. Кількість пророслого насіння реєстрували з 2-ї по 8-му добу після посіву. Життєвий стан пшениці озимої оцінювали наприкінці експериментів за морфометричними показниками росту (висота надземних частин, площа поверхні листків, довжина кореневої системи, кількість бічних корінців, біомаса сухої речовини надземних частин і коренів) та вмістом фотосинтетичних пігментів у листках. Після закінчення експерименту визначали показники електропровідності, окисно-відновного потенціалу, рН та вмісту біогенних елементів у ґрунті. Встановлено позитивний ефект мікроводоростей на проростання насіння, ріст та потужність фотосинтетичного апарату рослин *T. aestivum*. Культуральна рідина *C. vulgaris* проявила вищу стимулюючу дію на проростання насіння та ріст паростків пшениці, ніж *I. terricola*.

© Царенко П.М., Заїменко Н.В., Дідик Н.П., Іваницька Б.О., Харитонов І.П.,
Демченко Е.М., 2021

Позитивний вплив мікроводоростей на фотосинтетичну активність пшениці та вміст органічного вуглецю у ґрунті свідчить про можливість розробки біодобрив на їхній основі з метою поліпшення структурно-функціональної організації агроєкосистем. Отримані результати підтвердили перспективність використання *C. vulgaris* як біодобрива в посівах сільськогосподарських культур. Алелопатичний вплив *I. terricola* на судинні рослини досліджено вперше. Встановлено важливу роль опосередкованих алелопатичних механізмів у взаємовідносинах між дослідженими видами мікроводоростей та судинними рослинами.

Ключові слова: *Chlorella vulgaris*, *Interfillum terricola*, алелопатичні взаємодії, пшениця озима, біогенні елементи, ґрунт

Вступ

Під алелопатичними взаємодіями розуміють вплив одного організму на інший через виділення в оточуюче середовище біологічно активних сполук, задіяних у процесах росту, розвитку та адаптації. До алелопатично активних речовин відносять вторинні метаболіти судинних та спорових рослин, мікроорганізмів, коралів та грибів. Крім алелопатичної взаємодії ці речовини можуть виконувати також інші екологічні функції, зокрема захищати від фітофагів, патогенів тощо (Bacellar Mendes, Vermelho, 2013). Останнім часом алелопатично активні речовини мікроводоростей досліджують з метою застосування у сільському господарстві для контролю чисельності шкідників, поліпшення родючості ґрунтів та підвищення продуктивності рослин (Hollerbach, Shtina, 1969; Kostikov et al., 2001; Zolotarova et al., 2008; Hastings et al., 2014; Uysal et al., 2015; Win et al., 2018).

Встановлено, що мікроводорості впливають на фізичну структуру, pH ґрунту, знижують забруднення важкими металами, пестицидами та гербіцидами (Ardal., 2014). Видовий склад угруповань мікроводоростей використовують як індикатор родючості (Hastings et al., 2014). Зокрема, ґрунтові водорості продукують в оточуюче середовище велику кількість полісахаридів, які утворюють екзополімерну плівку на поверхні грудочок ґрунту, за рахунок чого покращується його структура та агрофізичні характеристики (Crouzet et al., 2019). Водночас біологічно активні вторинні метаболіти, ферменти та іони мікроводоростей позитивно впливають на інші ґрунтові організми та судинні рослини (Hastings et al., 2014; Crouzet et al., 2019). Біологічно активні екзометаболіти мікроводоростей іммобілізують токсичні метали та шкідливі речовини, змінюють pH, пригнічують розвиток шкідників, підвищують стійкість рослин до бактеріальних, грибкових, вірусних захворювань шляхом формування фізичного бар'єру (захисної слизової оболонки) на поверхні листків або

коренів. Цей фізичний захист, а також поліпшення агрегації ґрунту забезпечують стійкість судинних рослин до посухи, ультрафіолетового опромінення та перепадів температури (Nichols, 2020).

За останні 10 років питанням вивчення водоростей як біодобрих присвячено лише 0,09% альгологічних досліджень (Nichols, 2020). В основному досліджували ціанобактерії, здатні фіксувати азот. Серед мікроводоростей найбільш вивченими у цьому напрямку є представники *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* та *Haptophyta* із родів *Isochrysis* Parke, *Chaetoceros* Ehrenb., *Chlorella* Beijer., *Arthrospira* Stizenb. ex Gomont і *Dunaliella* Teodor. У сучасному агровиробництві найчастіше використовуються види *Arthrospira* spp. і *Chlorella* spp. (Nichols, 2020).

Незважаючи на те, що мікроводорості є невичерпним джерелом біологічно активних сполук з різним характером дії на судинні рослини (Sakevych, Usenko, 2008; Kirpenko, 2013), їх практичне застосування обмежене (Chiaiese et al., 2018). Це обумовлено, перш за все, недостатньою вивченістю алелохімічних механізмів взаємодії між вищими рослинами та мікроводоростями. Не сприяє цьому процесу також велике різноманіття водоростей і чисельність видів ґрунтової альгофлори, відсутність культур мікроводоростей та незначна кількість експериментальних робіт зі скринінгу та селекції генетично модифікованих організмів, перспективних для аграрного сектору виробництва (Korkhovou et al., 2016; Chiaiese et al., 2018).

Метою цієї роботи було дослідження алелопатичної взаємодії між вищими рослинами та зеленою мікроводорістю *Chlorella vulgaris* Beijer. і харофітовою *Interfillum terricola* (J.B.Petersen) Mikhailyuk et al. у модельних експериментах як теоретичної основи розробки біодобрих для стимуляції росту і розвитку пшениці озимої.

Матеріали та методи

Матеріалом для дослідження слугували штами харофітових і зелених мікроводоростей *Interfillum terricola* (порядок *Klebsormidiales*, клас *Klebsormidiophyceae*, *Charophyta*) та *Chlorella vulgaris* (порядок *Chlorellales*, клас *Trebouxiophyceae*, *Chlorophyta*) (див. рисунок).

Перший штам ізольований із зразків ґрунту букових пралісів Карпатського біосферного заповідника (2020 р.), другий отримано із колекції Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України – IBASU-А шт. 190 (Borisova, Tsarenko, 2004) як відомий продуцент біомаси, що використовується при промисловому культивуванні та розглядається потенційним кандидатом для виробництва біодизеля (Muzafarov, Taubaev,

1984; Tsarenko et al., 2016). Отримання біомаси мікроводоростей та вирощування досліджених штамів проведено за єдиною схемою культивування в конічних колбах Ерленмейера об'ємом 250 та 500 мл на мінеральному середовищі Болда (1N BBM), при pH 6,6 (Bischoff, Bold, 1963) за стандартних умов лабораторного мінікультиватора (інтенсивне культивування з постійною барботацією повітряною сумішшю) протягом 10 діб, з 12-годинним чергуванням світлової і темної фаз та освітленням 25 мкмоль фотонів $\cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, за температури $+20 \pm 5^\circ \text{C}$ (для *I. terricola*) і 16:8-годинним режимом світлового та темного періодів, за температури $+23 \pm 5^\circ \text{C}$ (для *C. vulgaris*). Ідентифікацію видів і морфологічні дослідження культур водоростей проводили під світловим мікроскопом Olympus BX53 (Токіо, Японія) з диференціальною інтерференційною оптикою Номарського (DIC) та використанням сучасних монографічних зведень (Tsarenko, 1990; Mikhailyuk et al., 2008; Rindi et al., 2011; Ettl, Gärtner, 2014). Мікрофотографії водоростей отримані з використанням цифрової камери Olympus LC30, приєднаної до мікроскопа, і програмного забезпечення cellSens Entry.

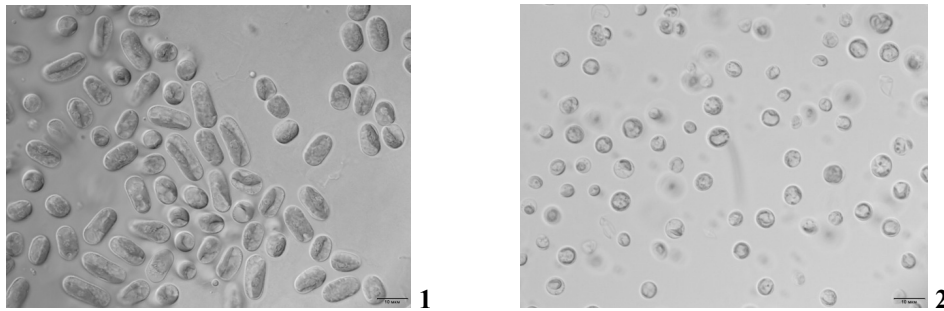


Рисунок. Загальний вигляд культури досліджених штамів *Interfillum terricola* (1) та *Chlorella vulgaris* (2) у період використання культуральної рідини при вегетаційних дослідках

Вегетаційні досліді проводили у відділі алелопатії Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (Modern methods..., 2021). Культуральну рідину мікроводоростей об'ємом 1; 3 та 10 мл вносили у вегетаційну посудину (об'єм 0,250 мл), наповнену просіяним та простерилізованим (у пічці за температури 100°C упродовж 4 год) сірим опідзоленим ґрунтом перед посівом насіння тест-рослин. У контрольний варіант замість культуральної рідини вносили стерилізовану воду в такій же кількості. Насіння пшениці озимої (*Triticum aestivum* L., сорт «Смуглянка») стерилізували 1%-м розчином гіпохлориту натрію впродовж 5 хв, з наступним ополіскуванням стерилізованою водою. Наші попередні

дослідження методом біотестування показали високу чутливість цього сорту пшениці до алелопатично активних речовин мікрободоростей. Тест-рослини вирощували в фітокамері впродовж трьох тижнів за контрольованих умов освітлення 3500 лк, вологості ґрунту 50–60%, температури 26–28 °С. Вологість ґрунту визначали гравіметричним методом та підтримували на зазначеному рівні шляхом поливу стерилізованою водою.

Кількість пророслого насіння реєстрували з 2-ї по 8-у добу після посіву. Енергію проростання насіння визначали за відсотком пророслого насіння на 3-ю добу після посіву, схожість насіння – на 7-му добу відповідно до ДСТУ 4138 (2002). Для оцінювання швидкості проростання розраховували середню тривалість проростання однієї насінини згідно Balan et al. (2014) за формулою:

$$ТП = (d_1K_1 + d_2K_2 + d_iK_i) / (K_1 + K_2 + K_3 + K_i),$$

де ТП – тривалість проростання, д – дні підрахунку, К – кількість насіння, що проросло за день.

Життєвий стан тест-рослин оцінювали наприкінці експериментів за морфометричними показниками росту (висота надземних частин, площа поверхні листків, довжина кореневої системи, кількість бічних корінців; біомаса сухої речовини надземних частин та коренів). Для визначення фотосинтетичних пігментів (хлорофілу *a*, *b* та каротиноїдів) свіжозібрані листки екстрагували диметилсульфоксидом за температури 70 °С упродовж 3 год. Кількісний вміст оцінювали за допомогою спектрофотометра Specord 200, Analytik Jena, 2003 (Hiscox, Israelstam, 1979). Розвиток листкового апарату рослин аналізували за результатами морфометричних вимірювань і вмістом фотосинтетичних пігментів.

Вимірювання рН ґрунтового розчину після досліду проводили на кондуктометрі Cond 315i (WTW GmbH, 2015 р.). Окисно-відновний потенціал визначали за допомогою приладу pH/ORP Meter HI 2211 (Hanna Instruments, 2005 р.). Вміст біогенних елементів у ґрунті аналізували на оптико-емісійному спектрометрі з індуктивно-зв'язаною плазмою iCAP6300 Duo (Thermo-Fisher, США, 2007 р.). Зразки ґрунту для аналізу готували за методикою, описаною в літературі (Rinkis, Nollendorf, 1982). Вміст розчинних карбонатів у ґрунтовому розчині визначали методом титрування сірчаною кислотою за додавання індикатора метилоранж до зміни забарвлення розчину з жовтого на помаранчевий (Pecheneva, 1998).

Статистичний аналіз результатів досліджень здійснювали з використанням дисперсійного аналізу за допомогою програмного забезпечення StatSoft Statistica 10.0 та Microsoft Office Excel 2007.

Результати та обговорення

Внесення культуральної рідини досліджених мікроводоростей в ґрунт перед посівом насіння рослин пшениці озимої позитивно впливало на ріст, розвиток та фотосинтетичну активність останніх. Значно зростає показник енергії проростання насіння та скорочувалася середня тривалість проростання (табл. 1). За внесення мікроводоростей рослини мали вищі показники маси надземних частин та коренів, площі листової поверхні та вмісту фотосинтетичних пігментів у листках (табл. 2).

Позитивний вплив мікроводоростей на ріст, розвиток та фотосинтетичну продуктивність сільськогосподарських рослин описано в низці робіт (Hastings et al., 2014; Uysal et al., 2015; Win et al., 2018). Серед можливих механізмів стимулюючої дії мікроводоростей на судинні рослини автори вказують на продукування в навколишнє середовище природних стимуляторів росту (ауксинів, цитокінінів, амінокислот, брасінолідів тощо), а також інших алелопатично активних сполук, що позитивно впливають на біологічні, біохімічні, алелопатичні та фізичні властивості ґрунту (Win et al., 2018; Nichols, 2020).

Таблиця 1. Вплив культуральної рідини мікроводоростей на проростання та ріст насіння пшениці озимої (середнє $\pm$ стандартна похибка)

Мікро- водорість	Норма внесення культуральної рідини, мл	Енергія пророс- тання, %	Схожість, %	Середня тривалість проростання, днів	Біомаса сухої речовини, мг	
					надземної частини	кореня
<i>Chlorella vulgaris</i>	0	4 $\pm$ 0,6	79 $\pm$ 0,6	5,5 $\pm$ 0,2	11,4 $\pm$ 0,9	6,0 $\pm$ 0,2
	1	42 $\pm$ 0,8	96 $\pm$ 0,6	4,7 $\pm$ 0,2	17,5 $\pm$ 0,6	6,7 $\pm$ 0,3
	3	55 $\pm$ 0,8	100 $\pm$ 0,4	4,5 $\pm$ 0,3	18,6 $\pm$ 0,6	7,6 $\pm$ 0,3
	10	54 $\pm$ 0,9	100 $\pm$ 0,6	4,5 $\pm$ 0,2	19,9 $\pm$ 0,8	7,9 $\pm$ 0,4
<i>Interfillum terricola</i>	0	10 $\pm$ 0,8	85 $\pm$ 0,5	4,0 $\pm$ 0,1	13,7 $\pm$ 0,6	4,3 $\pm$ 0,3
	1	33 $\pm$ 0,7	83 $\pm$ 0,6	3,7 $\pm$ 0,2	17,9 $\pm$ 0,9	4,2 $\pm$ 0,3
	3	38 $\pm$ 0,6	88 $\pm$ 0,6	3,6 $\pm$ 0,1	19,1 $\pm$ 0,5	5,4 $\pm$ 0,2
	10	50 $\pm$ 0,9	83 $\pm$ 0,5	3,6 $\pm$ 0,2	18,5 $\pm$ 0,7	5,6 $\pm$ 0,4

Відомо, що розвиток листової поверхні є одним з ключових чинників, що визначають продуктивність рослин (Andrianova, Tarchevskyi, 2000). Рослини з більш розвиненим асиміляційним апаратом характеризуються інтенсивнішою енергією росту, завдяки чому підвищується їх конкурентна спроможність щодо бур'янів. Оскільки одночасно зі збільшенням площі

листяної поверхні підвищується вміст хлорофілу в листках, можна зробити висновок, що у рослин на фоні культуральної рідини формується потужніший фотосинтетичний апарат.

Таблиця 2. Вплив культуральної рідини мікроводоростей на показники асиміляційного апарату пшениці озимої (середнє $\pm$ стандартна похибка)

Мікро- водорість	Норма внесення культуральної рідини, мл	Вміст фотосинтетичних пігментів сирової речовини листків, мг/г			Площа поверхні листків, см ²
		хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	каротиноїди	
<i>Chlorella vulgaris</i>	0	9,9 $\pm$ 0,3	4,1 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,1	11,2 $\pm$ 1,1
	1	9,6 $\pm$ 0,4	3,7 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,1	14,1 $\pm$ 1,2
	3	10,7 $\pm$ 0,4	5,9 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,1	16,4 $\pm$ 1,2
	10	11,1 $\pm$ 0,2	6,1 $\pm$ 0,2	2,1 $\pm$ 0,2	17,1 $\pm$ 1,0
<i>Interfillum terricola</i>	0	9,4 $\pm$ 0,3	2,0 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,1	9,2 $\pm$ 1,0
	1	9,9 $\pm$ 0,4	2,5 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,1	12,5 $\pm$ 1,3
	3	9,8 $\pm$ 0,4	2,6 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,2	13,4 $\pm$ 1,0
	10	9,8 $\pm$ 0,4	2,6 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,2	14,3 $\pm$ 1,2

У наших дослідженнях використання культуральної рідини *C. vulgaris* більш інтенсивно прискорювало проростання насіння та ріст паростків пшениці, ніж *I. terricola*. При цьому ефективність залежала від норми внесення культуральної рідини хлорели. *Interfillum terricola* також прискорював проростання насіння та збільшення біомаси тест-рослин. Однак вплив на біосинтез фотосинтетичних пігментів не перевищував межі довірчих інтервалів. Не виявлено також чіткої позитивної залежності між нормою внесення рідини *I. terricola* і ступенем впливу на досліджені показники фізіологічного стану рослин *Triticum aestivum*. Такий характер фізіологічної дії характерний для сигнальних сполук.

Chlorella vulgaris найбільш досліджена в алелопатичному плані мікроводорість. Алелопатичні властивості *I. terricola* дотепер не досліджувалися. Встановлено, що основним діючим компонентом алелопатичних виділень хлорели є хлорелін (суміш жирних кислот і вуглеводнів), який характеризується значною інгібуючою дією по відношенню до інших видів мікроводоростей, грибів та бактерій (Pratt, Fong, 1940; цит. за Dellagrecia et al., 2010). Крім цього, хлорела продукує та виділяє в навколишнє середовище значну кількість фітогормонів: цитокінінів та ауксинів (Stirk et al., 2011, 2013). Було вивчено алелопатичний вплив культуральної рідини мікроводорості *C. vulgaris* на проростання насіння та ріст паростків пшениці і кукурудзи, агрофізичні та

агрохімічні властивості ґрунту у вегетаційних дослідях (Uysal et al., 2015). Встановлено, що внесення культури хлорели у ґрунт позитивно впливає на проростання насіння та ріст сільськогосподарських культур, а також сприяє зростанню органічного вуглецю та водоутримуючу здатність ґрунту (Uysal et al., 2015).

Отримані результати засвідчили суттєві відмінності в показниках електропровідності (ЕС), окисно-відновного потенціалу (ОВП), рН та вмісту HCO_3 в ґрунті за присутності культуральної рідини різних видів мікроводоростей, хоча при цьому зберігається загальна тенденція різних концентрацій. Зокрема, із підвищенням норми внесення культуральної рідини спостерігається зростання лужності ґрунтового розчину, активізуються окисно-відновні процеси, особливо у варіантах з *I. terricola*, збільшується електропровідність і вміст вуглекислоти (табл. 3).

Таблиця 3. Окисно-відновні процеси в ґрунті при вирощуванні пшениці озимої за внесення культуральної рідини водоростей

Мікро- водорість	Норма внесення культуральної рідини, мл	ОВП, мВ	ЕС, мСм	HCO_3 , мг-екв.	рН
<i>Chlorella vulgaris</i>	0	$119 \pm 0,1$	$0,25 \pm 0,02$	$1,7 \pm 0,1$	$6,56 \pm 0,04$
	1	$103 \pm 0,2$	$0,26 \pm 0,03$	$1,9 \pm 0,1$	$6,78 \pm 0,03$
	3	$131 \pm 0,2$	$0,31 \pm 0,03$	$2,1 \pm 0,1$	$6,99 \pm 0,03$
	10	$136 \pm 0,1$	$0,36 \pm 0,03$	$2,2 \pm 0,2$	$7,03 \pm 0,04$
<i>Interfillum terricola</i>	0	$113 \pm 0,1$	$0,97 \pm 0,03$	$0,4 \pm 0,1$	$7,01 \pm 0,02$
	1	$103 \pm 0,1$	$1,09 \pm 0,01$	$0,5 \pm 0,1$	$7,03 \pm 0,03$
	3	$104 \pm 0,1$	$1,11 \pm 0,03$	$0,6 \pm 0,2$	$7,04 \pm 0,03$
	10	$105 \pm 0,2$	$1,20 \pm 0,03$	$0,7 \pm 0,2$	$7,06 \pm 0,03$

Прояв цього ефекту залежить від норми внесення мікро-водоростей. Виявлене достовірне зростання вмісту органічного вуглецю за внесення культуральної рідини хлорели в максимальній концентрації (10 мл на посудину) доводить доцільність розробки біодобрих на основі хлорели для підвищення родючості ґрунтів та опосередковано сприяє секвестрації парникових газів. Враховуючи невелику тривалість вегетаційних експериментів, виявлене зростання вмісту органічного та неорганічного вуглецю в ґрунті може набути суттєвих розмірів в більшому часовому масштабі (табл. 4).

Таблиця 4. Вміст вуглецю, кальцію і магнію в ґрунті при вирощуванні пшениці озимої за внесення культуральної рідини водоростей

Мікроводорість	Норма внесення культуральної рідини, мл	C, %	Ca, мг/л	Mg, мг/л
<i>Chlorella vulgaris</i>	0	6,22 ± 0,05	2998,7 ± 2,4	556,3 ± 2,8
	1	6,34 ± 0,02	3568,1 ± 3,1	601,9 ± 2,1
	3	6,48 ± 0,04	3612,8 ± 2,8	914,5 ± 3,2
	10	6,96 ± 0,02	3749,5 ± 2,9	1021,7 ± 1,8
<i>Interfillum terricola</i>	0	4,22 ± 0,02	5497,8 ± 2,1	609,6 ± 2,2
	1	4,25 ± 0,03	6164,2 ± 3,3	812,8 ± 2,6
	3	4,34 ± 0,03	6234,9 ± 3,0	1016,5 ± 3,1
	10	4,44 ± 0,02	6375,1 ± 2,7	1727,2 ± 2,7

Подібного висновку дійшли вчені (Hastings et al., 2014) при дослідженні впливу суспензії мікроводоростей, що входить до складу препарату GOgreen® (Global Organics Group, LLC, Goodyear, AZ) (*Chlorella* sp. 1×10^3 /мл, *Nannochloris* sp. 1×10^3 /мл, клітини *Scenedesmus* sp. 1×10^3 /мл) на мікробіоценоз та органічний вуглець ґрунту в посівах кукурудзи (*Zea mays* L.) за умов зрошування та застосування гербіцидів. Встановлено позитивний ефект на вміст органічного вуглецю ґрунту, pH та біорізноманіття ґрунтової мікробіоти, що засвідчило зростання родючості ґрунту після внесення гербіцидів (Hastings et al., 2014).

Суттєві відмінності між контролем та варіантами за внесення мікроводоростей простежувалися в розподілі кальцію і магнію в ґрунті (див. табл. 4). Внесення культуральної рідини досліджених видів мікроводоростей сприяло зростанню концентрації Ca і Mg у ґрунті, що корелювало зі зростанням лужності ґрунтового розчину. Магній є необхідним елементом для утворення молекули хлорофілу, він прискорює ферментативні процеси та синтез вуглеводів, виступає складовою частиною рибосом, які беруть участь у процесі біосинтезу білків, стимулює ріст кореневої системи та мінеральне живлення рослин. Кальцій стимулює розвиток листового апарату та біосинтез хлорофілу. Окрім того, він активує обмін речовин, сприяє формуванню корневих волосків та покращує розвиток кореневої системи.

Виявлені зміни фізичних властивостей ґрунту та біогенних елементів можуть дещо пояснити стимулюючу дію досліджених видів мікроводоростей на ріст насіння пшениці озимої.

Висновки

Порівняльне дослідження алелопатичного впливу двох аборигенних видів зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Interfillum terricola* стосовно пшениці озимої (сорт «Смуглянка») показало позитивний ефект на проростання насіння, ріст та потужність фотосинтетичного апарату рослин *Triticum aestivum*. Хлорела проявила вищу стимулюючу дію на проростання насіння та ріст паростків пшениці, ніж *I. terricola*. Розмір ефекту позитивно корелював з нормою внесення хлорели. Культуральна рідина *I. terricola* достовірно прискорювала проростання насіння та показники росту пшениці, однак зміни вмісту фотосинтетичних пігментів не перевищували межі довірчих інтервалів. Отримані результати підтверджують дані інших дослідників щодо перспективності використання *C. vulgaris* як біодобрива у посівах сільськогосподарських культур. Алелопатичний вплив *I. terricola* на судинні рослини досліджено вперше. Аналіз агрофізичних та агрохімічних характеристик ґрунту вегетаційних дослідів показав, що досліджені мікроводорості змінювали показники електропровідності, окисно-відновного потенціалу, рН та вмісту біогенних елементів. Розмір цього ефекту позитивно залежав від норми внесення мікроводоростей. Зростання вмісту органічного вуглецю за внесення культуральної рідини хлорели засвідчує можливість розробки біодобрив на основі цієї водорості для поліпшення структурно-функціональної організації агроєкосистем та секвестрації вуглекислого газу атмосфери. Вплив досліджених видів мікроводоростей на фізичні властивості ґрунту та вміст біогенних елементів частково пояснює їхню стимулюючу дію на рослини пшениці озимої.

Висловлюємо щирю вдячність канд. біол. наук О.В. Борисовій за нарощування маточного інокуляту штаму *C. vulgaris*.

Список літератури

- Andrianova Yu.E., Tarchevskiy I.A. 2000. *Chlorophyll and plants productivity*. Moscow: Nauka. 135 p. [Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А. 2000. *Хлорофилл и продуктивность растений*. М.: Наука. 135 с.].
- Ardal E. 2014. *Phycoremediation of pesticides using microalgae. Second cycle, A2E*. Alnarp: SLU, Depart. Biosyst. Technol. (from 130101). 40 p.
- Bacellar Mendes L.B., Vermelho A.B. 2013. Allelopathy as a potential strategy to improve microalgae cultivation. *Biotechnol. Biofuels*. 6: 1–152.
- Balan V.M., Doronin V.A., Kulyk O.H., Zmievskiy V.M. 2014. In: *Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets*. Kyiv. Pp. 14–17. [Балан В.М., Доронін В.А., Кулік О.Г., Змієвський В.М. 2014. До питання методики оцінки та добору вихідних

- селекційних матеріалів цукрових буряків за ознакою репродуктивної системи та життєздатності насіння. В кн.: *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ. С. 14–17].
- Bischoff H.W., Bold H.C. 1963. Phycological studies. IV. Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species. *Univ. Texas Publ.* 6318: 1–95.
- Borisova E.V., Tsarenko P.M. 2004. Microalgae Culture Collection of Ukraine (IBASU-A): traditions and modern directions. *Nova Hedw.* 79(1–2): 127–134.
- Chiaiese P., Corrado G., Colla G., Kyriacou M.C., Rouphael Y. 2018. Renewable Sources of Plant Biostimulation: Microalgae as a Sustainable Means to Improve Crop Performance. *Front. Plant Sci.* 9: 1782. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01782>
- Crouzet O., Consentino L., Petraud J. P., Marraud C., Aguer J.-P. 2019. Soil photosynthetic microbial communities mediate aggregate stability: influence of cropping systems and herbicide use in an agricultural soil. *Front. Microbiol.* 10(1319): 1–15.
- Dellagrecia M., Zarrelli A., Fergola P., Cerasuolo M., Pollio A., Pinto G. 2010. Fatty acids released by *Chlorella vulgaris* and their role in interference with *Pseudokirchneriella subcapitata*: experiments and modeling. *J. Chem. Ecol.* 36: 339–349.
- Ettl H., Gärtner G. 2014. *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*. 2nd ed. Munich: Spektrum Akad. Verlag. 773 p.
- Hastings K.L., Smith L.E., Lindsey M.L., Blotsky L.C., Downing G.R., Zellars D.Q., Downing J.K., Corena-McLeod M. 2014. Effect of microalgae application on soil algal species diversity, cation exchange capacity and organic matter after herbicide treatments. *FI000Research*. 3: 281. <https://doi.org/10.12688/fi000research.4016.1>
- Hiscox J.D., Israelstam C.F. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.* 57: 1332–1334.
- Hollerbach M.M., Shtina E.A. 1969. *Soil algae*. Leningrad: Nauka. 228 p. [Голлербах М.М., Штина Э.А. 1969. *Почвенные водоросли*. Л.: Наука. 228 с.].
- Kirpenko N.Y. 2013. Allelopathic interaction of freshwater algae. Kyiv: Naukova Dumka. 255 p. [Кирпенко Н.И. 2013. *Алелопатическое взаимодействие пресноводных водорослей*. Киев: Наук. думка. 255 с.].
- Korkhovoy V., Tsarenko P., Blume Y. 2016. Genetically engineered microalgae for enhanced biofuel production. *Curr. Biotechnol.* 5(4): 256–265.
- Kostikov I.Yu., Romanenko P.O., Demchenko E.M., Darienko T.M., Mikhailiuk T.I., Rybchinsky O.V., Solonenko A.M. 2001. *Soil algae of Ukraine (history and methods of study, system, flora conspect)*. Kyiv: Fitosotsiotsentr. 300 p. [Костіков І.Ю., Романенко П.О., Демченко Е.М., Дарієнко Т. М., Михайлюк Т.І., Рибчинський О.В., Солоненко А.М. 2001. *Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори)*. Київ: Фітосоціоцентр. 300 с.].
- Mikhailyuk T.I., Sluiman H., Massalski A., Mudimu O., Demchenko E., Kondratyuk S., Friedl T. 2008. New streptophyte green algae from terrestrial habitats and an assessment of the genus *Interfilum* (Klebsormidiophyceae, Streptophyta). *J. Phycol.* 44: 1586–1603.

- Modern methods in allelopathic research: Methodical manual*. 2021. Ed. N.V. Zaimenko. Kyiv: Lira-K. 200 p. [Сучасні методи в алелопатичних дослідженнях: Методичний посібник. 2021. За ред. Н.В. Заїменко. Київ: Ліра-К. 200 с.].
- Muzafarov A.M., Taubaev T.T. 1984. *Chlorella*. Tashkent: FAN. 132 p. [Музафаров А.М., Таубаев Т.Т. 1984. *Хлорелла*. Ташкент: ФАН. 132 с.].
- Nichols K. 2020. *Microalgae as a beneficial soil amendment*. Arizona: MyLand Compani LLC. 22 p.
- Pecheneva S.Ia. 1998. Agrochemical analysis methods. *Havrysh*. 4: 24–26. [Печенева С.Я. 1998. Методы агрохимического анализа. *Гавриш*. 4: 24–26].
- Rindi F., Mikhailyuk T.I., Sluiman H.J., Friedl T., López-Bautista J.M. 2011. Phylogenetic relationships in *Interfilum* and *Klebsormidium* (*Klebsormidiophyceae*, *Streptophyta*). *Mol. Phylog. Evol.* 58: 218–231.
- Rinkis H.Ia., Nollendorf V.F. 1982. *Balanced nutrition of plants with macro- and microelements*. Riga: Zynatne. 202 p. [Ринькис Г.Я., Ноллендорф В.Ф. 1982. *Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами*. Рига: Зинатне. 202 с.].
- Sakevych O.I., Usenko O.M. 2008. *Allelopathy in hydroecosystems*. Kyiv. 342 p. [Сакевич О.Й., Усенко О.М. 2008. *Алелопатія в гідроекосистемах*. Київ. 342 с.].
- Stirk W.A., van Staden J., Novák O., Doležal K., Strnad M., Dobrev P.I., Sipos G., Ördög V., Bálint P. 2011. Changes in endogenous cytokinin concentrations in chlorella (*Chlorophyceae*) in relation to light and the cell cycle. *J. Phycol.* 47(2): 291–301. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2010.00952.x>
- Stirk W.A., Bálint P., Tarkowská D., Novák O., Strnad M., Ördög V., van Staden J. 2013. Hormone profiles in microalgae: Gibberellins and brassinosteroids. *Plant Physiol. Biochem.* 70: 348–353.
- Tsarenko P.M. 1990. *Brief manual of chlorococcal algae of Ukrainian SSR*. Kyiv: Naukova Dumka. 208 p. [Царенко П.М. 1990. *Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР*. Киев: Наук. думка. 208 с.].
- Tsarenko P., Borysova O., Blume Ya. 2016. High biomass producers and promising candidates for biodiesel production from microalgae collection IBASU-A (Ukraine). *Oceanol. Hidrobiol. Stud.* 73(1): 79–85.
- Uysal Ö., Ozdemir F., Ekinici K. 2015. Evaluation of microalgae as microbial fertilizer. *Europ. JSD*. 4: 77–82. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2015.v4n2p77>
- Win T.T., Barone G.D., Secundo F., Fu P. 2018. Algal Biofertilizers and Plant Growth Stimulants for Sustainable Agriculture. *Ind. Biotechnol.* 14: 203–211.
- Zolotarova O.K., Shniukova Ye.I., Sivash O.O., Mykhailenko N.F. 2008. *Prospects for microhydrogen growth in biotechnology*. Kyiv: Alterpress. 234 p. [Золотарьова О.К., Шнюкова Є.І., Сиваш О.О., Михайленко Н.Ф. 2008. *Перспективи використання мікрководоростей у біотехнології*. Київ: Альтерпрес. 234 с.].

Підписала до друку О.К. Золотарьова

Tsarenko P.M.¹, Zaimenko N.V.², Didyk N.P.², Ivanytska B.O.², Kharytonova I.P.², Demchenko E.M.¹ 2021. **Allelopathic effect of microalgae on winter wheat plants.** *Algologia*. 31(3): 215–227

¹ M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine,
Tereschenkivska Str., 2, Kyiv 01601, Ukraine

² M.M. Grishka National Botanical Garden, NAS of Ukraine,
Tymiryazivska Str., 1, Kyiv 01014, Ukraine

The results of the study of the allelopathic activity of the culture medium of two species of green and charophyte microalgae (*Chlorella vulgaris* Beijer. and *Interfillum terricola* (J.B.Petersen) Mikhailyuk et al.) to winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in model pot experiments with the aim to discover of physiological mechanisms of allelopathy and finding effective and safe compounds with growth-promoting effects. The microalgae culture medium was applied in a rate of 1; 3 and 10 mL per a pot (250 mL) filled with sifted and sterilized gray podzolic soil, before sowing wheat seeds. Test plants were grown in a phytochamber under controlled conditions of light intensity, temperature and soil moisture. The number of germinated seeds was recorded from the 2nd to the 8th day after sowing. The vitality of winter wheat was evaluated at the end of the experiments using morphometric characteristics of growth (height of aboveground parts, leaf surface area, length of root system, number of lateral roots; dry matter mass of aboveground parts and roots) and content of photosynthetic pigments in leaves. At the end of the experiment, the indicators of electrical conductivity, redox potential, pH and content of nutrients in the soil were determined. The positive effect of microalgae on seed germination, growth and photosynthetic apparatus of *T. aestivum* plants was established. Culture medium of *C. vulgaris* showed a higher stimulating effect on seed germination and growth of wheat seedlings than *I. terricola*. The positive effect of microalgae on the photosynthetic activity of wheat and the content of organic carbon in the soil indicates the possibility of developing of biofertilizers based on them in order to improve the structural and functional organization of agroecosystems. The obtained results confirmed the prospects of *C. vulgaris* as a biofertilizer in crops. The allelopathic effect of *I. terricola* on vascular plants has been studied for the first time. The important role of indirect allelopathic mechanisms in the interactions between the studied species of microalgae and vascular plants has been established.

Key words: *Chlorella vulgaris*, *Interfillum terricola*, allelopathic interactions, winter wheat, nutrients, soil

*Присвячується світлій пам'яті
чл.-кор. НАН України Б.Г. Александрова*

**Вплив екологічних факторів на мікроводорості псамону на
прикладі Одеської затоки (Чорне море, Україна)**

Снігірьова А.О.^{1*}, Сілантьєв С.О.², Гончаров О.Ю.³, Кошелев О.В.¹

¹ Інститут морської біології НАН України,

вул. Пушкінська, 37, Одеса 65048 Україна

² Rowett Institute, University of Aberdeen,

Ashgrove Road West, Aberdeen AB25 2ZD, UK

³ Український науковий центр екології моря,

Французький бульвар, 89, Одеса 65009 Україна

snigireva.a@gmail.com

Надійшла до редакції 19.01.2021. Після доопрацювання 21.05. 2021. Підписана до друку 20.07.2021.

Опублікована 22.09.2021

Реферат. Досліджено вплив екологічних факторів на морські мікроводорості піщаного узбережжя Одеської затоки. Незважаючи на достатню вивченість впливу фізичних та хімічних факторів середовища на мікроводорості, процеси, що відбуваються на піщаній супраліторалі в регіоні Чорного моря, потребують додаткових досліджень. В ході польового багатофакторного експерименту на узбережжі Одеської затоки досліджено взаємозалежність між чисельністю мікроводоростей та 14 екологічними факторами: низка параметрів, що визначають гранулометричний склад піску, біогенні елементи, температуру, солоність води, гідродинаміку та токсичність. Проаналізовано таксономічний склад мікроводоростей фітопсамону та їх розподіл у різних біотопах у холодноводний та тепловодний періоди. Пріоритетним фактором для угруповання фітопсамону в будь-який сезон є розмір піщинок та концентрація розчиненого кремнію. Інші параметри залежать від пори року: влітку сполуки мінерального азоту (нітрати та нітроти) є пріоритетним фактором, восени цю роль відіграють органічний азот та мулиста фракція піску.

Ключові слова: фітопсамон, екологічні фактори, гранулометричний склад, піщані пляжі, Чорне море, Україна

© Снігірьова А.О., Сілантьєв С.О., Гончаров О.Ю., Кошелев О.В., 2021

Вступ

Пісок – один з основних субстратів узбережжя Чорного моря. Особливо це стосується його північно-західної частини, де піщані пляжі займають 90% (2076 км) узбережжя. Піщані береги представляють крайовий біотоп, який акумулює вплив моря і узбережжя. У таких екотонах проходять відбуваються численні інтенсивні фізичні та хімічні процеси, що призводять до збільшення чисельності морських організмів та високого біорізноманіття (Zaitsev, 2012a). Видатний учений XX ст. В. Вернадський (1965) сформулював концепцію концен-трування живої речовини на зовнішніх межах океану. Поверхня моря, морське дно та прибережна лінія є зонами концентрування життя, де межують різні середовища. Дана концепція була розроблена К.А. Вино-градовим (Vinogradov, 1971) («контактні зони») та Ю.П. Зайцевим («контурні біотопи») (Zaitsev, 2012b). Останній класифікував ці зони як аероконтур (нейстон, поверхня моря, що межує з атмосферою), псамоконтур (морське піщане узбережжя та морське дно), літоконтур (морське узбережжя скелі та морське дно), пелоконтур (морський мул та товща води), біоконтур (поверхня морських організмів) та потамоконтур (річка та море). Поняття контурних біотопів збігається з теорією ергоклінів (“ergoclines”), сформульованою Л. Лежандром зі співавт. (Legendre et al., 1986).

Мешканці морських піщаних берегів досить добре досліджені, особливо мейобентосні тварини, які мешкають в інтерстиціальному просторі узбережжя різних морів Світового океану (Remane, 1959; McIntyre, 1969; Vorobyova et al., 1992; Azovsky et al., 2004; Kalinowska, 2008; Kulakova, 2009). Щодо автотрофних організмів, є багато даних про епіпелльні (рухливі) водорості припливних зон з різних регіонів (Park, 1988; Romani, Sabater, 2001; Saburova et al., 2001; Vilbaste, 2001; Mitbavkar, Anil, 2002; Du et al., 2010). Досить мало робіт, присвячених морським епіпсамонним водоростям (Jewson et al., 2006). Більшість з них датуються серединою 80-х рр. (Jonge, 1985; Sunbäck, Medlin, 1986; Sunbäck, 1987). Відомо, що саме епіпсамонна мікрофлора більш притаманна морським біотопам, ніж прісним (Round, 1965; Meadows, Anderson, 1968).

У порівнянні з іншими морями, піщані узбережжя Чорного моря мають певні особливості. Припливи тут майже непомітні через їхній незначний діапазон (до 4 см). Такі умови формують специфічні, порівняно з іншими морями, режими гідродинаміки, вологості, освітленості, хімічного складу, тощо (Zaitsev, Mamaev, 1997). Ці фактори необхідно враховувати при вивченні досліджуваного біотопу.

Окреме угруповання фітопсамону представлено діатомовими, зеленими водоростями, групами джгутикових, ціанобактеріями (Kovtun, 2012; Snigirova, 2013; Snigireva, Kovaleva, 2015). Під фітопсамом ми розуміємо угруповання автотрофних організмів, які живуть між

частинками піску, рухаються по їхній поверхні або прикріплюються до них. Таким чином, ми включаємо в це угруповання як епіпельні, так і епіпсамонні мікроводорості.

При організації довгострокового екологічного моніторингу необхідно зважати на скорочення витрат часу та ресурсів. Це також стосується вибору екологічних факторів для морських досліджень. В контурних біотопах актуальними є певні абіотичні фактори, не представлені в інших біотопах. Для піщаного узбережжя, або псамоконтуру, це гранулометричний склад піску та хвильова активність (Perkins, 1974; McLachlan, Brown, 2006). Характер їхнього впливу на автотрофні організми не зовсім зрозумілий. На нашу думку, необхідно більш детально дослідити процеси формування угруповання фітопсамону та його реакції на фактори середовища.

Мета даної роботи – дослідити, які з обраних фізичних та хімічних параметрів середовища найбільше впливають на мікроводорості піщаного морського узбережжя на прикладі Одеської затоки.

Матеріали та методи

Матеріалом для роботи були проби піску, зібрані на п'яти піщаних пляжах Одеської затоки (рис. 1, табл. 1) у листопаді–грудні 2006 р. (холодно-водний період) та серпні–вересні 2007 р. (тепловодний). Проб відбирали в зоні заплеску морської води (0,1–2 м, 3–5 м вище урізу води), у тимчасових водоймах та стоках дренажних вод (див. рис. 1).

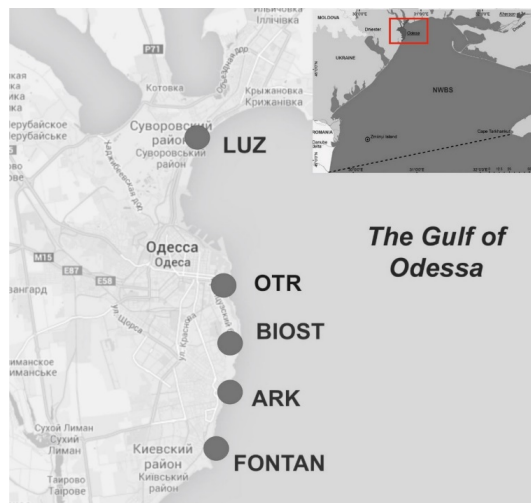


Рис. 1. Станції відбору проб на п'яти піщаних пляжах Одеської затоки

Тимчасові водойми розташовувалися на станціях: Біостанція (BIOST) (площа близько 5 м², глибина 0,3 м) та Фонтан (FONT) (площа 25 м²,

глибина 0,7 м), дренажні води – в районі станцій Отрада (OTR) та Аркадія (ARK). Зразки відбирали пробовідбірником з площею поверхні 16 см² у верхньому шарі піску (0–2 см). Всього відібрано 49 проб: 30 проб восени 2006 р. (15 проб у зоні заплеску, 8 проб у тимчасових водоймах та 7 проб у дренажних водах) та 19 проб влітку 2007 р. (11 проб у зоні заплеску і по 4 у тимчасових водоймах і дренажних водах). Чисельність мікрowodоростей визначали на 1 см². Для ідентифікації видів та з'ясування сучасного систематичного положення ми використовували наступні джерела: Tsarenko, 1990; Guslyakov et al., 1992; Witkowski et al., 2000; Krakhmalnyi, 2010; Guiry, Guiry, 2021. Екологічна класифікація представлена з використанням робіт: Snoeijs, 1993; Snoeijs, Vilbaste 1994; Snoeijs, Potapova, 1995; Snoeijs, Kasperoviciene, 1996; Bukhtiyarova, 1999; Barinova et al., 2006; Nevrova, Petrov, 2008; Kovtun, 2012; Snigirova, 2015.

Таблиця 1. Координати станцій району досліджень

Станція	Координати	
	Широта	Довгота
LUZ – Лузанівка	46°33'06.39"	30°46'02.73"
OTR – Отрада	46°28'07.27"	30°45'48.34"
BIOST – Біостанція	46°26'28.33"	30°46'21.17"
ARK – Аркадія	46°25'38.26"	30°46'01.01"
FONT – Фонтан	46°24'426.48"	30°45'41,94"

Одночасно з ідентифікацією водоростей були визначені такі характеристики: гранулометричний склад піску на основі модуля його крупності (MDK), медіанний (GRAN) та сортувальний (SO) коефіцієнти, об'єм найближчого життєвого простору (CLS), вміст мулистої частки (менше 0,1 мм) (SILTY); температура та солоність води (SAL); вміст поживних речовин у морській та інтерстиціальній воді (амоній (NH₃), сума нітратів та нітритів (NO₂ + NO₃), неорганічний фосфор (DIP) та кремній (Si), розчинені органічні азот (DON) та фосфор (DOP), гідродинаміка (HYDRO) та токсичність води (TOX) (табл. 2).

Для гідрохімічного та токсикологічного аналізів на місцях, розташованих на березі, була зібрана інтерстиціальна вода. Вміст біогенних елементів визначали стандартними методами (Grasshoff, 1999). Токсичність води встановлювали в лабораторії біотестування Інституту морської біології НАН України (Одеса, Україна) на основі виживання об'єктів лабораторних досліджень: партеногенетичних самок *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg для прісних вод та науплії *Artemia salina* L. для морських вод. Токсичність виражали у відсотку організмів, що вижили у порівнянні з контролем.

Гідродинаміку визначали за допомогою гіпсових конструкцій (блоки 0,5–0,7 г) за відомою методикою (Muus, 1968). Після експозиції гіпсові конструкції виносили з води, сушили і зважували. Гідродинаміку визначали як втрату маси блока (LBM) на одиницю маси за годину ($\% \cdot h$) за формулою:

$$LBM (\% \cdot h) = (M_0 - M_t) / t \cdot 1 / M_0 \cdot 100\%,$$

де M_0 – початкова маса блоку, M_t – кінцева, t – час експозиції (год).

Об'єм найближчого життєвого простору (CLS) в інтерстиціях вимірювали на основі водонасичення піску і розраховували за формулою (Khailov et al., 1994):

$$k = (M_w / \rho_w) / (M_w / \rho_w + M_s / 2,65),$$

де M_w – маса води, що заповнює інтерстиціальний простір; ρ_w – густина води; M_s – маса випробуваного піску.

Аналіз впливу характеру ґрунту на фітопсамон оцінювали за п'ятьма параметрами: модулем крупності піску, стандартними гранулометричними коефіцієнтами (медіанний та сортувальний коефіцієнт), об'ємом найближчого життєвого простору, вмістом мулистій фракції піску (менше 0,1 мм). Гранулометричний склад піску визначали ситовим аналізом. Розрахунки MDK проводили за відомою методикою (Vorobyova, Kulakova, 2009). Медіанний та сортувальний коефіцієнти, що широко використовуються в морській геології, визначали за методиками, описаними в літературі (Krumbein, Pettijohn, 1938; Friedman, Johnson, 1982).

Статистичну обробку результатів проводили методами канонічного аналізу відповідності CCA, використовуючи програмний пакет Microsoft Excel 2003 та XLStat-2011.

Результати та обговорення

Фактори навколишнього середовища

Ми розділили період дослідження на тепловодний і холодноводний. Середня температура морської води в теплий період становила 20,3 °C і відповідала гідрологічному літу; холодноводний період (у середньому 8,3 °C) відповідав гідрологічній осені чорноморського регіону. Температура різних біотопів становила влітку 18,4–22,3 °C, восени – 7,4–10,8 °C (табл. 2). Температура води в дренажних водах влітку була на 2–4 °C нижче, ніж в інших біотопах. Найвища температура спостерігалася в тимчасових водоймах – 22 °C, у зоні заплеску 14–23 °C. Температура дренажних вод восени була на 3 °C вище, ніж в інших біотопах, і становила 7,0–9,5 °C. Тільки на одній ділянці (OTR), на відстані 1 м від краю води, зафіксована температура піску 3,5 °C, при цьому температура морської води становила 7,0 °C.

Таблиця 2. Екологічні параметри в різних біотопах Одеського узбережжя

Параметр	Літо			Осінь			Середнє		R
	SZ	TW	DW	SZ	TW	DW	Su	Au	
HYDRO	6,427±2,492	4,062±3,073	4,310±2,826	1,254±0,657	0,865±0,771	1,440±0,888	4,9	2,0	2,5
SO	1,565±0,115	1,697±0,051	1,811±0,089	1,482±0,034	1,538±0,060	1,614±0,063	1,7	1,5	1,1
MDK	4,764±0,379	4,969±0,210	4,746±0,300	4,751±0,226	5,129±0,111	5,297±0,153	4,8	5,1	0,9
GRAN	0,432±0,135	0,250±0,042	0,296±0,051	0,354±0,068	0,268±0,039	0,198±0,021	0,3	0,3	1,3
SILTY	41,505±12,125	36,414±9,401	34,928±12,8	35,064±8,070	42,978±6,018	56,878±7,78	37,6	44,6	0,8
CLS	0,409±0,008	0,453±0,012	0,436±0,016	0,411±0,024	0,380±0,019	0,354±0,027	0,4	0,4	1,1
TOX	98,409±0,773	96,250±1,614	81,875±12,39	87,889±5,501	95,079±2,407	26,60±7,40	92,2	70,1	1,3
SAL	12,580±1,555	16,025±0,135	4,768±3,768	11,056±1,055	11,290±1,092	2,343±0,132	11,1	8,1	1,4
TEM	20,300±0,900	22,300±2,700	18,400±0,900	7,600±0,400	7,400±0,500	10,800±0,800	20,3	8,6	2,4
DIP	0,058±0,022	0,028±0,010	0,079±0,065	0,078±0,011	0,055±0,011	0,097±0,025	0,06	0,1	0,6
NH ₃	0,036±0,008	0,016±0,013	0,009±0,006	0,050±0,012	0,052±0,017	0,017±0,002	0,02	0,1	0,2
NO ₂ +NO ₃	0,882±0,392	0,121±0,083	12,056±0,353	1,215±0,539	0,111±0,013	4,771±0,944	4,3	2,0	2,1
Si	1,463±0,174	0,832±0,205	2,638±0,604	1,951±0,201	1,680±0,198	4,357±0,179	1,6	2,7	0,6
DOP	0,023±0,004	0,012±0,007	0,029±0,024	0,021±0,003	0,018±0,004	0,013±0,003	0,02	0,02	0,0
DON	2,324±0,941	1,639±0,351	18,025±8,310	4,226±2,076	1,733±0,889	10,911±4,204	6,7	5,6	1,1

Позначення: SZ – зона заплеску, TW – тимчасові водойми, DW – дренажні води; Su – літо, Au – осінь, R – співвідношення середніх параметрів; HYDRO – гідродинаміка, % · h⁻¹; SO – коефіцієнт сортування; MDK – модуль крупності піску; GRAN – медіанний коефіцієнт; SILTY – мулиста фракція, %; CLS – об'єм найближчого життєвого простору; TOX – токсичність, %; SAL – солоність, ‰; TEM – температура, °C; DIP – неорганічний фосфор, мгP·л⁻¹; NH₃ – амоній, мгN·л⁻¹; NO₂ + NO₃ – нітрати та нітрити, мгN · л⁻¹; Si – кремній, мгSi·л⁻¹, DOP – фосфор, мгP·л⁻¹; DON – органічний азот, мгN·л⁻¹.

Влітку гідродинаміка в зоні заплеску була вищою (6%·год), ніж в інших біотопах (4,1%·год), а восени відрізнялася ще більше, досягаючи на деяких станціях 34%·год (табл. 2).

Протягом досліджень на Одеському узбережжі гранулометричний склад ґрунту (за модулем крупності піску) коливався в межах 2,6–6,0 MDK влітку та від 4,0–5,7 MDK восени. У тимчасових водоймах і в дренажних водах цей показник дуже мало відрізнявся в усі пори року (4,3–5,7 MDK), у зоні заплеску сильно коливався: 2,7–6,0 MDK влітку та 3,0–5,7 MDK восени.

Коефіцієнт сортування (SO) на всіх ділянках дещо відрізнявся (1,3–1,9) і свідчив про значне пляжне сортування, тобто спостерігалось переважання однієї з піщаних фракцій. За умови такого сортування медіанний коефіцієнт (GRAN) може безпосередньо характеризувати середній розмір піщинок. Він становив 0,12–1,30 влітку та 0,13–0,90 восени. Найнижчі значення середніх розмірів піщинок були характерними для тимчасових водойм та дренажних вод (0,25 і 0,29 відповідно). У зоні заплеску вони були трохи вищими (0,43). Діапазон змін цього показника в зоні заплеску становив 0,12–1,30, а в інших біотопах його верхня межа була в чотири рази менше – 0,15–0,37.

Високий вміст мулових фракцій спостерігався на всіх ділянках дренажних вод та тимчасових водойм і становив у середньому 34,9–36,4% влітку та 42,9–56,8% восени (табл. 2). На деяких ділянках у зоні заплеску внесок тонкої фракції також був високим (до 94,9% влітку та 83,8% восени), але на 35–45% ділянок її вміст був близьким до нуля.

Об'єм найближчого життєвого простору коливався у вузьких межах. Середні показники влітку в тимчасових водоймах (0,45) дещо перевищували показники в інших біотопах (0,41–0,43). Восени ця тенденція була характерною для зони заплеску (0,41), з нижчими значеннями на інших станціях (0,35–0,38).

Найвища токсичність у всі пори року була характерною для дренажних вод. В осінній період це було особливо помітно на станції Отрада, де вижило 7,9% випробовуваних організмів. Однак цього не спостерігалось тут влітку (90,0–97,5%). Токсичність дренажного стоку на ділянці Аркадія коливалася від 30,0 до 51,3%. Загалом вода різних біотопів характеризувалася низькою токсичністю (81,8–98,4%).

Найвищі показники солоності були властиві тимчасовим водоймам в усі сезони. Тут вона була на 1–4‰ вищою, ніж в інших біотопах. Ймовірно, це пов'язано з процесами випаровування (Perkins, 1974), оскільки в літні місяці різниця була вищою. Варто згадати, що зміна солоності пов'язана з відстанню від урізу води. На станціях Аркадія, Біостанція і Отрада на відстані 3–5 м від урізу води (еупсамон) солоність інтерстиціальної води коливалася від 2 до 8‰ влітку і на відстані 1–2 м від урізу (гідропсамон) –

від 3 до 9‰ восени. Ця різниця може бути обумовлена впливом прісної води дренажних вод (Аркадія, Отрада, Біостанція).

Дренажні води на станціях Аркадія та Отрада були прісними, з високим вмістом біогенних речовин (фосфатів, мінерального азоту, кремнію). Завдяки високій інтенсивності фізико-хімічних процесів у контурних зонах тут спостерігається підвищений вміст біогенних елементів, що є відмінною рисою цього середовища існування порівняно з товщею води. Так, порова (інтерстиціальна) вода має вищі концентрації біогенних мінеральних та органічних речовин, ніж морська. Ми відмічали підвищення вмісту цих речовин при віддаленні від урізу води. Наприклад, концентрація неорганічних сполук фосфору та азоту (DIP та NH_3) була вдвічі вищою на відстані 1 та 3 м від урізу відповідно (рис. 2) і для органічного азоту (DON) на відстані 1 м (рис. 3). Вміст кремнію та органічного фосфору (Si та DOP) був приблизно однаковим, вміст нітритів та нітратів (NO_2 та NO_3) – у 1,5 раза вищим на відстані 1 м, ніж на 0 або 3 м.

Концентрація мінерального фосфору становила від 0,01 до 0,25 $\text{мгP}\cdot\text{л}^{-1}$ та органічного – від 0,01 до 0,10 $\text{мгP}\cdot\text{л}^{-1}$. Вміст сполук азоту був значно вищим, особливо для нітратів та органічного азоту, діапазон значень яких становив відповідно 0,02–12,6 $\text{мгN}\cdot\text{л}^{-1}$ та 0,01–39,96 $\text{мгN}\cdot\text{л}^{-1}$. Концентрація розчиненого кремнію також була високою – 0,60–4,70 $\text{мг Si}\cdot\text{л}^{-1}$ (табл. 2).

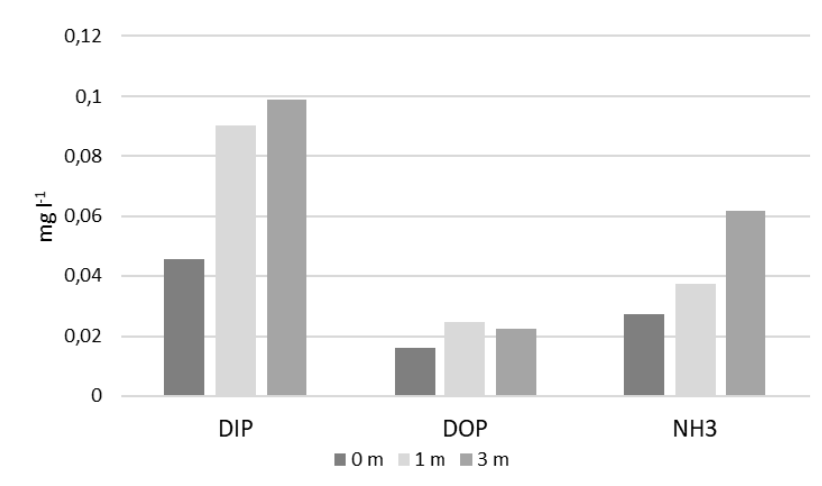


Рис. 2. Вміст біогенних елементів (фосфору та амонію) з віддаленням від урізу води

За нашими даними, найвищі концентрації нітратів, нітритів та кремнію спостерігалися в дренажних водах на станціях Аркадія та Отрада, найвищі концентрації органічного азоту – в зоні заплеску в Аркадії (11,7 $\text{мгN}\cdot\text{л}^{-1}$) та Біостанції (11,5 $\text{мгN}\cdot\text{л}^{-1}$), що свідчить про найбільший антропогенний вплив у цих районах. В інших біотопах вміст біогенних елементів

змінювався несуттєво. Найнижча їхня концентрація зареєстрована в Лузанівці, яка знаходиться в іншій частині затоки, на найвіддаленішій відстані від міста.

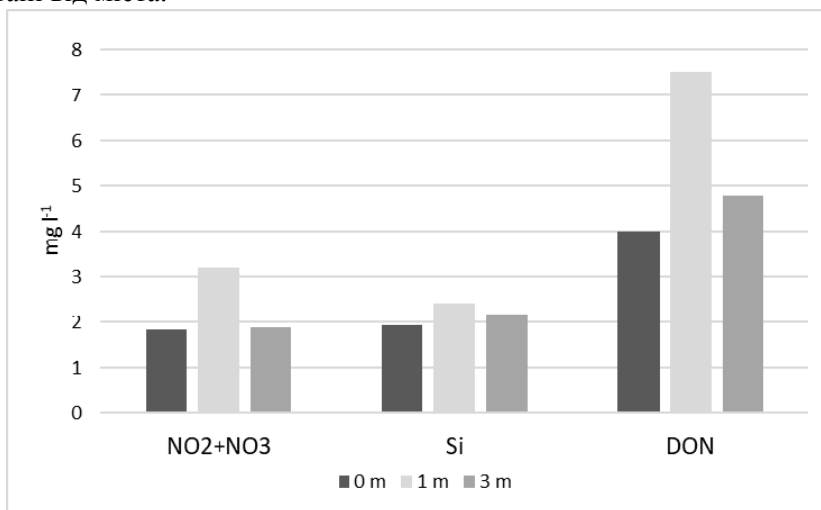


Рис. 3. Вміст біогенних елементів (нітратів, нітритів, кремнію, органічного азоту) з віддаленням від урізу води

Вміст нітратів та нітритів на узбережжі Одеської затоки влітку був у 2 рази вищим, ніж восени, а вміст органічного азоту – в 1,1 раза. Біля витоків дренажних вод у теплий період вміст амонію був вищим у 10 разів, нітратів, нітритів, органічного фосфору – втричі, органічного азоту – вдвічі. Навпаки, вміст кремнію в холодноводний період був удвічі вищим, ніж у тепловодний (див. табл. 2).

У зоні заплеску по сезонам змінювалася лише концентрація органічного азоту, зростаючи в 7 разів в осінній період. У тимчасових водоймах спостерігалися сезонні зміни мінерального фосфору, амонію та кремнію, що зростали в холодноводний період. Станції в зоні заплеску за відсутності впливу дренажного стоку (Біостанція, Лузанівка) мали відносно низький вміст поживних речовин (див. табл. 2), тимчасові водойми – найменший їхній вміст. Осінній період характеризувався низьким вмістом мінеральних елементів, зберігаючи той самий розподіл, що і влітку.

Мікроводорості

В угрупованні фітопсамону Одеської затоки виявлено 76 таксонів автотрофних організмів, з них 55 належать до *Bacillariophyta*, 3 – *Chlorophyta*, 2 – *Cryptophyta*, 3 – *Dinophyta*, 4 – *Euglenophyta* та 9 – *Cyanoprokaryota*.

Аналіз ССА включав 44 види, що зустрічаються щонайменше на 3–5 станціях (табл. 3). Більшість видів фітопсамону були епіпелльними (20 видів, або 39%) та епіпсамонними (14 видів, або 27%). Решта мікро-водоростей представлена епіфітними (11 видів, 14,5%) та планктонними (4 види, або 5,2 %). Деякі з них були постійним компонентом псамону: *Tabularia fasciculata* (C.Agardh) D.M.Williams et Round *Merismopedia punctata* Meyen. Їхній відсоток був вищим у теплу пору року порівняно із холодним періодом. Детальна класифікація водоростей псамону за еколого-біологічними характеристиками представлена раніше (Snigirova, 2015).

Серед 44 видів, які були включені в аналіз ССА, 25 траплялися в обидва сезони. Влітку зареєстровано 9 видів (*Achnanthes* sp., *Diatoma vulgaris* Bory, *Diploneis subadvena* Hust., *Entomoneis paludosa* (W.Sm.) Reimer, *Pleurosigma elongatum* (W.Sm.) van Heurk, *Tabularia fasciculata*, *Oscillatoria margaritifera* Kütz. ex Gomont), восени – 10 (*Amphora caroliniana* Giffen, *Hippodonta capitata* (Ehrenb.) Lange-Bert. et al., *Navicula cancellata* Donkin, *N. ramosissima* (C.Agardh) Cleve, *Navicula* sp. 5, *Planothidium* cf. *lanceolatum* (Bréb. ex Kütz.) Lange-Bert., *Pseudo-nitzschia seriata*, *Amphidinium* sp., *Prorocentrum* sp., *Phormidium nigroviride* (Thw. ex Gomont) Anagn. et Komárek).

Таблиця 3. Розподіл мікроводоростей фітопсамону (тис. кл.·см⁻², сер. знач.) в Одеській затоці в літній та осінній періоди

Таксон	Код	Осінь			Літо		
		SZ	TW	DW	SZ	TW	DW
<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh	Ach br	0,0	0,9	20,1	1,9	47,2	3333,5
<i>Achnanthes</i> sp.	Ach sp	0,5	2,4	2,7	1,1	10,5	1315,3
<i>Amphora caroliniana</i> Giffen	Am ca	1,4	36,5	9,2	0,0	127,5	0,0
<i>A. proteus</i> Greg.	Am pr	2,9	0,2	1,3	2,2	1,7	26,1
<i>Amphora</i> sp. 1	Am 1	1,4	16,3	26,7	1,1	125,7	492,5
<i>Amphora</i> sp. 2	Am 2	0,5	22,1	79,8	49,4	225,1	471,5
<i>Attheya decora</i> T.West	Att de	0,9	138,3	1,3	6,1	1,0	0,0
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenb.) Reimann et J.C.Lewin	Cy clost	9,7	3,1	6,6	68,9	146,6	214,8
<i>Diatoma vulgaris</i> Bory	Diat vu	3,0	73,4	3,0	2,3	293,4	0,0
<i>Diploneis subadvena</i> Hust.	Dipl sub	0,4	0,0	11,2	0,0	0,0	1908,9
<i>Entomoneis paludosa</i> (W.Sm.) Reimer	Ent pal	0,0	32,1	0,0	1,1	223,7	0,0

Genus et sp. Indet	Bac sp	1,1	1,9	0,0	0,0	61,1	0,0
<i>Halamphora coffeaeformis</i> (C.Agardh.) Levkov	Halam coff	0,8	25,4	7,9	3,8	113,6	10,5
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenb.) Lange-Bert. et al.	Hip cap	0,1	0,0	34,2	0,0	0,0	47,2
<i>Navicula cancellata</i> Donkin	Nav canc	6,9	4,3	0,0	11,4	0,0	0,0
<i>N. phylleptosoma</i> Lange-Bert.	Nav phyl	28,3	53,5	248,5	203,2	10,5	0,0
<i>N. pontica</i> (Mereschk.) A.Witkowski et al.	Nav pont	3,0	39,7	7,6	10,3	110,1	20,9
<i>N. ramosissima</i> (C.Agardh) Cleve	Nav ram	4,9	779,6	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>N. salinarum</i> Grunow	Nav sal	83,0	10142,8	5974,6	50,3	435,1	990,4
<i>Navicula</i> sp. 1	Nav 1	3,6	17,4	6,3	15,9	508,0	691,8
<i>Navicula</i> sp. 2	Nav 2	4,7	2,4	92,5	30,5	132,0	977,5
<i>Navicula</i> sp. 5	Nav 5	2,1	0,0	38,6	0,0	0,0	0,0
<i>Nitzschia hybrida</i> Grunow in Cleve et Grunow	Nit hy	1,8	45,3	17,4	1,1	0,0	20,8
<i>Nitzschia</i> sp.	Nit sp	0,0	0,0	0,0	2,7	1,6	2,8
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (W.Greg.) Kuntze	Plag lep	0,1	14,9	10,5	0,0	19,2	0,0
<i>Planothidium</i> cf. <i>lanceolatum</i> (Bréb. ex Kütz.) Lange-Bert.	Plan la	0,4	8,1	70,9	0,0	0,0	0,0
<i>P. delicatulum</i> (Kütz.) Round et Bukht.	Plan del	0,1	40,8	50,8	11,8	5,2	31,6
<i>Pleurosigma elongatum</i> (W.Sm.) van Heurk	Pleur el	0,0	2,1	0,0	3,4	83,8	73,4
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H.Perag.	Pseud se	24,4	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bert.	Rhoic abb	0,0	2,3	80,6	1,1	0,0	1829,2
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	Scel cost	197,7	24,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams et Round	Tab fasc	0,1	2,4	5,7	0,0	5,2	68,4
<i>Tryblionella acuminata</i> (W.Sm.) Grunow	Tryb ac	0,0	10,2	5,2	1,1	10,4	0,0
Genus et sp. Indet	Dino	15,3	32,4	14,8	93,3	3,5	0,0
<i>Amphidinium</i> sp.	Amphi sp	3,1	433,6	5,8	0,0	0,0	0,0
<i>Prorocentrum</i> sp.	Pror sp	3,0	0,0	81,2	0,0	31,4	0,0

Genus et sp. Indet	Cyan	22,9	14,3	32,3	68,6	76,9	120,6
<i>Aphanocapsa litoralis</i> (Hansg.) Komárek et Anagn.	Aph li	1,5	5,1	274,2	8,0	403,6	40927,8
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen	Meris pun	20,7	23,6	0,0	613,2	974,8	4764,2
<i>Oscillatoria margaritifera</i> Kütz. ex Gomont	Osc ma	0,0	1,2	0,0	1,1	57,7	0,0
<i>Phormidium nigroviride</i> (Thw. ex Gomont) Anagn. et Komárek	Phorm nv	0,5	0,0	122,8	0,0	47,2	62,7
<i>Clamidomonas</i> sp. 1	Chl 1	13,5	5,3	14,4	86,4	47,2	88,9
<i>Clamidomonas</i> sp. 2	Chl 2	1,4	35,8	16,9	42,9	58,8	94,3
<i>Cryptomonas</i> sp.	Crypt sp	1,8	32,1	0,0	53,7	60,9	10,5

П о з н а ч е н н я . TW – тимчасові водойми, SZ – зона заплеску, DW – дренажні води.

Проаналізовано розподіл мікрowodоростей у різних біотопах (табл. 4). У зоні заплеску переважали ціанопрокаріоти та криптофітові, у тимчасових водоймах – діатомові та динофлагеляти, а поблизу виходу дренажних вод – діатомові, зелені водорості та ціанопрокаріоти.

У зоні заплеску найпоширенішими були дрібні види (до 20 мкм) роду *Navicula* Bory de Saint-Vincent, а також планктонні види *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve та *Merismopedia punctata* Meyen.

Таблиця 4. Чисельність фітопсамону (тис. кл.·см⁻²) у різних біотопах Одеського узбережжя

Біотоп	min	max	середня
Зона заплеску	0,9	626,8	82,6
Тимчасові водойми	14,6	6672,4	767,2
Дренажні води	7,6	8504,2	1604,3

Основу комплексу домінуючих видів водоростей, що мешкають біля дренажних вод, складали 4 види діатомових (*Achnanthes brevipes* C.Agardh, *Diatoma tenue* C.Agardh, *D. vulgaris* Bory, *Rhoicosphenia abbreviata* (C.Agardh) Lange-Bert.), 1 вид ціанопрокаріот (*Aphanocapsa litoralis* (Hansg.) Komárek et Anagn.) та 1 вид зелених (*Desmodesmus communis* (E.Hegew.) E.Hegew.). Можливо, ці види можна розглядати як показники високого вмісту біогенних елементів, властивих цьому біотопу.

З іншого боку, є ряд мікрowodоростей, які не зустрічалися в дренажних водах. Це 7 видів *Bacillariophyta* (*Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve, *Cocconeis scutellum* Ehrenb., *Diploneis subadvena* Hust., *Entomoneis paludosa*

(W.Sm.) Reimer, *Navicula cancellata* Donkin, *Petroneis humerosa* (Brèb. ex W.Sm.) Stickle et D.G.Mann, *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve) та 1 вид ціанопротокіот (*Oscillatoria margaritifera* Kütz. ex Gomont).

У тимчасових водоймах спостерігалася висока середня чисельність кількох видів: *Navicula salinarum* Grunow (8,3 млн кл.·см⁻²), *Navicula ramosissima* (C.Agardh) Cleve (2 млн кл.·см⁻²), *Amphidinium* sp. (690 тис. кл.·см⁻²). Представники *Cyanoprokaryota* – *Merismopedia punctata* Meyen масово розвивалася як у зоні заплеску, так і в тимчасових водоймах (1 млн кл.·см⁻²), а *Phormidium nigroviride* (Thw. ex Gomont) Anagn. et Komárek – у тимчасових водоймах та поблизу дренажних вод (188 та 277 тис. кл.·см⁻² відповідно). Інші види – *Cylindrotheca closterium* (250 тис. кл.·см⁻²), *Attheya decora* T.West (185 тис. кл.·см⁻²) та *Chroococcus turgidus* (Kütz.) Nägeli (147 тис. кл.·см⁻²) – траплялися в тимчасових водоймах.

Крім того, ідентифіковано види, які не були масовими, але зафіксовані на більшості станцій. Серед них прикріплені до піщинок (епіпсамонні): *Attheya decora* T.West (1–139 тис. кл.·см⁻²), *Halimnion coffeaeformis* (C.Agardh.) Levkov (1–114), *Planorbulina delicatulum* (Kütz.) Round et Bukht. (5–51), *Nitzschia hybrida* Grunow in Cleve et Grunow (1–45), *Navicula pontica* (Mereschk.) A.Witkowski, Kulikovskiy, Nevrova et Lange-Bert. (1–440) та рухомі види (епіпелітні): *Cylindrotheca closterium* (3–214), *Entomoneis paludosa* (W.Sm.) Reimer (1–224), *Pleurosigma elongatum* (W.Sm.) van Heurk, (C.Agardh) D.M.Williams et Round (2–84) та *Plagiotropis lepidoptera* (W.Greg.) Kuntze (11–19 тис. кл.·см⁻²).

Аналіз даних

Результати дослідження представлені на ССА діаграмах (рис. 4, 5).

Вони базуються на чисельності мікроводоростей Одеського узбережжя та 14 екологічних параметрах (табл. 2). На них показані зміни в структурі угруповання між дослідженими станціями. Параметри середовища ординації представлені стрілками, що показують напрямок взаємодії з іншими факторами. Дані щодо чисельності мікроводоростей поділені на холодний і теплий періоди, тому фактор температури не включено в аналіз.

На діаграмах ССА показано різний вплив екологічних факторів щодо особливостей ґрунту. Модуль крупності піску (MDK) та медіанний коефіцієнт (GRAN) є найбільш значущими факторами, що описують характер ґрунту. Коефіцієнт сортування (SO) та об'єм найближчого життєвого простору CLS) менш значущі. Параметр, що характеризує вміст мулистої фракції (SILTY), протилежний переліченим гранулометричним параметрам, і ця залежність зберігається як у теплий, так і холодний періоди. Цікаво, що напрямок фактору SILTY пов'язаний не з розподілом певних видів чи типом біотопу, а з біогенними елементами, а саме вмістом нітратів та нітритів (NO₂ + NO₃).

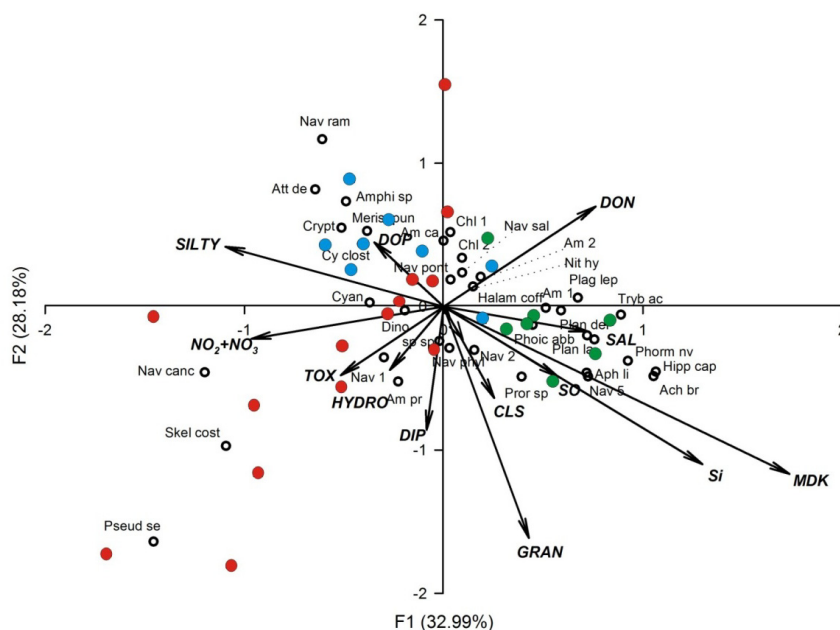


Рис. 4. Ординаційна діаграма за результатами CCA аналізу чисельності видів у холодноводний період. Значимість ефекту дванадцяти факторів середовища (див. табл. 2) перевірена тестом Монте-Карло (Monte-Carlo permutation test), $p < 0,0001$. Довжина та напрям стрілок вказують на відносну значимість та напрям змін факторів. Безбарвні кола – види мікрроводоростей, червоні – станції відбору проб в зоні заплеску, блакитні – в тимчасових водоймах, зелені – біля виходу дренажних вод. Перші дві осі представляють 64,31% сукупної обмеженої дисперсії. Розшифровка назв видів представлена в табл. 3

При аналізі діаграм ми не виявили явної залежності розподілу конкретних видів фітопсамону від екологічних параметрів, тому характеризуємо ступінь впливу досліджуваних факторів на угруповання в цілому. Слід зазначити, що існує певна закономірність розподілу мікрроводоростей псамону щодо досліджуваних біотопів в різні сезони. У холодноводний період гранулометричні коефіцієнти (MDK та GRAN), вміст кремнію (Si), органічного азоту (DON) та мулиста фракція піску (SILTY) були найважливішими факторами в усіх біотопах (див. рис. 4). Щодо особливостей різних біотопів відзначається такий розподіл факторів. На фітопсамон зони заплеску впливали неорганічні речовини ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$, DIP), токсичність (TOX) та гідродинаміка (HYDRO). Фітопсамон поблизу дренажних вод формувався під впливом органічного азоту (DON), кремнію (Si), модуля крупності піску (MDK), солоності (SAL), об'єму найближчого життєвого простору (CLS). Вміст органічного фосфору (DOP) впливав на угруповання мікрроводоростей псамону у тимчасових водоймах у холодний період. Характер впливу амонію слабкий у холодний період, тому на діаграмі не позначений.

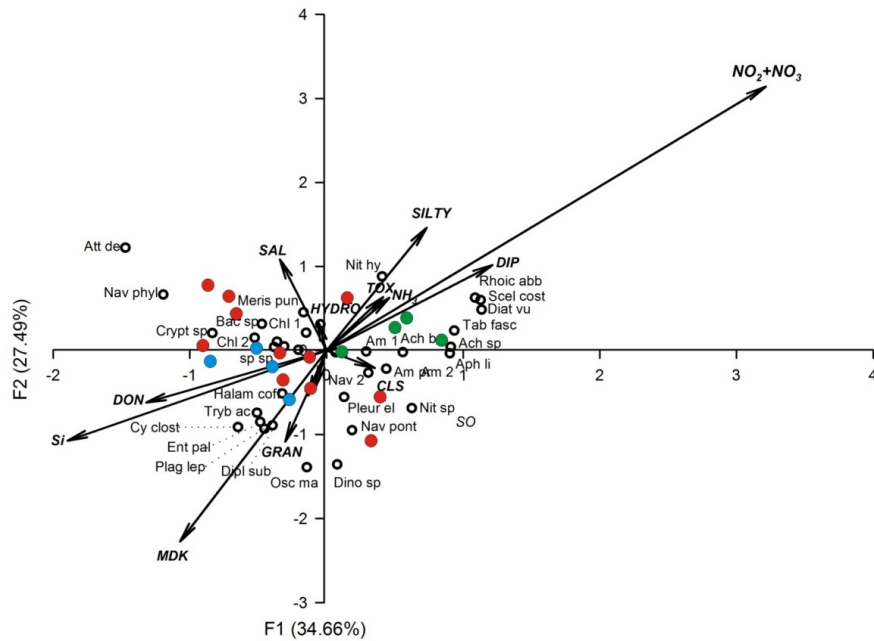


Рис. 5. Ординаційна діаграма за результатами ССА аналізу чисельності видів в тепловодний період. Значимість ефекту дванадцяти факторів середовища (див. табл. 2) перевірена тестом Монте-Карло (Monte-Carlo permutation test), $p < 0,0001$. Довжина та напрям стрілок вказують на відносну значимість та напрям змін факторів. Безбарвні кола – види мікроводоростей, червоні – станції відбору проб в зоні заплеску, блакитні – в тимчасових водоймах, зелені – біля виходу дренажних вод. Перші дві осі представляють 62,15% сукупної обмеженої дисперсії. Розшифровка назв видів представлена в табл. 3

У тепловодний період основну роль у формуванні фітопсамону відігравав вміст $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$, MDK та Si (рис. 5). Цей період припадає на кінець літа, коли мінеральні сполуки збагачують воду та сприяють росту мікроводоростей. У цей час відбувається друге «цвітіння» води та посилення розвитку мікрофітобентосу. Відомо, що значення вмісту нітратів зростає протягом літнього періоду (Jewson et al., 2006). Крім того, ми проаналізували зміни розміру клітин у різних біотопах (табл. 5). Наявність більших клітин мікроводоростей у дренажних водах та в зоні заплеску в теплий період також пояснюється високим вмістом біогенних речовин.

Взаємозв'язок параметрів навколишнього середовища з мікроводоростями конкретних біотопів менш помітний у теплий період: найбільш значущими факторами для зони заплеску та тимчасових водойм, крім згаданих вище, є органічний азот (DON), солоність (SAL) та медіанний коефіцієнт (GRAN). Розвиток фітопсамону поблизу дренажних

вод визначається неорганічним фосфором (DIP), мулистою фракцією (SILTY), вмістом амонію (NH_4), токсичністю (TOX). Фактори: об'єм найближчого життєвого простору (CLS), гідродинаміка (HYDRO), коефіцієнт сортування піску (SO) не є суттєвими (див. рис. 5).

Таблиця 5. Довжина клітин (мкм) водоростей фітопсамону в різних біотопах Одеського узбережжя в 2006–2007 рр.

Період	Зона заплеску	Тимчасові водойми	Дренажні води
Літо	16,01	18,02	22,22
Осінь	10,45	19,95	13,38

Існує кілька досліджень впливу розміру частинок піску на мікрофітобентос. У роботі М. Сабурової зі співавторами (2001) відзначено, що найменші (< 0,1 мм) і найбільші (> 1 мм) фракції піску більш суттєво впливають на розподіл мікрофітобентосу. За іншими даними, дрібна (0,25–0,10 мм) фракція піску виключно важлива для діатомових (Petrov, Nevrova, 2013), криптофітових водоростей та динофлагелят (Snigirova, 2013).

Автотрофні мешканці мулистих субстратів характеризуються ширшою екологічною пластичністю і здатні до існування в різних біотопах (Fundamentals..., 1979). Однак пісок є набагато суворішим середо-вищем (Round, 1965), а його мешканці потребують спеціальних пристосувань, їх нелегко знайти в мулових відкладах (Jewson et al., 2006). Можливо, цим пояснюється відсутність чіткої залежності епіпельних та епіпсамонних видів водоростей під впливом різних факторів. Іноді така термінологія не здається доречною з огляду на значний внесок фізичних факторів (Jonge, 1985). Загалом, індикаційні характеристики морських бентосних видів ще потрібно дослідити (Borja et al., 2013), зокрема для мікрофітобентосу Чорного моря (Nevrova et al., 2015; Varinova et al., 2019a, b).

У нашому дослідженні акцент зроблено на значенні гранулометричного складу ґрунту для мікрководоростей. Важливо було встановити, які з гранулометричних коефіцієнтів найбільше підходять для моніторингових досліджень. Традиційні геологічні коефіцієнти – SO, GRAN – відіграють допоміжну роль, оскільки безпосередньо описують відкладення, дають їхні геологічні характеристики, дозволяють ранжувати відносні розміри піщаних зерен пляжів. Однак в результаті аналізу ССА виявлено, що модуль крупності піску (MDK) є найважливішим з показників, що характеризують піщаний субстрат. Вплив цього фактору на фітопсамон не залежав від пори року.

Таблиця 6. Зміни розмірів фракцій піску на узбережжі Одеської затоки

Фракція	Медіанний коефіцієнт	Літо, %	Осінь, %
Дрібна	0,1–0,3	63,2	83,3
Середня	0,4–0,7	21,0	10,0
Крупна	0,8–1,3	15,8	6,6

Природні коливання гранулометричного складу піску притаманні пляжам узбережжя Одеської затоки. Середній розмір частинок піску становив 0,28–0,36 мм. Частка дрібнозернистого піску на вивчених станціях восени була значно вищою (83%), ніж влітку (63%) (табл. 6). Такі коливання, можливо, пояснюють виразніший вплив коефіцієнтів зернистості в холодний період, ніж у теплий, не зменшуючи значення розміру частинок піску для мікроводоростей. У літературі згадується важлива роль мікроводоростей пухких субстратів у продукційних процесах (Jewson et al., 2006).

Висновки

На основі оригінальних досліджень ми ранжували вивчені екологічні параметри за їхнім значенням у формуванні угруповань фітопсамону. Гранулометричний склад ґрунту та розчиненого кремнію (Si) є пріоритетними факторами, які не залежать від пори року та найактивніше впливають на псамофільні мікроводорості. У теплий період у разі високої інтенсивності процесів вміст нітратів та нітритів є найважливішим фактором, що визначає розподіл мікроводоростей на піщаному узбережжі. У холодний період цими факторами є органічний азот та мулиста фракція піску. Інші параметри менше впливають на формування угруповань мікроводоростей, але, безсумнівно, відіграють певну роль у цих процесах.

Список літератури

- Azovsky A.I., Chertoproud E.S., Saburova M.A., Polikarpov I.G. 2004. Spatio-temporal variability of micro- and meiobenthic communities in a White Sea intertidal sandflat. *Estuar., Coast. Shelf Sci.* 60(4): 663–671.
- Barinova S.S., Bilous O.P., Tsarenko P.M. 2019a. *Algal Indication of Water Bodies in Ukraine: Methods and Perspectives*. Haifa: Univ. Haifa Publ.
- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. 2006. *Biodiversity of algae-indicators of the environment*. Tel Aviv: PiliesStudio. 499 p. [Барінова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. *Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды*. Тель-Авив: PiliesStudio. 499 с.].

- Barinova S., Bondarenko A., Ryabushko L., Kapranov S. 2019b. Microphytobenthos as an indicator of water quality and organic pollution in the western coastal zone of the Sea of Azov. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 48: 21–35.
- Borja A., Elliott M., Andersen J.H., Cardoso A.C., Carstensen J., Ferreira J.G., Heiskanen A.-S., Marques J.C., Neto J.M., Teixeira H., Uusitalo L., Uyarra M.C., Zampoukas N. 2013. Good Environmental Status of marine ecosystems: what is it and how do we know when we have attained it? *Mar. Pollut. Bull.* 76(1–2): 16–27.
- Bukhtiyarova L.N. 1999. In: *Use of Algae for Monitoring Rivers*. Agence de l'Eau Artois-Picardie.
- Du G.Y., Son M., An S., Chung Ik K. 2010. Temporal variation in the vertical distribution of microphytobenthos in intertidal flats of the Nakdong River estuary, Korea. *Estuar., Coast. Shelf Sci.* 86(1): 62–70.
- Friedman G.M., Johnson K.G. 1982. *Exercises in Sedimentology*. New York: Wiley.
- Fundamentals of biological productivity of the Black Sea*. 1979. Kyiv. Naukova Dumka. 392 p. [Основы биологической продуктивности Черного моря. 1979. Киев: Наук. думка. 392 с.].
- Grasshoff K., Kremling K., Ehrhardt M. 1999. *Methods of seawater analysis*. Third, Completely Revised and Extended Edition. Basel: Verlag Chemie.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2021. *AlgaeBase*. World. electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway.
- Guslyakov N.Ye., Zakordonets O.A., Gerasimiyuk V.P. 1992. *Atlas of benthic diatoms of the north-western part of the Black Sea and adjoining reservoirs*. Kyiv: Naukova Dumka. 112 p. [Гусляков Н.Е., Закардонетс О.А., Герасимюк В.П. 1992. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов. Киев: Наук. думка. 112 с.].
- Jewson D.H., Lowry S.F., Bowen R. 2006. Co-existence of and survival of diatoms on sand grains. *Eur. J. Phycol.* 41(2): 131–146.
- Jonge V.N. 1985. The occurrence of epipsammic diatom populations: a result of interaction between physical sorting of sediment and certain properties of diatom species. *Estuar., Coast. Shelf Sci.* 21: 607–622.
- Kalinowska K. 2008. Psammon ciliates: diversity and abundance in hygroarenal of eutrophic lake. *Pol. J. Ecol.* 56: 259–271.
- Khailov K.M., Prazukin A.V., Rabinovich M.A., Chepurnov V.A. 1994. Connection of biological parameters of plant growth with physical parameters of experimental “reef” constructions in the eutrophic marine area. *Water Res.* 21(2): 166–175. [Хайлов К.М., Празукин А.В., Рабинович М.А., Чепурнов В.А. 1994. Связь биологических параметров фито-обрастания с физическими параметрами экспериментальных «рифовых» конструкций в евтрофируемой морской акватории. *Вод. ресурсы*. 21(2): 166–175].
- Kovtun O.A. 2012. *Phytobenthos of the Tiligul Estuary (Black Sea, Ukraine)*. Saarbrücken, Deutschland: LAP Lambert Acad. Publ., AV Akademikerverlang GmbH Co. KG. 360 p.
- Krakhmalnyi A.F. 2010. *Dinophyte algae of Ukraine (illustrated guide)*. Kyiv: Alterpress. 444 p. [Крахмальний А.Ф. 2010. Динофитовые водоросли Украины (Иллюстрированный определитель). Киев: Альтерпресс. 444 с.].

- Krumbein W.C., Pettijohn F.J. 1938. *Manual of Sedimentary Petrography*. New York: Appleton-Century-Crofts. 549 p.
- Legendre L., Demers S., LeFaivre D. 1986. *Marine interfaces ecohydrodynamics*. Amsterdam: Elsevier. 29 p.
- McIntyre A.D. 1969. Ecology of marine meiobenthos. *Biol. Rev.* 44(2): 245–288.
- McLachlan A., Brown A.C. 2006. *The Ecology of Sandy Shores*. Elsevier Inc. 392 p.
- Meadows P.S., Anderson J.G. 1968. Microorganisms attached to marine sand grains. *J. Mar. Biol. Assess. U.K.* 48: 161–175.
- Mitbavkar S., Anil A. 2002. Diatoms of the microphytobenthic community: population structure in a tropical intertidal sand flat. *Mar. Biol.* 140(1): 41–57.
- Muus B.I. 1968. A field method for measuring “exposure” by means of plaster balls. *Sarsia*. 34: 61–68.
- Nevrova E.L., Petrov A.N. 2008. In: *Microalgae of the Black Sea: problems of biodiversity conservation and biotechnological use*. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika. Pp. 60–85. [Неврова Е.Л., Петров А.Н. 2008. Таксономическое разнообразие диатомовых бентоса Черного моря. В кн.: *Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. С. 60–85].
- Nevrova E.L., Snigireva A.A., Petrov A.N., Kovalova G.V. 2015. *Guidelines for the Study of Marine Microphytobenthos and its Application for Environmental Quality Control*. Sevastopol: Orianda. 176 p. [Неврова Е.Л., Снигирева А.А., Петров А.Н., Ковалева Г.В. 2015. *Руководство по изучению морского микрофитобентоса и его применению для контроля качества среды*. Севастополь: Орианда. 176 с.].
- Park R.A. 1988. Ecology of epipelagic diatoms. In: *Abstracts of 10th International Symposium on Living and Fossil Diatoms*. Huhmari: Univ. Joensuu. P. 76.
- Petrov A.N., Nevrova E.L. 2013. Prognostic estimation of species richness of benthic *Bacillariophyta*. *Int. J. Algae*. 15(1): 5–25. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v15.i1.10>
- Remane A. 1959. *Die Interstitielle Fauna des Meeressandes: Proc. XV Int. Cong. Zool.* Pp. 320–323.
- Romaní A.M., Sabater S. 2001. Structure and activity of rock and sand biofilms in a Mediterranean stream. *Ecology*. 82: 3232–3245.
- Round F.E. 1965. The epipsammon: a relatively unknown freshwater algal association. *Br. Phycol. Bull.* 6: 456–462.
- Saburova M.A., Polikarpov I.G., Burkovsky I.V., Mazei Iu.A. 2001. Macro-scale distribution of interstitial microphytobenthos in the estuary of the Chernaya River (Kandalaksha Gulf, White Sea). *Ekol. Morya*. 58: 7–12. [Сабунова М.А. Поликарпов И.Г., Бурковский И.В., Мазей Ю.А. 2001. Макромасштабное распределение интерстициального микрофитобентоса в эстуарии реки Черной (Кандалакшский залив, Белое море). *Экол. моря*. 58: 7–12].
- Snigirova A. 2013. Benthic microalgae under the influence of beach nourishment in the Gulf of Odessa (the Black Sea). *Bot. Lith.* 19(2): 120–128.
- Snigirova A.A. 2015. Ecological and biological peculiarities of psammon microalgae of the Gulf of Odessa (the Black Sea). *Bull. ONU*. 20(1): 137–150. [Снигирева А.А. 2015. Эколого-

- биологическая характеристика псамофильных микроводорослей Одесского залива (Черное море). *Вісн. ОНУ*. 20(1): 137–150].
- Snigirova A.A., Kovaleva G.V. 2015. Diatom algae of sandy spits of the northwestern part of the Black Sea (Ukraine). *Int. J. Algae*. 17(2): 107–130.
<https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v17.i2.10>
- Snøeijls P. 1993. *Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea*. Vol. 1. Uppsala: Opulus Press. 129 p.
- Snøeijls P., Vilbaste S. 1994. *Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea*. Vol. 2. Uppsala: Opulus Press. 125 p.
- Snøeijls P., Potapova M. 1995. *Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea*. Vol. 3. Uppsala: Opulus Press. 126 p.
- Snøeijls P., Kasperoviciene J. 1996. *Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea*. Vol. 4. Uppsala: Opulus Press. 126 p.
- Sunbäck K. 1987. The epipsammic marine diatom *Opephora olsenii* Møller. *Diatom Res.* 2(2): 241–249.
- Sunbäck K., Medlin L.K. 1986. A light and electron microscopis study of the epipsammic diatom *Catenula adhaerens* Mereschowsky. *Diatom Res.* 1(2): 283–290.
- Tsarenko P.M. 1990. *Brief guide to Chlorococcal algae of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Naukova Dumka. 208 p. [Царенко П.М. 1990. *Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР*. Киев: Наук. думка. 208 с.].
- Vernadsky V.I. 1965. *Chemical structure of the Earth's biosphere and its environment*. Moscow: Science. 175 p. [Вернадский В.И. 1965. *Химическое строение биосферы Земли и ее окружение*. М.: Наука. 175 с.].
- Vilbaste S. 2001. Benthic diatom communities in Estonian Rivers. *Boreal Environ. Res.* 6: 191–203.
- Vinogradov K.A. 1971. In: *Problems of marine biology*. Kyiv: Naukova Dumka. Pp. 218–222. [Виноградов А.К. 1971. К проблеме контактных зон моря. В кн.: *Проблемы морской биологии*. Киев: Наук. думка. С. 218–222].
- Vorobyova L.V., Zaitsev Yu.P., Kulakova I.I. 1992. *Interstitial meiofauna of sandy beaches of the Black Sea*. Kiev: Naukova Dumka. 144 p. [Воробьева Л.В., Зайцев Ю.П., Кулакова И.И. 1992. *Интерстициальная мейофауна песчаных пляжей Черного моря*. Киев: Наук. думка. 144 с.].
- Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 2000. Diatom flora of marine coasts. *Iconograph. Diatomol.* Issue 7. Ruggell: A.R.G. Gantner. 925 p.
- Zaitsev Yu. 2012a. A key role of sandy beaches in the marine environment. *J. Black Sea/Mediterr. Environ.* 18(2): 114–127.
- Zaitsev Yu.P. 2012b. Major Accumulations of Life and Main “Pain Points” in the Seas and Oceans. *J. Environ. Sci. Engineer.* 1(7A): 886–897.
- Zaitsev Yu., Mamaev V. 1997. *Marine biological diversity in the Black Sea. A study of change and decline*. New York: Unit. Nat. Publ. 208 p.

Підписав до друку П.М. Царенко

Snigirova A.O.¹, Silantyev S.O.², Goncharov O.Yu.³, Koshelev O.V.¹. 2021. **Epipellic and epipsammic microalgae responses to environmental parameters: the Black Sea case study (the Gulf of Odesa, Ukraine)**. *Alglogia*. 31(3): 228–248

¹ Institute of Marine Biology NAS of Ukraine,
Pushkinska Str., 37, Odesa 65048, Ukraine

² Rowett Institute, University of Aberdeen,
Ashgrove Road West, Aberdeen AB25 2ZD, UK

³ Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea,
Frantsuzsky Blvd., 89, Odesa 65009, Ukraine

In spite of relatively frequent studies of the influence of environmental parameters on the microalgae communities, the processes that occur in the sandy littoral in the Black Sea region seeks for additional research. The aim of this paper was to range the environmental factors in relation to algal sandy communities and show the interaction between microalgae abundance and 14 environmental factors during field multifactoral experiment: 5 parameters describing sand grain composition, nutrients, temperature and salinity of water, hydrodynamics and water toxicity. The species composition of epipellic and epipsammic microalgae and their distribution in different habitats in summer and autumn periods were analysed. The priority factor for psammon algal community in any season is size of sand grains and siliceous oxide. Other variables depend on the season: while in summer, mineral nitrogen (nitrates and nitrites) effects the microphytes more intensively than others, in autumn it is replaced by organic nitrogen and silty fraction.

Key words: splash zone, epipsammic, epipellic microalgae, environmental factors, particle size, sandy beaches, the Black Sea

Склад і розподіл макрофітобентосу біля берегів півострова Тарханкут (Чорне море, Крим)

Садогурський С.Ю., Садогурська С.О., Беліч Т.В.

Нікітський ботанічний сад – Національний науковий центр,
смт Нікіта, Ялта 98648, Крим
ssadogurskij@gmail.com

Надійшла до редакції 19.07.2021. Після доопрацювання 02.08.2021. Підписана до друку 19.08.2021.
Опублікована 22.09.2021

Реферат. Представлено дані про склад і розподіл макрофітобентосу морських і лагунних акваторій ділянки берегової зони Чорного моря на заході п-ва Тарханкут у літній період. Показано, що наявність і загальний характер рослинного покриву визначаються типом субстрату. У морі, де гідрологічні показники відносно однорідні, видовий склад і співвідношення еколого-флористичних груп макрофітів змінюються з віддаленням від берега і вздовж нього залежно від глибини і особливостей геоморфології окремих фрагментів берегової зони. В лагуні співвідношення таких груп змінюється уздовж комплексного градієнта факторів середовища, що формується підземним стоком прісних і морських вод. У межах обстеженої ділянки зареєстровано 91 вид макрофітів: *Tracheophyta* – 1 (1,1%), *Chlorophyta* – 23 (25,3%), *Ochrophyta (Phaeophyceae)* – 21 (23,1%) і *Rhodophyta* – 46 (50,5%). З них у морі відмічено 87 видів (у т.ч. 44 у псевдоліторалі і 81 у субліторалі), при цьому макрофітобентос має виражений морський олігосапробний характер. За кількістю видів домінують коротковегетуючі *Rhodophyta*, за біомасою, що досягає $1 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$ у псевдоліторалі і майже $7 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$ в субліторалі, – багаторічні *Phaeophyceae*. В лагуні відмічено 18 видів макрофітів (4 тільки в ній); за кількістю видів домінують мезосапробні коротковегетуючі *Rhodophyta*, морські й солонуватоводноморські макрофіти представлені порівну. За біомасою, що варіює в межах $0,04\text{--}1,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$, переважають полісапробні багаторічні *Tracheophyta*, що належать до морської групи. На момент проведення досліджень макрофітобентос акваторій обстеженої ділянки вирізнявся високими продукційними показниками, видовим та ценотичним різноманіттям. Були зареєстровані таксони і оселища, які підлягають особливій охороні в рамках регіональних і міжнародних програм. В цілому характер рослинності, склад флори і співвідношення основних еколого-флористичних показників відповідають визначеним для Тарханкутсько-Севастопольського гідроботанічного району Чорного моря. З огляду на соціологічну цінність, аквальний компонент територіально-аквального комплексу рекомендовано до заповідання і включення до структур екологічних мереж, у т.ч. до Emerald Network. З посиленням антропогенного навантаження і загрозою трансформації берегової зони ще більш

© Садогурський С.Ю., Садогурська С.О., Беліч Т.В., 2021

актуальною стає проблема його збереження як одного з ключових резерватів флористичного та біотопічного різноманіття прибережно-морських акваторій Північного Причорномор'я.

Ключові слова: Чорне море, Крим, п-ів Тарханкут, макрофітобентос, видовий склад, структура, розподіл, збереження

Вступ

Азово-Чорноморський регіон, як і інші регіони, розташовані уздовж морських і океанічних берегів, належить до найбільш трансформованих в Європі. Обумовлено це не тільки високою концентрацією населення, промислового і аграрного виробництва, транспортної інфраструктури, а й колосальним об'ємом різних поллютантів, що з третини субконтиненту потрапляють до майже замкнутого басейну. Це вкрай негативно впливає на рівень і розподіл біологічного різноманіття і, нарешті, на якість життя людей. Тому активізація і інтернаціоналізація природоохоронних процесів цілком закономірні. Їхня ефективність значною мірою залежить від підходу, який визначає концентрацію уваги та ресурсів. Виділення елементів екологічних мереж з подальшою їхньою інтеграцією в загальну наднаціональну структуру – основа сучасної природоохоронної стратегії в Європі (Emerald Network..., 2021). При цьому саме в береговій зоні моря трансформовані й природні ділянки примикають найбільш щільно одна до одної, а специфіка водного середовища лише підсилює їхній взаємозв'язок і взаємозалежність. Тому для прибережно-морських ділянок концепція екомережі є оптимальною. В їхніх межах прилеглі територіальні та аквальні компоненти утворюють різні за масштабами, але структурно і функціонально нероздільні територіально-аквальні комплекси. Саме вони мають становити основу будь-яких елементів екомереж у береговій зоні моря (Sadogurskiy et al., 2013, 2016, 2017a, b). У пріоритеті природні і слабо трансформовані територіально-аквальні комплекси, що претендують на роль ключових елементів. WWF і IUCN розглядають Крим як один із світових центрів природного фіторізноманіття (Johnson, 1995), втім навіть на цьому тлі Тарханкутський півострів вирізняється високим рівнем і природністю біологічного та ландшафтного різноманіття. Це визначає його виняткове соціологічне значення, але має також зворотний бік: район визнаний прихильниками неорганізованого і екстремального відпочинку. В останні роки процес формування рекреаційно-туристичної інфраструктури набув індустріального масштабу, тому проблема збереження природи Тарханкуту стає дедалі актуальнішою. Виявлення складу, структури і розподілу біорізноманіття – фундаментальний етап будь-яких природоохоронних проєктів, у т.ч. пов'язаних з виділенням елементів екомереж. І аквальні компоненти територіально-аквальних комплексів у цьому аспекті зазвичай найменш вивчені. Повною мірою це стосується протяжної і неоднорідної берегової зони Тарханкуту. Так, відомості про макрофітобентос –

автотрофну ланку, яка визначає конфігурацію, межі і навіть саме існування донних біогеоценозів, донині досить фрагментарні (Maslov, 2001; Milchakova et al., 2010; Sadogurska, 2017).

У зв'язку з цим ми виконали комплексне гідроботанічне обстеження аквальної (прибережно-морських і лагунних) компонентів територіально-аквального комплексу, розташованого на заході Тарханкуту. Раніше були представлені окремі етапи цього дослідження (Sadogurskiy, 2013, 2017, 2018, 2020; Sadogurskiy et al., 2016). В даній публікації узагальнюються його підсумки.

Тарханкутський півострів з точки зору геології є пологим валом з абсолютними висотами до 180 м, що утворився внаслідок тектонічного підняття. Він сформований шаром вапняків переважно сарматського і меотичного ярусів з прошарками глин, пісків і галечників (Yudin, 2013). Геоморфологія берегів надзвичайно різноманітна. На крайньому заході скельні миси Карамрун і Тарханкут замикають Караджинську бухту, яка й дала назву цій великій ділянці берегової зони (рис. 1, а).

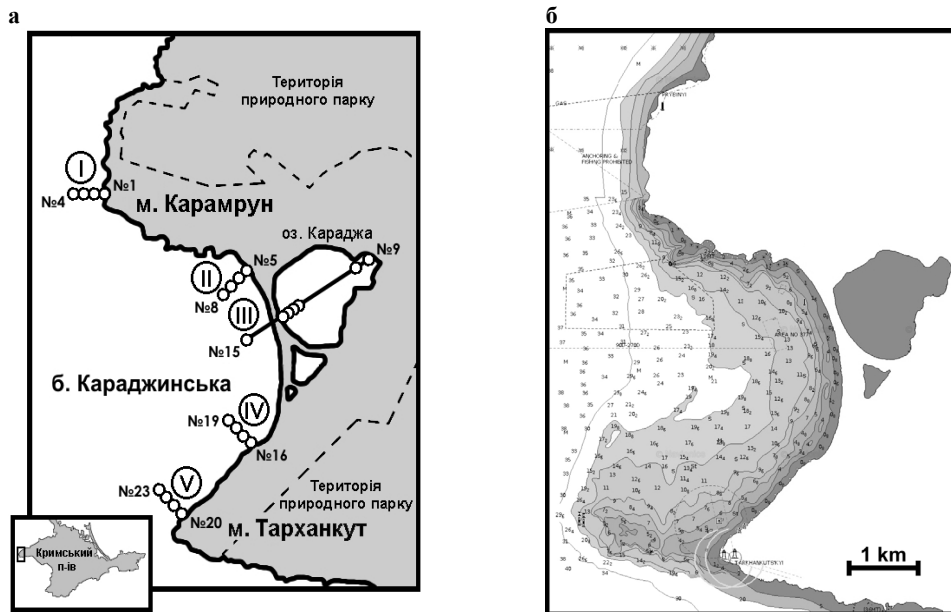


Рис. 1. Район досліджень: а – картосхема Караджинської ділянки п-ва Тарханкут: I–V – пункти/гідроботанічні розрізи, № 1–23 – номери крайніх станцій для кожного розрізу; б – батиметрична карта прибережно-морської акваторії обстеженої ділянки: відтінками сірого позначено глибини від 0 до 20 м (за <https://webapp.navionics.com/>)

На суші депресію бухти продовжують солоне лагунне оз. Караджа (Лиман) і прилеглі до нього з півдня невеликі водойми – Великий Кипчак і Малий Кипчак (Тарханкутська група). Їх відокремлює від моря акумулятивний пересип, що утворює східний берег бухти, облямований

широким пляжем (Zenkovich, 1960). Пересип, завдовжки 1 км, завширшки до 400 м і заввишки майже 1,5 м н.р.м., складений оолітовими вапняковими пісками з домішками битих мушель, виявляє ознаки поступового зміщення в бік суші. Озеро Караджа має площу 1,3–1,4 км² і максимальну глибину близько 2 м, яка що реєструється на відстані 150–170 м від пересипу (при цьому уздовж його підводного черепашково-піщаного схилу простежуються два паралельні вали). Далі мулисте дно підвищується в бік верхів'я балки. Площа водозбору озера 67 км², значну роль в його живленні відіграють підземні води, в меншій мірі – поверхневі (дощові і талі) (Kurnakov et al., 1936). Живлення морськими водами відбувається шляхом штормового перекиду (іноді через тимчасові протоки) та шляхом фільтрації, тому рівень води нестабільний і часом перевищує рівень моря, що викликає зворотну фільтрацію ропи до моря та іноді паводкові прориви пересипу. Взаємозв'язок моря та озера обумовлює те, що хімічний склад ропи подібний до морського, а солоність зазвичай не набуває екстремальних значень (крім Б. і М. Кипчаків, які під час спостережень були сухими). Пологе дно бухти вкрите пухкими відкладами, подібними до тих, що формують пересип. Її північний і південний береги біля мисів абразійні і складені щільними вапняками, а поблизу примикання пересипу спостерігаються фрагменти відмерлого кліфу.

На півночі ділянки біля м. Карамрун прибережні обриви з активними кліфами подекуди сягають 30 м висоти і дрібнобухтовий берег практично не має "кишенькових" пляжів. Бічна грань скельної плити тут круто знижується від самого берега, тому дно приглубе, а ширина підводного бенчу, вкритого бриловим і брилово-валунним навалом, становить лише 200–250 м (рис. 1, б). У той же час біля м. Тарханкут до кліфу, що має висоту 1,5–2,0 м і незначний уступ розмиву, примикає великий пологий вапняковий бенч. Він формує над водою відносно вузький пляж, а під водою – низку широких плоских сходин. Фрагменти валунних скупчень з'являються на його рівній поверхні лише на глибині 4–7 м, а бічна грань віддалена на 1,5–2 км від берега. Від підніжжя скельної плити вздовж позначки 20–25 м дно навпроти обох мисів продовжує знижуватися і на глибині 35–40 м переходить до шельфової рівнини. Вона вкрита пухкими відкладами, подібними до тих, що формують дно бухти (Зенкович, 1960). Головне джерело їх надходження – донна абразія, адже абразія прибережних скель незначна (до 0,1–0,2 м/рік) (Dzens-Litovskiy, 1955; Goryachkin, Ivanov, 2010; The current..., 2015). Прибережні води біля берегів п-ва Тарханкут через активну хвильову діяльність й наявність уздовжберегових течій (до 0,25–0,30 м/с) дуже динамічні (Markova, 2009). За нашими спостереженнями, якщо над приглубим дном біля м. Карамрун трансформація прибіжних хвиль відбувається біля самого берега, то південніше над пологим дном деформації профілю і забурунення хвиль починаються на значній відстані. Насамперед це спостерігається навпроти м. Тарханкут. У літній період в обстеженому

районі домінують вітри західних, північних і північно-західних румбів. Середні багаторічні значення показників для липня становлять: температура води 19,8 °C (середньорічні коливання 4,8–21,6 °C), мінералізація – 17,47 г·л⁻¹ (річні коливання 17,21–17,55 г·л⁻¹) (Hydrometeorology..., 1991).

Караджинська ділянка розташована між двома кластерами природного парку (з 2009 р. Національний природний парк «Чарівна Гавань»; з 2015 р. донині за фактом – природний парк регіонального значення «Тарханкутський»), але природоохоронного статусу він не має. Зі сходу парку примикає с. Оленівка.

Матеріали та методи

Гідроботанічне обстеження ділянки берегової зони Чорного моря протяжністю 10 км уздовж урізу води (див. рис. 1) виконано влітку 2012 р. за загальноприйнятими методиками з використанням легководолазного спорядження (Kalugina, 1969; Kalugina-Gutnik, 1975). Місцезнаходження та основні гідрологічні параметри пунктів (профілів) і станцій представлені в табл. 1. Мінералізацію води визначали шляхом випарювання за сухим залишком, висušеним до постійної маси при температурі 105 °C. У псевдоліторалі на кожній станції відбирали 10 проб макрофітобентосу рамкою площею 0,01 м², у субліторалі – п'ять проб рамкою площею 0,04 м². Візуальне (без відбору проб) обстеження дна виконано до глибини 12 м (тах 14). Таким чином, станції і візуальні спостереження охоплюють всі зони бенталі й більшу частину спектру глибин, де в обстеженому районі реєструється макрофітобентос.

Об'єкт дослідження – бентосні макрофіти. Номенклатура представників відділів *Chlorophyta*, *Ochrophyta* (*Phaeophyceae*), *Rhodophyta* і *Tracheophyta* представлена за «AlgaeBase» (Guiry, Guiry, 2021); імена авторів таксонів – в стандартному скороченні згідно з рекомендаціями IPNI (Authors..., 2001; The International..., 2021). За потреби додатково приведені номенклатурні комбінації за визначником А.Д. Зінової (1967), який був базовим при ідентифікації макроводоростей. Еколого-флористичні характеристики водоростей наведені за А.А. Калугіною-Гутник (1975); сапробіологічна і галобна характеристики – за неопублікованими даними А.А. Калугіної-Гутник та Т.І. Єрьоменко¹.

¹ Еколого-флористичні шкали А.А. Калугіної-Гутник та Т.І. Єрьоменко не містять відомостей про представників *Tracheophyta*. *Ruppia maritima* витримує широкі діапазони значень і осмотичного, і рапінного факторів, тому в огляді Kantrud'a таксон охарактеризований як «солестійка прісноводна рослина» (Kantrud, 1991). Зважаючи на широке поширення *R. maritima* в високомінералізованих і евтрофованих водах (та відсутність у згаданих шкалах еврибонтних градацій), ми відносимо її за галобністю до морської групи, а за сапробністю – до полісапробів (Sadogurskiy, Belich, 2003).

Таблиця 1. Характеристика пунктів відбору проб у морських і лагунних акваторіях Караджинської ділянки п-ва Тарханкут (пункти/профілі I–V, станції № 1–23)

Пара- метри	I				II			
	м. Карамрун				б. Караджинська (північ)			
	ПСЛ	СБЛ			ПСЛ	СБЛ		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
h , м	±0,15	1	3	5–6	± 0,3	1,5	3,0	5,0
l , м	0	5–15	50–70	130–150	0	100–120	190–210	280–300
M , г·л ⁻¹	17,6				17,4			
t , °C	22,5				22,5			
GC	45°23'28,5"N 32°28'50,5"E				45°22'54,9"N 32°30'31,3"E			
	III							
	оз. Караджа							б. Карад- жинська (центр)
	СБЛ							
	№ 9	№ 10	№ 11	№ 12	№ 13	№ 14	№ 15	
h , м	0,2–0,4	0,5–0,7	1,5	1,0	0,5	0,1–0,2	3,0	
l , м	15–30	100–150	100	30–40	15–20	1–2	200	
M , г·л ⁻¹	29,2		36,4				17,4	
t , °C	30,1		26,3				22,5	
GC	45 ° 22'29,3 "N 32 ° 30'49,1" E							
	IV				V			
	б. Караджинська (південь)				м. Тарханкут			
	ПСЛ	СБЛ			ПСЛ	СБЛ		
	№ 16	№ 17	№ 18	№ 19	№ 20	№ 21	№ 22	№ 23
h , м	0,05–0,15	1	3	5	±0,05–0,10	1	3	5
l , м	0	25–30	100–120	250–300	0	25–35	100–120	270–300
M , г·л ⁻¹	17,5				17,5			
t , °C	22,5				22,0			
GC	45°21'33,2"N 32°30'35"E				45°20'59,0"N 32°29'44,0"E			

Параметри: h – глибина; l – відстань від урізу води; M – мінералізація води; t – температура поверхневого шару води (у морі – на відстані 5 м від урізу води), GC – географічні координати точки перетину профілем лінії урізу води (координати Google). ПСЛ – псевдолітораль, СБЛ – сублітораль. Для ПСЛ h – в межах вертикального діапазону згінно-нагінних коливань рівня води. Для станцій, що розташовані в озері, відстань (l) дано: для № 9, 10 – від континентального берега, для № 11–14 – від берега пересипу. Інформацію про лагунну акваторію виокремлено контрастною заливкою.

Проективне покриття (ПП) встановлювали окомірно, середню біомасу (БМ)² – для кожного виду окремо; яруси в угрупованнях виділяли за

² Для кожного таксона показники біомаси (сира вага) і результати статистичної обробки наводилися в публікаціях, присвячених фітобентосу окремих пунктів Караджинської ділян-

аспективними видам з урахуванням БМ, висоту рослинного покриву (ВР) характеризували за середніми значеннями довжини таломів (або пагонів) видів-домінантів верхнього ярусу.

Результати та обговорення

Обстеження акваторій, локалізованих у береговій зоні Караджинської ділянки, показало такі результати.

У **прибережній морській акваторії** рослинний покрив **псевдоліторалі** – найверхньої зони бенталі, де зареєстровані макрофіти³, – досить неоднорідний. Біля м. Карамрун (I – № 1) на поверхні абразійних ніш і брилово-валунних навалів, які облямовують відкритий приглибий берег, зафіксовано двоярусне полідомінантне угруповання *Palisada perforata* + *Nemalion elminthoides* – *Jania virgata* + *Cladophora sericea*. Воно формує пояс 0,3–0,5 м завширшки при ВР до 10–12 см, в якому відмічені максимальні показники ПП, БМ і кількості видів (КВ) для псевдоліторалі всього обстеженого району (табл. 2). Рослинний покрив псевдоліторалі лише зрідка формує виражені яруси, набагато частіше він демонструє досить чітку диференціацію на дві підзони (Sadogurskiy, 2007). Втім останнє більш характерне для районів зі значними згінно-нагінними коливаннями рівня, які біля берегів Тарханкута незначні. Південніше, на периферії (по обидва боки) Караджинської бухти, на фрагментах валунного навалу і абразійної ніші поясом завширшки 0,1–0,3 м розвиваються угруповання *Cladophora sericea* + *Ceramium ciliatum* (II – № 5) і *Cladophora sericea* + *Ulva linza* (IV – № 16). Вони характеризуються помірними значеннями основних кількісних показників, ярусність не виражена, але навіть в II – № 5 аспект формують представники *Chlorophyta*, бо при ВР до 5–7 см таломи кладофори лише на 7–10 мм крупніші за таломи цераміуму, що створює своєрідне темне «підшерстя» (див. табл. 2). Ще південніше, біля м. Тарханкут (V – № 20), структура псевдоліторальної рослинності порівняно з прилеглою периферичною частиною бухти (IV – № 16) ще більше спрощується. На ділянках пологого валунного пляжу і фрагментах абразійної ніші невисоких уступів, що окантовують широкий підводний бенч, монодомінантне угруповання *Ulva linza* утворює нерівний вузький (0,1–0,2 м) пояс з тією ж ВР (5–7 см). У ньому відмічені мінімальні для морської псевдоліторалі району показники БМ і КВ (див. табл. 2). Таким чином, всупереч очікуванням рослинний покрив псевдоліторалі замикаючих мисів (I і V) різний, а вздовж узбережжя з півночі на південь простежується посту-

ки (Sadogurskiy, 2013, 2017, 2018, 2020; Sadogurskiy et al., 2016). В даній роботі ми їх не дублюємо.

³ З огляду на морфологію берега, можна передбачити підйом макрофітів до супраліторалі біля м. Карамрун та в подібних місцях взимку, як це відбувається, наприклад, на Південному березі Криму (Sadogurskaya, 2005).

пове спрощення структури і зниження основних кількісних показників псевдоліторальної рослинності. При цьому на вершині бухти на м'яких рухливих ґрунтах (п. III) псевдоліторальна рослинність відсутня.

Таблиця 2. Макроскопічна донна рослинність морських і лагунних акваторій Караджинської ділянки п-ва Тарханкут (пункти/профілі I–V, станції № 1–23)

Пара- метри	І				ІІ			
	м. Карамрун				б. Караджинська (північ)			
	ПСЛ	СБЛ			ПСЛ	СБЛ		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
РУ	<i>Palisada perforata</i> + – <i>Nemalion elminthoides</i> + <i>Jania virgata</i> + <i>Cladophora sericea</i>	<i>Ericaria crinita</i> f. <i>bosporica</i> + <i>Vertebrata</i> <i>subulifera</i> – <i>Cladostephus</i> <i>hirsutus</i> + <i>Palisada</i> <i>perforata</i> – <i>Gelidium</i> <i>spinosum</i> + <i>Jania virgata</i>	<i>Ericaria crinita</i> f. <i>bosporica</i> + <i>Vertebrata</i> <i>subulifera</i> – <i>Cladostephus</i> <i>hirsutus</i> – <i>Jania virgata</i>	<i>Ericaria crinita</i> f. <i>bosporica</i> + <i>Vertebrata</i> <i>subulifera</i> – <i>Phyllophora</i> <i>crispata</i> + <i>Cladostephus</i> <i>hirsutus</i> – <i>Jania virgata</i>	<i>Cladophora sericea</i> + <i>Ceramium ciliatum</i>	<i>Ceramium ciliatum</i> + <i>Vertebrata subulifera</i>	<i>Ericaria crinita</i> f. <i>bosporica</i> + <i>Vertebrata</i> <i>subulifera</i> – <i>Cladostephus</i> <i>hirsutus</i>	
ПП, %	75–80	100	100	100	70–75	75–80	90–100	90–95
БМ, кг·м ⁻²	1066	3784	6770	6189	650	853	5077	4506
	$\bar{x}$ 4452				$\bar{x}$ 2771			
КВ, од.	32	45	41	31	21	22	39	32
	Σ68				Σ58			
	ІІІ							
	оз. Караджа						б. Караджинська (центр)	
	СБЛ							
	№ 9	№ 10	№ 11	№ 12	№ 13	№ 14	№ 15	
РУ	<i>Ruppia maritima</i>		<i>Chondria capillaris</i> + <i>Calithamnion granulatum</i>	<i>Ruppia maritima</i>	<i>Ulothrix flacca</i>	<i>Chondria capillaris</i>	<i>Ulva linza</i> + <i>Cladophora sericea</i>	
ПП, %	80–95	75–85	15–20	65–70	10–15	50–75	10–15	
БМ, кг·м ⁻²	1158	966	41	463	37	117	95	
	$\bar{x}$ 464							
КВ, од.	4	6	8	10	11	14	15	
	Σ18							
Пара- метри	ІV				V			
	б. Караджинська (південь)				м. Тарханкут			
	ПСЛ	СБЛ			ПСЛ	СБЛ		
	№ 16	№ 17	№ 18	№ 19	№ 20	№ 21	№ 22	№ 23

РУ	<i>Cladophora sericea</i> + <i>Ulva linza</i>	<i>Ericaria crinita</i> f. <i>bosporica</i> + <i>Vertebrata subulifera</i>	<i>Ericaria crinita</i> f. <i>bos-</i> <i>porica</i> + <i>Vertebrata</i> <i>subulifera</i> – <i>Cladostephus hirsutus</i>	<i>Ulva linza</i> + <i>Cladophora sericea</i>	<i>Ulva linza</i>	<i>Ericaria crinita</i> f. <i>bosporica</i> + <i>Vertebrata subulifera</i> – <i>Padina pavonica</i>	<i>Ericaria crinita</i> f. <i>bosporica</i> + <i>Vertebrata subulifera</i> – <i>Cladostephus hirsutus</i>
ПП, %	70–75	90–100	90–100	10–15	70–75	90–100	90–100
БМ, кг·м ⁻²	491	2576	4453	61	231	3117	4517
	$\bar{x}$ 1 895				$\bar{x}$ 3092		
КВ, од.	21	42	41	16	19	42	44
	Σ 57				Σ 62		

Параметри: РУ – рослинне угруповання (назва); ПП – проективне покриття; БМ – біомаса ($\bar{x}$ – середня в пункті); КВ – кількість видів (Σ – сумарна). ПСЛ – псевдолітораль, СБЛ – сублітораль. Інформацію про лагунну акваторію виокремлено контрастною заливкою.

Рослинний покрив морської субліторалі однорідніший: майже всюди твердий субстрат вкривають угруповання з домінуванням представників роду *Cystoseira* s. l.⁴. В залежності від пункту і глибини вони різняться показниками БМ, ПП, КВ та особливостями просторової структури (насамперед кількістю і складом нижніх ярусів), проте мають спільну рису. Скрізь верхній ярус сформований *Ericaria crinita* f. *bosporica*, в якій на дистальних кінцях найбільших гілок рясно розростається *Vertebrata subulifera*. Вона лежить ніби на поверхні заростей внаслідок нейтральної або слабкої позитивної плавучості.

На «мілководді» (близько або трохи більше 1 м) навпроти замикаючих мисів показники ПП (90–100%) і КВ (42–45 од.) подібні (див. табл. 2). Втім біля м. Карамун (I – № 2), де глибина стрімко збільшується, на брилово-валунному навалі в багатоярусному угрупованні *Ericaria crinita* f. *bosporica* + *Vertebrata subulifera* – *Cladostephus hirsutus* + *Palisada perforata* – *Gelidium spinosum* + *Jania virgata*, що розвивається майже від урізу води, БМ сягає 3,8 кг·м⁻² при ВР 32,0 см. Тоді як біля м. Тарханкут і в прилеглій південній периферії бухти плаский скельний бенч до глибини 0,3–0,5 м практично позбавлений макроскопічної рослинності: над пологим дном штормові хвилі трансформуються і насичуються абразивом та просто обдирають її. Тому угруповання *Ericaria crinita* f. *bosporica* + *Vertebrata subulifera* (IV – № 17) і *Ericaria crinita* f. *bosporica* + *Vertebrata subulifera* – *Padina pavonica* (V – № 21) розвиваються лише на значній відстані (до 10–15 м) від берега і характеризуються не тільки спрощеною вертикальною структурою, але й нижчими показниками БМ (2,6–3,1 кг·м⁻²) та ВР (25,9 см), особливо в південній частині бухти (див. табл. 2). У північній її частині на «мілководді» фрагмен-

⁴ На підставі результатів молекулярно-генетичного і анатомо-морфологічного аналізів рід *Cystoseira* s.l. нині розділено на три роди: *Cystoseira* C. Agardh, s. str., *Ericaria* Stackh. і *Gongolaria* Boehm. (Orellana et al., 2019; Molinari, Guiry, 2020). Представники двох останніх родів зустрічаються в Чорному морі (Sadogurska et al., 2021).

ти валунного навалу вкриває угруповання *Ceramium ciliatum* + *Vertebrata subulifera* (II – № 6). Невисокими продукційними показниками і загальним видом воно нагадує рослинність прилеглої псевдоліторалі (II – № 5). Представники *Cystoseira* s. l. тут не трапляються навіть як паростки. У верхів'ї бухти (III) на рухливих пісках прибережної мілководної зони в умовах підвищеної гідродинаміки (рекреанти також спричиняють негативний механічний вплив) рослинний покрив відсутній.

Уздовж середніх глибин (≈ 3 м) «цистозірові» угруповання найпродуктивніші і водночас найоднорідніші в усіх пунктах. На брилово-валунному (I – № 2) і валунному навалах (I – № 3, II – № 7, IV – № 18, V – № 22) відмічено двоярусне угруповання *Ericaria crinita* f. *bosphorica* + *Vertebrata subulifera* – *Cladostephus hirsutus*. При ПП 90–100% і КВ 39–44 од., ВР і БМ коливаються в межах 22,2–41,6 см і 4,5–6,8 кг·м⁻² відповідно (див. табл. 2). При цьому біля м. Карамрун (I – № 2) значення двох останніх показників максимальні для всього обстеженого району. Тут співдомінантом другого ярусу, як і всюди в цьому пункті, виступає *Jania virgata* (в інших пунктах таксон трапляється рідше і в незначній кількості). У той же час з віддаленням від прибережного мілководдя на пухких ґрунтах у центральній частині бухти від 3 м і глибше розвивається малопродуктивний, але рівномірний ефемерний рослинний покрив. В угрупованні *Ulva linza* + *Cladophora sericea* при ПП 10–15%, ВР 3–5 см і БМ до 0,1 кг·м⁻² КВ налічує лише 15–16 од. (III – № 15, IV – № 19, а також на профілі II глибше ст. № 8, де проби не відбирали) (див. табл. 2). ПП і БМ у ньому залежать від кількості мушель на поверхні ґрунту, бо до них прикріплюються макроводорості, і від тривалості періодів відносного безвітря, адже пошкодження цих альгоценозів відбуваються навіть після нетривалих штормів. Загалом влітку така картина досить характерна, наприклад для великих азовоморських бухт (Sadogurskiy, Belich, 2004).

З ростом глибини до ≈ 5 м у рослинному покриві, що розвивається на брилово-валунному і валунному навалах, всі відмінності між пунктами (I – № 4, II – № 8 і V – № 23) ще більш нівелюються. Лише біля м. Карамрун (I – № 4) у другому ярусі *Cladostephus hirsutus* поступово заміщується *Phyllophora crispa*, а в п. IV на глибині 5 м і глибше тверді ґрунти вже відсутні, як і в центральній частині бухти (див. вище). ПП становить 90–100%, ВР – 30,7–40,3 см, БМ – 4,5–6,1 кг·м⁻², а КВ, у порівнянні з триметровою ізобатою, зменшується до 31–37 од. (див. табл. 2).

При високій прозорості води візуальне обстеження показало, що до глибини 12(14) м характер рослинного покриву в більшості обстежених пунктів загалом лишається подібним зафіксованому на глибині 5 м. Враховуючи особливості морфології підводного берегового схилу та розподілу на його поверхні різних субстратів, слід припустити, що в обстеженій морській акваторії нижня межа макроскопічної рослинності пролягає орієнтовно вздовж ізобати 20 м (див. рис. 1, б).

Лагунне оз. Караджа в період проведення досліджень являло замкнуту водойму, в якій згінно-нагінні коливання рівня були відсутні і псевдолітораль не сформована. Це відрізняло його від напівізольованих лагун, де вітрові реверсивні течії перерозподіляють через протоки значні обсяги води, що обумовлює виникнення черепашково-піщаної псевдоліторалі зі специфічною рослинністю (Sadogurskiy, 2006, 2010). Зміна основних гідрологічних показників (див. табл. 1) була викликана, з одного боку, високою інсоляцією влітку, яка підвищує температуру і концентрацію ропи, з іншого – вельми інтенсивним надходженням підземних вод: прісних з материка (найвідчутнішим у вершині балки) і солоних морських через відклади пересипу. На периферії озерної субліторалі в умовах майже нульової прозорості вод на мулистих (з домішками черепашок) ґрунтах реєструвалося монодомінантне угруповання *Ruppia maritima* з ПП 65–95%, ВР 16,9–40,1 см і БМ 0,5–1,2 кг·м⁻² (див. табл. 2). Воно кільцем охоплювало мілководдя до глибини 0,5–0,7 (1,0) м. У верхів'ї водойми і вздовж її материкових берегів, де ширина, висота і продукційні показники цього пояса максимальні (ІІІ – № 9–10), вища рослинність починалася одразу від урізу води, а зарості були полеглі через падіння рівня води. З боку пересипу, де ці показники були мінімальними (ІІІ – № 12), поширення рупії обмежував шар черепашок, що осипалися схилом і перекривали мул.

Наявність мушель на поверхні мулу обумовлювало те, що біля пересипу «кільце» рупії з боку центру водойми (тобто зсередини) пунктирно облямовувала неширока переривчаста смуга розрідженого угруповання *Chondria capillaris* + *Callithamnion granulatum* з ПП 15–20%, ВР 3–5 см і БМ 0,04 кг·м⁻² (ІІІ – № 11) (див. табл. 2). Центральну частину западини на глибині $\geq 1,0$ –1,5 м вкривав позбавлений рослинного покриву в'язкий напіврідкий мул. Від рупієвого «кільця» в бік пересипу (назовні) простежувалося поясне взаєморозташування малопродуктивних (БМ 0,04–0,12 кг·м⁻²) низькорослих (ВР 2–5 см) угруповань, обумовлене чергуванням паралельних акумулятивних валів і западин на тлі стрімкого зменшення глибини. На невеликому валу зафіксовано розріджене (ПП 10–15%) угруповання *Ulothrix flacca* (ІІІ – № 13), а в западині між цим валом і пересипом – досить густе (ПП до 75%) угруповання *Chondria capillaris* (ІІІ – № 14) (див. табл. 2). Макроводорості розвивалися на різних субстратах, втім в угрупованні *Ruppia maritima* практично всі вони реєструвалися в епіфітоні (у т.ч. *Carradoriella denudata*, *Chondria capillaris* і *Acrochaetium secundatum* – у великій кількості). А у водоростевих угрупованнях, наприклад, *Lophosiphonia obscura* оселяється переважно на піску та мушлях і, незважаючи на порівняно невелику біомасу, ефективно стабілізує верхній шар пухких відкладів.

Аналіз складу і структури рослинного покриву свідчить про те, що в морській акваторії обстеженої ділянки на твердих ґрунтах субліторалі в 10 випадках із 11 зафіксовано варіації угруповання *Ericaria crinita* f. *bosporica*

+ *Vertebrata subulifera* – *Cladostephus hirsutus*, що відрізняються лише складом і співвідношенням субдомінантів другого і третього ярусів, якщо останній взагалі наявний (див. табл. 2). Ярус коркових *Rhodophyta* на поверхні твердих субстратів не виражений. На пухких ґрунтах субліторалі розвивається одне ефемерне угруповання. Рослинний покрив псевдоліторалі, де на твердих ґрунтах виявлено чотири угруповання, більш гетерогенний. У лагуні на пухких ґрунтах зафіксовано чотири рослинних угруповання (з урахуванням того, що два випадки є варіаціями угруповання *Chondria capillaris*).

Загалом в морських і лагунних акваторіях обстеженого району ідентифіковано 91 вид макрофітів: *Tracheophyta* – 1 (1,1%), *Chlorophyta* – 23 (25,3%), *Ochrophyta (Phaeophyceae)* – 21 (23,1%) і *Rhodophyta* – 46 (50,5%) (табл. 3, електронний додаток*) Серед них у морі зареєстровано 87 видів, у т.ч. 44 в псевдоліторалі та 81 в субліторалі (хоча власні спостереження та аналіз літературних даних свідчать про те, що при всій специфічності умов цих двох зон облігатних псевдо- чи субліторальних макрофітів в Азово-Чорноморському басейні не виявлено).

За аналізом складу та розподілу макрофітобентосу в обстеженому районі виявлено наступні особливості.

У прибережній морській акваторії для псевдоліторального макрофітобентосу простежується чітка тенденція до зменшення КВ і БМ вздовж берега в напрямку з півночі на південь (див. рис. 1, а, табл. 2). У субліторалі на твердих ґрунтах показники КВ найбільш високі на глибині 1–3 м, а БМ – на глибині 3–5 м. При цьому значення цих показників зменшуються не тільки зі збільшенням глибини від 3 до 5 м, але й уздовж берега (хоча уздовж п'яти-метрової ізобати рослинний покрив найбільш монотонний і ці зміни мінімальні).

За всіма показниками частка *Chlorophyta* найвища в псевдоліторалі. Хоча на півночі району (біля м. Карамун) за КВ (50%) і за БМ (до 87%) навіть у цій зоні переважають *Rhodophyta*, далі на південь саме *Chlorophyta* стають домінуючою систематичною групою (до 38–42% за КВ і до 67–92% за БМ). Роль *Phaeophyceae* в псевдоліторалі несуттєва. Проте у складі субліторального фітобентосу на твердих ґрунтах частка *Chlorophyta* за БМ рідко перевищує 1–2%, хоча за КВ й досягає 16–28%. За незначним винятком на всіх обстежених глибинах на твердих ґрунтах за БМ закономірно (йдеться про «цистозірові» угруповання) домінують *Phaeophyceae*. Їхня частка переважно становить 70–85%. Втім за КВ вагома частка (до 64%) тут належить *Rhodophyta* і з глибиною вона майже не змінюється.

Аналіз сапробіологічного складу свідчить про те, що загалом морська альгофлора обстеженого району має виражений олігосапробний характер.

* Див. електронний додаток до статті на сайті журналу: https://algologia.co.ua/pdf/31/3/alg-2021-31-3-249_supp.pdf.

На твердих ґрунтах частка олігосапробів найменша в псевдоліторалі. За КВ вона складає 29–59%, не проявляючи чіткої тенденції уздовж берега, а за БМ знижується від 53–80% на півночі до 8–29% на півдні. Водночас в субліторалі частка цієї групи стабільно висока: 50–68% за КВ і 94–99% за БМ (без чітких тенденцій уздовж берега і з глибиною).

Коротковегетуючі види водоростей у морській акваторії переважають за КВ. На твердих ґрунтах в псевдоліторалі їхня частка становить 75–91%, а в субліторалі – 55–86%, при цьому вона помітно зменшується з глибиною (уздовж узбережжя значення стабільніші – в середньому 66–69% КВ в окремих пунктах). За БМ в псевдоліторалі теж переважають коротковегетуючі види (88–100%), хоча біля м. Карамун їхній внесок становить лише 29%. Втім у субліторалі на обстежених глибинах на твердих ґрунтах 67–93% БМ формують багаторічні види.

Серед галобних угруповань з великою перевагою домінують морські водорості – в середньому 69–75% за КВ і 91–98% за БМ в окремих пунктах. Найменше їх у псевдоліторалі – 42–66% за КВ і 33–81% за БМ (найвищі значення біля м. Карамун, найнижчі – поблизу м. Тарханкут). Частка солонуватоводноморських водоростей найбільша в псевдоліторалі (29–47% за КВ і 19–91% за БМ). Частка солонуватоводних видів у формуванні флори і рослинного покриву прибережної акваторії вкрай незначна (наприклад, за БМ в більшості випадків вона коливається від 0 до декількох часток відсотка). У субліторалі вздовж берега немає вираженої тенденції до зміни співвідношення галобних груп.

Рослинний покрив, що розвивається на м'яких ґрунтах у субліторалі центральної частини бухти, інший. У цих ефемерних альгоценозах БМ на порядок, а ПП і ВР у декілька разів менші, ніж у багаторічних заростевих угрупованнях твердих ґрунтів. Також суттєво відрізняється і співвідношення еколого-флористичних груп. Видовий склад угруповань значно бідніший, переважну частину БМ формують коротковегетуючі (97–99%) мезосапробні (97–99%) солонуватоводноморські (96–99%) макроводорості. Хоча за КВ різниця з твердими ґрунтами не така явна. З цього принаймні випливає, що при порівняльному аналізі еколого-флористичного складу макрофітобентосу, зареєстрованому в різних акваторіях або в тій самій акваторії, але в різний час, доцільно співставляти рослинні угруповання, які подібні за загальним характером і структурою.

В цілому в морській акваторії в більшості випадків домінують представники тепловодного комплексу – 53–58% за КВ і 82–91% за БМ у середньому за окремими пунктами. При цьому в субліторалі їхня частка відносно стабільна (уздовж берега і на окремих глибинах вона наближається до вказаних середніх показників). У псевдоліторалі за КВ частка тепловодного комплексу дещо менша (48–52%), а за БМ діапазон значень досить великий (39–81%), проте певних тенденцій в цих просторових змінах немає.

Із вказаного вище загального значення КВ в лагунній акваторії оз. Караджа відмічено 18 таксонів (*Tracheophyta* – 1, *Chlorophyta* – 8 і *Rhodophyta* – 9). Чотири з них знайдено виключно в озері, але вважаємо, що (за винятком *Ruppia maritima*) їхнє виявлення в прилеглої морській акваторії залежить лише від обсягу подальших досліджень. На тлі збільшення в бік пересипу значень КВ в озері домінують *Rhodophyta* (50–60%). Переважають мезосапробні (50–75%) коротковегетуючі (75–100%) макрофіти, морські та солонуватоводноморські види представлені майже порівну. При цьому певної тенденції до зміни співвідношення еколого-флористичних угруповань за КВ не виявлено.

Проте аналіз зміни співвідношення за БМ показав, що у верхів'ї озера домінують багаторічні полісапробні морські *Tracheophyta* (84–94%). Біля протилежного берега, де БМ значно нижча, більшу роль відіграють мезо- (до 98%) і олігосапробні (до 96%) короковегетуючі (до 100%) *Rhodophyta* і *Chlorophyta* (до 67 і 97% відповідно). Найбільш стенобіонтних *Phaeophyceae* в озері не знайдено, що спричинено високими (порівняно з морем) градієнтами основних факторів середовища. Мінералізація водойми перевищує чорноморську та наближається до значень, характерних океанічним водам (особливо біля пересипу) (див. табл. 1). Це обумовлює домінування за БМ морської групи макрофітів, а також частково пояснює досить різноманітний видовий склад і значну роль *Rhodophyta* в складанні флори. Це більш притаманне напівізовольованим прибережним лагунам, де мінералізація і температура води не досягають екстремальних значень, типових для ізовольованих гіпергалійних озер (Sadogurskiy, 2006, 2010). У даному випадку відсутність проток у тілі пересипу компенсується інтенсивною інфільтрацією морської води з його відкладів.

Співвідношення холодноводного і тепловодного комплексів (28–38/53–58%), а також участь видів-космополітів (9–17%) у складі флори обстеженого району (включаючи озеро та бухту) близькі до пропорції, відомої для Тарханкутсько-Севастопольського району Чорного моря (Kalugina-Gutnik, 1975). При цьому в озері внаслідок зменшення ролі холодноводного комплексу частка космополітів за КВ вдвічі вища, ніж у середньому по морській акваторії. Водночас представники тепловодного комплексу загалом формують 82–91% БМ рослинного покриву акваторій обстеженої ділянки. Рівень ендемізму в її межах при цьому порівняно невисокий (2 таксони), проте він порівнянний з показниками, характерними, наприклад, для природних заповідників Криму (Sadogurskiy et al., 2019).

Таким чином, у морських і лагунних акваторіях Караджинської ділянки наявність і загальний характер рослинного покриву визначаються типом субстрату. У прибережно-морській акваторії, де гідрологічні показники відносно однорідні, видовий склад і співвідношення окремих компонентів (еколого-флористичних груп макрофітів) змінюються з віддаленням від берега і

вздовж нього, що пов'язано зі зміною інтенсивності комплексу чинників (відповідно з глибиною і в залежності від геоморфологічних особливостей окремих фрагментів узбережжя). В лагуні комплексний градієнт факторів середовища, який певною мірою може впливати на якісні і кількісні показники фітобентосу, здебільшого формується антагоністичним підземним стоком прісних вод з материка та морських вод з відкладів пересипу (в посушливий період – на тлі загального підвищення мінералізації).

Дослідження показали, що на момент проведення в морській і лагунній акваторіях Караджинської ділянки макрофітобентос мав високі продукційні показники, видове та ценотичне різноманіття. В їхніх межах збереглися таксони і природні рослинні угруповання, що є типовими для Тарханкутсько-Севастопольського гідроботанічного району Чорного моря. Співвідношення еколого-флористичних груп у макрофлорі також було досить типовим. Максимуми КВ сконцентровані біля мисів Карамрун і Тарханкут (див. табл. 2). Це ще раз свідчить про сучасну роль скельних мисів (зазвичай менш трансформованих, аніж прилеглі вирівняні фрагменти берега) як центрів таксономічного різноманіття морської фітобіоти (Sadogurskiy et al., 2017b). У флорі обстеженої ділянки зареєстровано 24 раритетних таксони, які включено в созологічні переліки різного рангу (див. табл. 3, електронний додаток), а оселища, основу яких формують угруповання макрофітів, підпадають під дію Директиви ЄС «Про збереження природних оселищ та видів природної фауни і флори» (Council Directive 92/43/EEC) (Sadogurskiy, 2013, 2017, 2018, 2020). Морські та лагунні акваторії обстеженої ділянки є місцем існування низки раритетних і промислових видів морських тварин і кормовою базою орнітофауни на прольоті, оскільки саме тут проходять відгалуження транс-континентальних міграційних шляхів. При цьому лагунні озера Караджа та В. Кипчак – є одним з небагатьох фрагментів водно-болотних угідь Тарханкутського п-ва. Беручи до уваги рівень і раритетність біорізноманіття сухопутного компонента (що включає пересип і прилеглі корінні береги бухти із замикаючими мисами), созологічна цінність всього цілісного територіально-аквального комплексу Караджинської ділянки є незаперечною. Окремі території Тарханкуту (UA0000130, UA0000376) вже включено до складу Смарагдової мережі Європи – Emerald Network (List..., 2020). А на основі комплексу критеріїв (у т.ч. гідроботанічних) відтепер і аквальні компоненти обстеженої ділянки запропоновані до її складу (UA0000388; за класифікацією EUNIS оселища: A1.44, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5, A2.61, A3, A4, A5, B1.1, X02) (Sadogurska et al., 2020). Це, безумовно, позитивний момент, адже ділянка є одним з ключових резерватів для збереження та відновлення прибережно-морської фітобіоти і оселищ Північного Причорномор'я.

Однак останні кілька років екологічна ситуація в межах берегової зони Караджинської ділянки поступово ускладнювалася внаслідок активізації господарської діяльності, яка передбачає значну трансформацію оз. Караджа

та прилеглих територій та прибережно-морських акваторій. Кілька десятиліть тому, даючи науковий опис берегів Караджинської ділянки, дослідники називали її наймальовничішим куточком не тільки Тарханкуту, але й усього Криму (Kurnakov et al., 1936; Zenkovich, 1960). Ще донедавна на сайті Рескомводгоспу Криму озеро значилося в категорії лікувальних (Sadogurskiy, 2013). Пізніше його планували перетворити на яхтову марину, а нині на сайті тієї ж структури розміщено інформацію про дозвіл на вилучення водних ресурсів і скидання стічних вод (Information..., 2019, с. 138: № 761–762). Воно вже використовується для рибництва, на узбережжі розгорнуто автокемпінги і глемпінги, опубліковано тендери на проектно-дослідницькі роботи щодо перетворення пересипу в набережну. Також у межах ділянки (у т.ч. у береговій зоні) в рамках створення туристичного кластера заплановано реалізацію низки масштабних інвестпроектів, пов'язаних з аквакультурою, виробництвом будматеріалів і комплексною забудовою різного призначення, включаючи житлові комплекси і котеджні селища від Джангуля до Атлеша (інформація зі ЗМІ та відкритих реєстрів доступна в Інтернеті).

Компоненти цілісної територіально-аквальної екосистеми Караджинської ділянки, яка включає досліджені нами озеро та морські акваторії, а також акумулятивний пересип і корінні береги, взаємопов'язані і взаємозалежні. Антропогенне втручання до будь-якого з них неминуче спричинить остаточну трансформацію всієї екосистеми. Тому для її збереження необхідне надання територіально-аквальному комплексу (і деяким іншим ділянкам берегової зони Тарханкуту) заповідного статусу з перспективою подальшого передання його до складу Національного природного парку (НПП). Крім збереження обговорюваної ділянки це дозволить подолати фрагментацію НПП і збільшить його біотичну і оселищну репрезентативність. Відповідно до міжнародної практики наявність населених пунктів цьому не перешкоджає за умов виконання ефективного функціонального зонування (Sadogurskiy et al., 2006). Заповідання окрім іншого гарантує збереження рекреаційної привабливості ділянки, що повною мірою відповідає інтересам населення. Втім, з огляду на сучасні тенденції, такий сценарій є малоімовірним.

Подальша трансформація навіть окремих компонентів у результаті призведе до деградації всього територіально-аквального комплексу. Озеро може остаточно втратити рекреаційне значення, а гідротехнічне «зміцнення» пересипу змінить потужність і напрями потоків наносів, що його живлять. Це порушить динамічну рівновагу цієї макроформи в бік її розмиву і знищить пляжі, до того ж соціологічну цінність ділянки буде втрачено, а відтоді зникнуть залишки її естетичної та туристичної привабливості.

Заключення

За результатами комплексного гідроботанічного дослідження встановлено, що в морських і лагунних акваторіях ділянки берегової зони Чорного моря, розташованої на заході п-ва Тарханкут, наявність і загальний характер бентосного рослинного покриву визначаються типом субстрату. У морі, де гідрологічні показники відносно однорідні, видовий склад і співвідношення еколого-флористичних груп макрофітів змінюються з віддаленням від берега і вздовж нього залежно від глибини та особливостей геоморфології окремих фрагментів берегової зони. В лагуні співвідношення груп змінюється вздовж комплексного градієнта факторів середовища, що сформований підземним стоком прісних і морських вод. У межах обстеженої ділянки зареєстровано 91 вид макрофітів: *Tracheophyta* – 1, *Chlorophyta* – 23, *Ochrophyta* (*Phaeophyceae*) – 21 і *Rhodophyta* – 46. З них у морі відмічено 87 видів (у т.ч. 44 в псевдоліторалі і 81 в субліторалі), при цьому макрофітобентос має виражений морський олігосапробний характер. За кількістю видів домінують коротковегетуючі *Rhodophyta*, а за біомасою – багаторічні *Phaeophyceae*. В лагуні відзначено 18 видів макрофітів (чотири тільки в ній), за кількістю видів домінують мезосапробні коротковегетуючі *Rhodophyta*, морські та солонуватоводноморські макрофіти представлені порівну. За біомасою домінують полісапробні багаторічні *Tracheophyta*, що належать до морської групи.

На момент проведення досліджень макрофітобентос акваторій обстеженої ділянки вирізнявся високими продукційними показниками, видовим та ценотичним різноманіттям. Були зареєстровані таксони і оселища, що підлягають охороні в рамках національного і міжнародного законодавства. В цілому характер рослинності, склад флори і співвідношення основних еколого-флористичних показників відповідають визначеним для Тарханкутсько-Севастопольського гідроботанічного району Чорного моря. З огляду на соціологічну цінність аквальної компоненти територіально-аквального комплексу рекомендований до заповідання і включення до структур екологічних мереж, у т.ч. до Emerald Network. Посилення антропогенного навантаження і загроза трансформації берегової зони ще більш актуалізує проблему його збереження як одного з ключових резерватів флористичного і біотопічного різноманіття прибережно-морських акваторій Північного Причорномор'я.

Список літератури

- Authors of plant names: A list of authors of scientific names of plants, with recommended standard forms of their names, including abbreviations.* 2001. Eds R.K. Brummitt, C.E. Powell. Kew: Roy. Bot. Gardens, 1992, reprinted. 732 p.
- Bilz M., Kell S.P., Maxted N., Lansdown R.V. *European Red List of Vascular Plants*. 2011. Luxembourg: Publ. Office Eur. Union. 130 p. (див. електронний додаток, табл. 3).

- Black Sea Red Data List*. 1997. <http://www.grid.unep.ch/bsein/redbook/about/datalist.htm> (searched on 25.06.2021). (див. електронний додаток, табл. 3)
- Black Sea Red Data Book*. 1999. Ed. H.J. Dumont. New York: Unit. Nat. Office Project Services. 413 p. (див. електронний додаток, табл. 3)
- Dzens-Litovskiy A.I. 1955. Marine abrasion, its types and forms. *Trudy Lab. Gidrogeol. Probl.* 12: 64–87. [Дзенс-Литовский А.И. 1955. Морская абразия, ее типы и формы. *Труды лаб. гидрогеол. пробл.* 12: 64–87].
- Emerald Network of Areas of Special Conservation Interest*. 2021. <https://www.coe.int/en/web/bern-convention/emerald-network> (searched on 25.06.2021).
- Goryachkin Yu.N., Ivanov V.A. 2010. The current state of the Black Sea coast of Crimea. *Dop. NAN Ukrainy*. 10: 87–92. [Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. 2010. Современное состояние черноморских берегов Крыма. *Доп. НАН України*. 10: 87–92].
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2021. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (searched on 25.06.2021).
- Hydrometeorology and Hydrochemistry of the Seas of the USSR*. Vol. IV. 1991. Ed. A.I. Simonov, E.N. Altman. Sanct-Petersburg: Gidrometeoizdat. 426 p. [*Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР*. Т. IV. 1991. Ред. А.И. Симонов, Э.Н. Альтман. СПб.: Гидрометеиздат. 426 с.].
- Information on the provision of water bodies for use on the basis of water use agreements and decisions on the provision of water bodies for use in the Republic of Crimea as of April 01, 2019*. 2019. 244 p. [Информация о предоставлении водных объектов в пользование на основании договоров водопользования и решений о предоставлении водных объектов в пользование по Республике Крым по состоянию на 01 апреля 2019 г. 2019. 244 с.]. [https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/ph](https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpYx2rkJ_1.pdf) pYx2rkJ_1.pdf (searched on 25.06.2021)
- IUCN 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1*. 2021. <http://www.iucnredlist.org>. (searched on 25.06.2021). (див. електронний додаток, табл. 3)
- Johnson N.C. 1995. *Biodiversity in the Balance: Approaches to Setting Geographic Conservation Priorities*. Washington, DC: Biodiver. Support Program. 116 p.
- Kalugina A.A. 1969. In: *Marine underwater exploration*. Moscow: Nauka. Pp. 105–113. [Калугина А.А. 1969. Исследование донной растительности Чёрного моря с применением легководолазной техники. В кн.: *Морские подводные исследования*. М.: Наука. С. 105–113].
- Kalugina-Gutnik A.A. 1975. *Phytobenthos of the Black Sea*. Kiev: Naukova Dumka Press. 248 p. [Калугина-Гутник А.А. 1975. *Фитобентос Чёрного моря*. Киев: Наук. думка. 248 с.].
- Kantrud H.A. 1991. *Wigeongrass (Ruppia maritima L.): A literature Review*. Fish and Wildlife Research. U.S. Fish and Wildlife Service. 58 p.
- Kurnakov N.S., Kuznetsov V.G., Dzens-Litovskiy A.I., Ravich M.I. 1936. *Salt lakes of the Crimea*. Moscow, Leningrad: AN SSSR. 278 p. [Курнаков Н.С., Кузнецов В.Г., Дзенс-Литовский А.И., Равич М.И. 1936. *Соляные озёра Крыма*. М., Л.: АН СССР. 278 с.].
- List of officially adopted Emerald Network sites (December 2020)*. T-PVS/PA(2020)10. 2020. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Standing Committee.

- 40th meeting (Strasbourg, 30 November – 4 December 2020). 57 p. <https://rm.coe.int/updated-list-of-officially-adopted-emerald-sites-2020/1680a080d5> (searched on 25.06.2021).
- Markova N.V. 2009. In: *Lithodynamics of the Bottom Contact Zone of the Oceans: Abstr. Int. Conf.* Moscow: GEOS. Pp. 29–31. [Маркова Н.В. 2009. Реконструкция и анализ поля течений северо-западного шельфа Черного моря. В кн.: *Литодинамика донной контактной зоны океанов: Мат. междунар. конф.* М.: ГЕОС. С. 29–31].
- Maslov I.I. 2001. Phytobenthos of the protected water area "Coastal aquatic complex at Cape Atlesh" (Black Sea). *Ekol. Morya*. 56: 30–34. [Маслов И.И. 2001. Фитобентос заповедной акватории «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Атлеш» (Черное море). *Экол. моря*. 56: 30–34].
- Milchakova, N.A. Mironova, N.V., Ryabogina V.G. 2010. Current state of macrophytobenthos stocks in the coastal zone of the Tarkhankut Peninsula. *Nauk. Zap. Ternop. Nats. Ped. Univ. Ser. Biol.* 3(44): 176–179. [Мильчакова, Н.А. Миронова, Н.В., Рябогина В.Г. 2010. Современное состояние запасов макрофитобентоса в прибрежной зоне Тарханкутского полуострова (Чёрное море). *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 3(44): 176–179].
- Molinari Novoa E.A., Guiry M.D. 2020. Reinstatement of the genera *Gongolaria* Boehmer and *Eri-caria* Stackhouse (*Sargassaceae*, *Phaeophyceae*). *Not. Algarum*. 171: 1–10. <https://notulaealgarum.org/2020/documents/Notulae%20Algarum%20No.%20172.pdf> (searched on 25.06.2021).
- Orellana S., Hernández M., Sansón M. 2019. Diversity of *Cystoseira* sensu lato (*Fucales*, *Phaeophyceae*) in the eastern Atlantic and Mediterranean based on morphological and DNA evidence, including *Carpodesmia* gen. emend. and *Treptacantha* gen. emend. *Europ. J. Phycol.* 54(3): 447–465. <https://doi.org/10.1080/09670262.2019.1590862>
- Proposal for a Council Decision COM*. 2009. Brussels, 26.10.2009. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009PC0585&from=EN>. – 13 p. (searched on 25.06.2021) (див. електронний додаток, табл. 3)
- Red Data Book of Russian Federation (plants and fungi)*. 2008. Ed. Yu.P. Trutnev et al. Moscow: Тов.-во Nauch. Izd. КМК. 885 p. [*Красная книга России (растения и грибы)*. 2008. Ред. Ю.П. Трутнев и др. М.: Тов.-во науч. изд. 885 с.]. (див. електронний додаток, табл. 3)
- Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom*. 2009. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalconsalting. 912 p. [*Червона книга України. Рослинний світ*. 2009. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг. 912 с.]. (див. електронний додаток, табл. 3)
- Red Data Book of the Azov Sea Region. Vascular Plants*. 2012. Eds V.M. Ostapko, V.P. Kolomiychuk. Kyiv: Alterpres. 276 p. [*Красная книга Приазовского региона. Сосудистые растения*. 2012. Под ред. В.М. Остапко, В.П. Коломийчука. Киев: Альтерпрес. 276 с.]. (див. електронний додаток, табл. 3)
- Red Data Book of the Republic of Bulgaria*. 2015. Vol. 1. Eds D. Peev et al. Sofia: BAS & MOEW. 886 p. (див. електронний додаток, табл. 3)
- Sadogurskaya S.A. 2005. *Cyanophyta of sea stony supralittoral of Crimea*: PhD (Biol.) Thesis. Yalta. 395 p. [Садогурская С.А. 2005. *Синифиты морской каменистой супралиторали Крыма*: Дис... канд. биол. наук. Ялта. 395 с.].

- Sadogurska S.S. 2017. In: *Research, conservation and management of biodiversity in the European seashores, RCMBES-2017: Abstracts of First European Symposium* (Primorsko, 8–12 May 2017, Bulgaria). Avangard Prima. P. 21.
- Sadogurska S.S., Goldin P.E., Vasilyuk O.V., Sadogurskiy S.Ye. 2020. In: *Territories that suggests be included in the Emerald Network of Ukraine ("Shadow list", pt 3)*. Chernivtsi: Druk Art. Pp. 50–53. [Садогурська С.С., Гольдін П.Є., Василюк О.В., Садогурський С.Ю. 2020. Морська акваторія біля Тарханкутського півострова та озеро Караджа. В кн.: *Території, що пропонуються до включення у мережу Емеральд (Смарагдову мережу) України («тіньовий список», ч. 3)*. Чернівці: Друк Арт. С. 50–53].
- Sadogurska S.S., Neiva J., Falace A., Serrao E.A., Israel A. 2021. Taxonomic revision of the genus *Cystoseira* s.l. (*Ochrophyta*, *Fucales*, *Sargassaceae*) in the Black Sea: morphological variability and molecular taxonomy of *Gongolaria barbata* and *Ericaria crinita* f. *bosphorica* comb. nov. *Phytotaxa*. 480(1): 1–21.
- Sadogurskiy S.Ye. 2006. Macrophytobenthos of island Tuzla and adjacent sea aquatories (Kerch Strait, Ukraine). *Algologia*. 16(3): 337–354. [Садогурський С.Є. 2006. Макрофітобентос водоемів острова Тузла і прилеглих морських акваторій (Керченський пролив). *Альгологія*. 16(3): 337–354].
- Sadogurskiy S.Ye. 2007. Macrophytobenthos of the Black Sea coast of the Kerch peninsular (Crimea, Ukraine). *Int. J. Algae*. 9(4): 365–383. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v9.i4.60>
- Sadogurskiy S.Ye. 2010. Macrophytobenthos of territory-aquatic complex of Bakalskaya spit and adjacent Black Sea aquatory (Crimea peninsular). *Zapovid. sprava v Ukraini*. 16(1): 29–43. [Садогурський С.Є. 2010. Макрофітобентос територіально-аквального комплексу Бакальської коси і прилеглої акваторії Чорного моря. *Заповід. справа в Україні*. 16(1): 29–43].
- Sadogurskiy S.Ye. 2013. To the problem of including marine and lagoon water areas to the National Nature Park "Charivna Gavan" (AR Crimea). *Sb. Nauch. Tr. Nikit. Bot. Sada*. 135: 85–95. [Садогурський С.Є. 2013. К вопросу включения морских и лагунных акваторий в состав национального природного парка "Чаривна гавань" (АР Крым, Украина). *Сб. науч. тр. Никит. бот. сада*. 135: 85–95].
- Sadogurskiy S.Ye. 2017. Macrophytobenthos of the Coastal Water Area at the Cape Karamrun (Crimean Peninsula, the Black Sea). *Int. J. Algae*. 19(2): 51–58. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v19.i2.30>
- Sadogurskiy S.Ye. 2018. Macrophytobenthos in the coastal waters near Cape Tarkhankut (Crimean Peninsula, the Black Sea). *Int. J. Algae*. 20(1): 69–84. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v20.i1.70>
- Sadogurskiy S.Ye. 2020. To the study of macrophytobenthos of coastal waters of Karadzhinsky Plot on Tarkhankut Peninsula (Crimea, Black Sea). *Mar. Biol. J.* 5(1): 78–89. <https://doi.org/10.21072/mbj.2020.05.1.08>
- Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V. 2003. Contemporaneous state of macrophytobenthos in Kazantip Nature Reserve (Azov Sea). *Zap. sprava v Ukraini*. (9)1: 10–25. [Садогурський С.Є., Белич Т.В. 2003. Современное состояние макрофитобентоса Казантипского природного заповедника (Азовское море). *Зап. справа в Україні*. (9)1: 10–25].
- Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V. 2004. To description of macrophytobenthos of south coast of Azov

- Sea (Crimea). *Sb. nauch. Tr. Nikit. Bot. Sada.* 123: 76–84. [Садогурский С.Е., Белич Т.В. 2004. К описанию макрофитобентоса южных берегов Азовского моря (Крым). *Сб. науч. тр. Никит. бот. сада.* 123: 76–84].
- Sadogurskiy S.Ye., Sadogurskaya S.A., Belich T.V. 2006. In: *Biological Oceanography Problems of XXI century*: Abstr. Int. Sci. Conf. (Sevastopol, 19–21 Sept. 2006). Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika. P. 134. [Садогурский С.Е., Садогурская С.А., Белич Т.В. 2006. О стратегии охраны территориально-аквальных комплексов. В кн.: *Проблемы биологической океанографии XXI века*: Тез. докл. междунар. науч. конф. (Севастополь, 19–21 сент. 2006 г.). Севастополь: ЭкоСи-Гидрофизика. С. 134].
- Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A. 2013. In: *The Nature of the Eastern Crimea. The Biodiversity's Assessment and Design of the Local Ecological Network*. Kyiv. Pp. 79–85. [Садогурский С.Е., Белич Т.В., Садогурская С.А. 2013. Некоторые аспекты формирования региональной и локальных экологических сетей в Крыму. В кн.: *Природа Восточного Крыма. Оценка биоразнообразия и разработка проекта локальной экологической сети*. Киев. С. 79–85].
- Sadogurskiy S.Ye., Sadogurskaya S.A., Belich T.V. 2016. Biomass and distribution of macrophytobenthos of Karadzinskaya Bay and laguna lake Karadza (Crimea, Black Sea). *Sb. Nauch. Tr. Nikit. Bot. Sada.* 143: 197–208. [Садогурский С.Е., Садогурская С.С., Белич Т.В. 2016. Биомасса и распределение макрофитобентоса Караджинской бухты и оз. Караджа (Крым, Чёрное море). *Сб. науч. тр. Никит. бот. сада.* 143: 197–208].
- Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A. 2017a. In: *NATURA 2000 network as an innovative system for the protection of rare species and habitats in Ukraine*: Mat. sci.-pract. sem. Kyiv. Pp. 208–209. [Садогурський С.Ю., Белич Т.В., Садогурська С.О. 2017а. Про деякі аспекти виділення структурно-функціональних елементів екомереж в береговій зоні моря. В кн.: *Мережа НАТУРА 2000 як інноваційна система охорони рідкісних видів та оселищ в Україні*: Мат. наук.-практ. сем. Київ. С. 208–209].
- Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A. 2019. Macrophytes of the marine water areas of the nature reserves in the Crimean Peninsula (Black Sea and Azov Sea). *Int. J. Algae*. 21(3): 253–270. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i3.50>
- Sadogurskiy S.Ye., Ryff L.E., Sadogurskaya S.A., Belich T.V. 2017b. In: *Proc. 14th Congr. Ukr. Bot. Soc. (Kyiv)*. Kyiv. P. 134. [Садогурський С.Ю., Рифф Л.Е., Садогурська С.О., Белич Т.В. 2017б. До стратегії збереження природного фіторізноманіття берегової зони моря. В кн.: *Матеріали 14 з'їзду УБТ (25–26.04.2017, Київ)*. Київ. С. 134.
- The current state of the coastal zone of Crimea*. 2015. Ed. Yu.N. Goryachkin. Sevastopol: ECOSY-Hydrophysica. 252 p. [*Современное состояние береговой зоны Крыма*. 2015. Ред. Ю.Н. Горячкин. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 252 с.].
- The International Plant Names Index (IPNI)*. 2021. <http://www.ipni.org> (searched on 25.06.2021).
- Yudin V.V. 2013. In: *Azov and Black Sea test area for studying of geodynamics and fluid dynamics of the formation of oil and gas fields*: Mat. XI Int. Conf. Simferopol. Pp. 107–121. [Юдин В.В. 2013. Геология и геодинамика Тарханкутского полуострова. В кн.: *Азово-Черноморский полигон изучения геодинамики и флюидодинамики формирования месторождений нефти и газа*: Мат. XI Междунар. конф. Симферополь. С. 107–121].

- Zenkovich V.P. 1960. *Morphology and Dynamics of the soviet Coast of the Black Sea*. Vol. 2. Moscow: AN SSSR. 216 p. [Зенкович В.П. 1960. *Морфология и динамика советских берегов Чёрного моря*. Т. 2. М.: АН СССР. 216 с.].
- Zinova A.D. 1967. *Identification Manual of green, brown and red Algae of the Southern Seas of the USSR*. Moscow, Leningrad: Nauka. 400 p. [Зинова А.Д. 1967. *Определитель зеленых, бурых и красных водорослей Южных морей СССР*. М., Л.: Наука. 400 с.].

Підписала до друку Г.Г. Мінічева

Sadogurskiy S.Yu., Sadogurska S.O., Belich T.V. 2021. **Composition and distribution of macrophytobenthos near the coast of Tarkhankut Peninsula (The Black Sea, Crimea).** *Algologia*. 31(3): 249–270

Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center, vil. Nikita, Yalta 98648, Crimea

The data on the composition and distribution of macrophytobenthos of marine and lagoon water areas of the Black Sea coastal zone in the west of the Tarkhankut Peninsula in the summer season are presented. It is shown that the occurrence and general characteristics of the vegetation cover are determined by the type of substrate. In the sea (where hydrological conditions are relatively homogeneous), the ratio of ecological-floristic groups and the species composition change with distance from the coast and along with it, depending on the depth and geomorphological features of coastal zone fragments. In the lagoon, the ratio of such groups changes along the complex gradient of environmental factors, formed by the groundwater runoff of fresh and marine waters. Within the surveyed area, 91 species of macrophytes were registered: *Tracheophyta* – 1 species (1.1%), *Chlorophyta* – 23 (25.3%), *Ochrophyta* (*Phaeophyceae*) – 21 (23.1%), and *Rhodophyta* – 46 (50.5%). Of these, 87 species were recorded in the sea (including 44 in the pseudolittoral zone and 81 – in the sublittoral zone). The macrophytobenthos has a pronounced marine oligosaprobic character. Short-vegetation *Rhodophyta* dominate by the number of species, and perennial *Phaeophyceae* dominate by biomass, reaching 1 kg·m⁻² in the pseudolittoral and almost 7 kg·m⁻² in the sublittoral. In the lagoon, 18 species of macrophytes were registered (4 exclusively in the lagoon). Mesosaprobic short-vegetation *Rhodophyta* dominate by the number of species; marine and brackish-water macrophytes are equally represented. Polysaprobic perennial *Tracheophyta*, which belong to the marine group, dominate by biomass, which is ranging from 0.04 to 1.2 kg·m⁻². It was found that at the time of the research, the macrophytobenthos of the surveyed area was characterized by high productivity, high species, and coenotic diversity. There were taxa and biotopes, which are subject to special protection under regional and international programs. In general, the nature of the vegetation, the composition of the flora and the ratio of the main ecological-floristic indicators corresponded to those indicated for the Tarkhankut-Sevastopol hydrobotanical region of the Black Sea. Considering the zoological value, the aquatic component of the territorial-aquatic complex was recommended for conservation and inclusion in the ecological networks (incl. the Emerald Network). The increased anthropogenic pressure and the threat of the coastal zone transformation actualize the problem of its conservation as one of the key reserves of the floristic and biotopic diversity of coastal-marine areas in the Northern Black Sea region.

Key words: Black Sea, Crimea, Tarkhankut Peninsula, macrophytobenthos, species composition, structure, distribution, conservation

Знахідка діатомової водорості *Cymbella australica* (A.Schmidt) Cl. у водоймах м. Києва (Україна)

Ліліцька Г.Г.

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

Надійшла до редакції 25.05.2021. Після доопрацювання 14.06.2021. Підписана до друку 10.07.2021.
Опублікована 22.09.2021

Реферат. При вивченні альгофлори м. Києва у деяких заплавлених водоймах було знайдено діатомею *Cymbella australica*. Київська популяція цього виду мала певні розбіжності з діагнозом (Krammer, 2002) щодо розміру клітин та грубості тонкої структури, які зближували її з *C. tumida* (Bréb.) Van Heurck. Проте обриси стулок чітко відокремлювали київську популяцію *C. australica* від *C. tumida*. Запропоновано розширити діагноз *C. australica* та вважати обриси клітини єдиною дискримінаційною ознакою між *C. australica* та *C. tumida*.

Ключові слова: *Cymbella australica*, Bacillariophyta, дискримінаційні ознаки, обриси клітини, київська популяція

Вступ

При вивченні альгофлори м. Києва в деяких водоймах (рис. 1) було знайдено прісноводну діатомею *Cymbella australica* (A.Schmidt) Cl. Вона досить розповсюджена у світі й трапляється майже на всіх континентах: в Австралії (Day et al., 1995), Північній (Eberle, 1982; Poulin et al., 1995; Kociolek, 2005) та Південній Америці (Metzeltin, García-Rodríguez, 2012), Африці (Krammer, 2002), Азії (Lee et al., 1995; Edlund et al., 2001; Dorofeyuk, Kulikovskiy, 2012) тощо. Відомі її знахідки в Океанії: Новій Зеландії (Chapman et al., 1957; Harper et al., 2012) та Новій Гвінеї (Krammer, 2002). В Європі *C. australica* недавно відмічена в Румунії (Caraus, 2017).

Cymbella australica належить до так званої *tumida/mexicana*¹ групи, для якої характерна одна стигма особливої будови (рис. 2: 2, 4, 6, 8–10). Зовні вона може знаходитися між проксимальними кінцями гілок шва (як у *C. mexicana* (Cl.) Krammer) або на центральному полі вентральної стулки (як у *C. australica* та *C. tumida*) (рис. 2, 5, 7). Для розмежування видів *C. australica* та *C. tumida* використовують такі дискримінаційні ознаки (Krammer, 2002): обриси стулок, розміри клітин та грубість тонкої структури стулок (= щільність ареол у штриху).

У київської популяції *C. australica* з цими ознаками повністю збігаються лише обриси клітин (див. таблицю). Це спонукає детальніше розглянути морфологічні ознаки *C. australica* (за діагнозом і київську популяцію) та *C. tumida*.

Матеріали та методи

Для дослідження використовували проби епіфітону, змиті з водопериці (*Myriophyllum* L.), куширу (*Ceratophyllum demersum* L.) та зелених нитчастих водоростей, знайдених у трьох водоймах м. Києва (затоки Верблюд, Матвіївська та заплавне озеро на північ від Матвіївської затоки) (див. рис. 1). Одночасно зі збором зразків вимірювали рН і температуру води. Проби відбирали навесні, влітку та восени протягом 2014–2016 рр. у водоймах на Трухановому острові та 07.09.2016 р. у затоці Верблюд. Загалом *C. australica* траплялася у 12 альгологічних зразках (іноді лише 1–2 екз.) з травня до листопада при температурі 20–24 °C та рН 7,2–9,2.

Зразки підготовлено за стандартною методикою (Topachevskyi, Oksiyuk, 1960) з незначними змінами (зокрема збільшення терміну підготовки матеріалу) методом холодного випалювання (у насиченому розчині біхромату калію в концентрованій сірчаній кислоті) або кип'ятіння в концентрованій сірчаній кислоті з додаванням кількох кристаликів нітрату калію. У разі необхідності відпрацьований розчин кислоти заміняли на свіжий. Термін підготовки проби визначали за станом матеріалу. В цілому обміряно 53 стулки *C. australica* (довжину, ширину, їхнє співвідношення та кількість штрихів у 10 мкм). Для встановлення кількості ареол у 10 мкм використали 21 стулку.

Електронні мікрофотографії зроблено на скануючому електронному мікроскопі (CEM) JSM-6060LA. Роботу з фотографіями проводили в програмі Adobe Photoshop CS6. Ідентифікацію проводили за допомогою монографічної обробки роду *Cymbella* (Krammer, 2002).

¹ Назва групи (Krammer, 2002) – "tumidula/mexicana group", мабуть, є помилковою, оскільки до неї входить саме *Cymbella tumida*. Вид *C. tumidula* Grun., що є синонімом *C. affinis* Kütz., входить в іншу групу *Cymbella* C.Agardh.

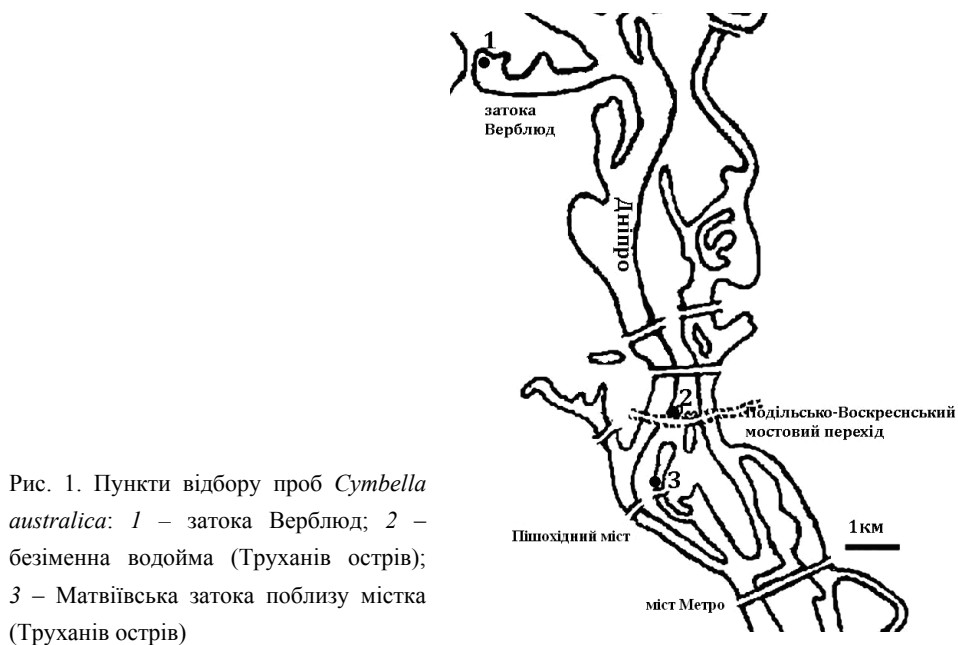


Рис. 1. Пункти відбору проб *Cymbella australica*: 1 – затока Верблюд; 2 – безіменна водойма (Труханів острів); 3 – Матвіївська затока поблизу містка (Труханів острів)

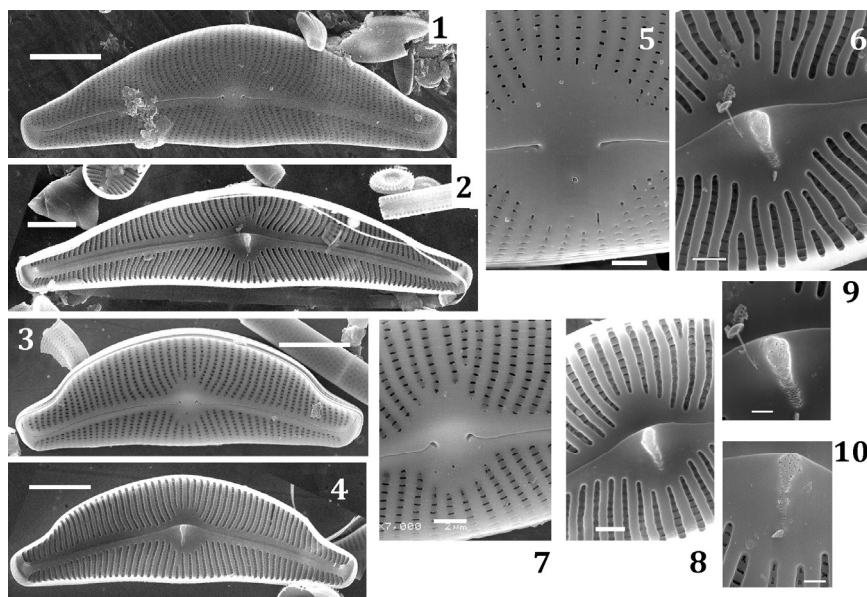


Рис. 2. Морфологія *Cymbella australica* (1, 2, 5, 6, 9) та *Cymbella tumida* (3, 4, 7, 8). Стулки зовні (1, 3, 5, 7) та зсередини (2, 4, 6, 8–10). Масштаб: 1–4 – 10 мкм, 5–8 – 2 мкм, 9, 10 – 1 мкм

Результати та обговорення

Обриси клітин київської популяції *Cymbella australica* повністю збігаються з діагнозом і чітко (без перехідних форм) відокремлюють її від *C. tumida* (див. таблицю, рис. 3, 1–6 та 7–11). Інші ознаки, що певною мірою пов'язані з габітусом клітини (обриси кінців стулок, максимальне значення показника довжина/ширина клітини), та відношення розмірів центрального поля ширини стулки повністю збігаються з діагнозом (див. таблицю). Як видно з таблиці, максимальне відношення довжина/ширина у *C. tumida* менше за мінімальне у *C. australica*. Отже обриси клітини є надійною дискримінаційною ознакою для цих видів.

Розміри стулок (довжина та ширина) *C. australica* та *C. tumida* за діагнозом не перекриваються. Київська популяція якраз заповнює цей проміжок: нижні ліміти розмірів збігаються з верхніми *C. tumida*, верхні – з нижніми *C. australica* (див. таблицю).

Таблиця. Співставлення ознак *Cymbella australica* та *C. tumida*

Ознака	Cymbella australica		Cymbella tumida
	Київська популяція	за: Krammer, 2002	за: Krammer, 2002
Обриси стулок	Помірно дорзовентральні, човникоподібно-ланцетні		Сильно дорзовент-ральні. широко напівеліптичні
Кінці стулок	Не відтягнуті або ледь відтягнуті, широко заокруглені		Рострально відтягнуті
Розміри стулок:			
довжина (мкм)	(70,8)89–106(110)	100–142	35–95
ширина (мкм)	(15,3)18,5–20(22,6)	24–30	16–24
співвідношення довжина/ширина	(4,4)4,6–5,1(5,2)*	–	–
максимальне співвідношення довжина/ширина	5,1(5,2)*	5,1	4,0
Кількість штрихів у 10 мкм	(8)9–10 (біля середини) 12–13 (біля кінців)	7–8 (біля середини) 12–13 (біля кінців)	8–11 (біля середини) 12–13 (біля кінців)
Спрямованість штрихів на кінцях стулок	Конвергентні або паралельні	Слабко конвергентні** паралельні***	Слабко радіальні до паралельних
Кількість ареол у 10 мкм	(15)-18–20	12–15	14–19
Центральне поле	½ ширини стулки		½ – ⅓ ширини стулки

* Відмічено один раз. ** За К. Краммером (Krammer, 2002). *** За П.Т. Клеве (Cleve, 1894).

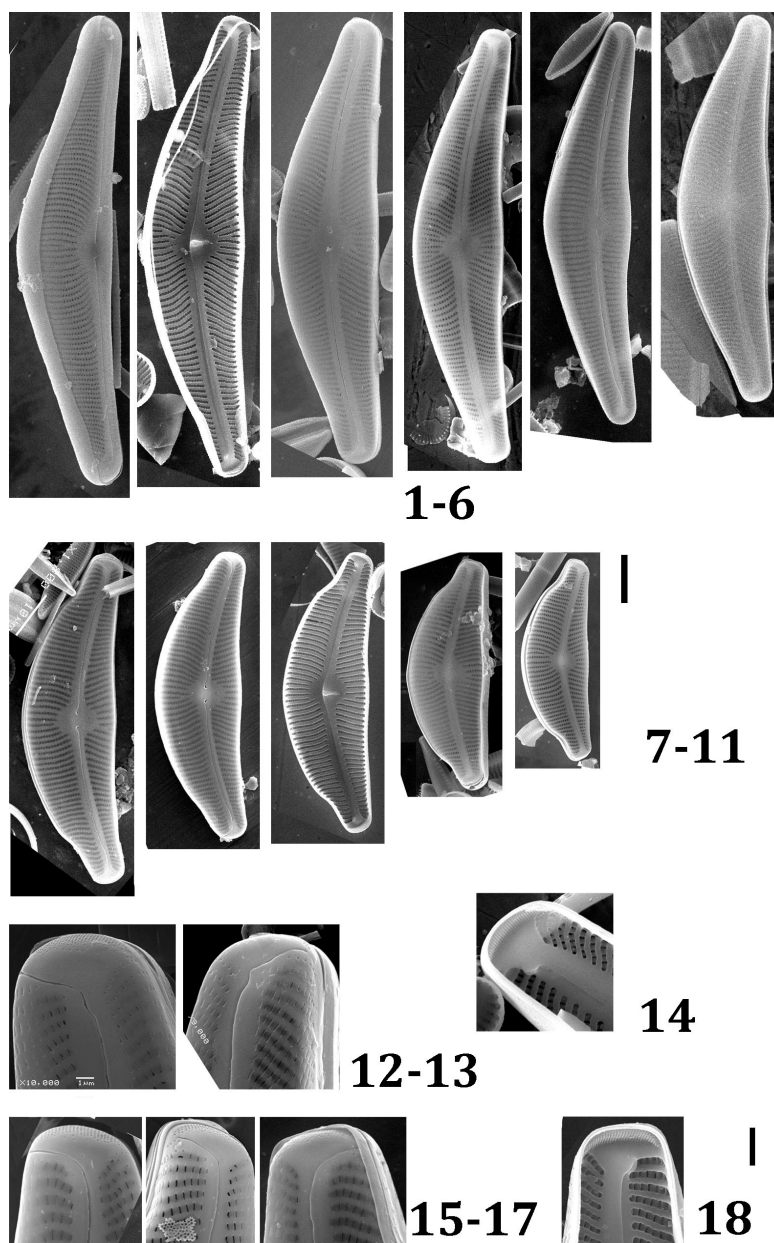


Рис. 3. Порівняння деяких ознак у київської популяції *Cymbella australica* (1–6, 12–14) та *Cymbella tumida* (7–11, 15–18); 1–6, 7–11 – обриси стулок; 12, 13, 15–17 – дистальні кінці шва; 14, 18 – кінці стулок зсередини. Масштаб: 1–15 – 10 мкм, 12–18 – 2 мкм

Щільність штрихів посередині стулок у *C. australica* та *C. tumida* перекривається, утворюючи безперервний ряд. У київської популяції штрихи розташовані дещо густіше ніж за діагнозом. Це може бути пов'язано з меншими розмірами стулок. Встановлено, що у діатомей

щільність штрихів може зростати зі зменшенням розмірів стулок (Genkal et al., 2007; Kulikovskiy, 2007).

Щільність ареол у штриху *C. australica* та *C. tumida* перекривається, утворюючи безперервний ряд (див. таблицю). Це знижує цінність цієї ознаки як дискримінаційної. У київської популяції щільність ареол відповідає таким у *C. tumida* (таблиця). Тоді виникає питання про цінність цієї ознаки як дискримінаційної. Зазвичай такі ознаки, як кількість штрихів або ореол у 10 мкм використовують як додаткові.

Зсередини кінці стулок *C. australica* та *C. tumida* ідентичні (див. рис. 3, 14, 18). Зовні дистальні кінці гілок шва *C. australica* більш куцисті порівняно з такими у *C. tumida* (див. рис. 3, 12, 13, 15–17). Більш куцисті кінці швів *C. australica* видно на фотографіях у монографії К. Краммера (Krammer, 2002). Проте зважати на цю ознаку, мабуть, не варто, оскільки, по-перше, невідома її цінність, по-друге – вона правомірна лише для електронно-мікроскопічних фото.

Таким чином, єдиною надійною дискримінаційною ознакою для розмежування *C. australica* та *C. tumida* є обриси стулок.

Вважаємо за доцільне доповнити діагноз *Cymbella australica* (Krammer, 2002) щодо розмірів стулок та щільності штрихів і ареол.

Ще однією ознакою є спрямованість штрихів. За авторським діагнозом П.Т. Клеве (Cleve, 1894) у *Cymbella australica* штрихи на кінцях стулки паралельні, за К. Краммером (Krammer, 2002) – слабо конвергентні. У київської популяції штрихи конвергентні або паралельні, іноді на дорзальному та вентральному боці стулки нахил штрихів відрізняється.

Cymbella australica та *C. tumida* безперечно є близькими за морфологією спорідненими таксонами, що мають спільне походження. Природно виникає питання про таксономічний статус *C. australica*. При великій морфологічній схожості *C. australica* та *C. tumida* надання чи скасування статусу окремого виду *C. australica* викликає певні складнощі. Проте враховуючи дискретний характер обрисів форми стулок *C. australica* та *C. tumida*, *C. australica* принаймні є внутрішньовидовим таксоном.

Висновки

Єдиною надійною дискримінаційною ознакою видів *Cymbella australica* та *C. tumida* є обриси клітини і пов'язані з ними інші ознаки (форма кінців стулок, відношення ширина/довжина стулки).

Запропоновано доповнити діагноз *Cymbella australica*, що стосується розмірів стулок та щільності штрихів і ареол, врахувавши данні щодо київської популяції.

Автор висловлює щиру подяку операторам електронного мікроскопу Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного Н.С. Новиченко та А.В. Терещенку за допомогу при роботі на СЕМ.

Список літератури

- Caraus I. 2017. Algae of Romania. A distributional checklist of actual algae. Version 2.4. *Stud. Cerc. Biol.* 7: 1–1002.
- Chapman V.J., Thompson R.H., Segar E.C.M. 1957. Check list of the fresh-water algae of New Zealand. *Trans. Roy. Soc. New Zealand.* 84: 695–747.
- Cleve P.T. 1894. Synopsis of the naviculoid diatoms. Pt I. *Kongl. Svenska Vet.-Akad. Handl. Ser.* 26(2): 1–194.
- Day S.A., Wickham R.P., Entwisle T.J., Tyler P.A. 1995. Bibliographic check-list of non-marine algae in Australia. *Flora Australia.* Suppl. Ser. 4: 1–276.
- Dorofeyuk N., Kulikovskiy M. 2012. *Diatoms of Mongolia. Biological resources and natural conditions of Mongolia*: Proc. Joint Russian-Mongolian Complex Biol. Exped. Vol. 59. Moscow: Inst. Ecol. Evol. RAN. 367 p.
- Eberle M.E. 1982. Annotated list of diatoms reported From Kansas. *Fort Hayes Stud.* 64: 1–145.
- Edlund M.B., Soninkhishig N., Williams R.M. Stoermer E.F. 2001. Biodiversity of Mongolia: checklist of diatoms, including new distributional reports of 31 taxa. *Nova Hedw.* 72(1–2): 59–90.
- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S. Stenina A.S. 2007. Variability of the main structural elements of the sash of some species. *Inland Wat. Biol.* (2): 20–25. [Генкал С.И., Куликовский М.С., Стенина А.С. 2007. Изменчивость основных структурных элементов створки некоторых видов. *Биол. внутр. вод.* (2): 20–25].
- Harper M.A., Cassie Cooper V., Chang F.H., Nelson W.A., Broady P.A. 2012. In: *New Zealand inventory of biodiversity*. Vol. 3. *Kingdoms Bacteria, Protozoa, Chromista, Plantae, Fungi*. Christchurch: Canterbury Univ. Press. Pp. 114–163.
- Kociolek J.P. 2005. A checklist and preliminary bibliography of the Recent, freshwater diatoms of inland environments of the continental United States. *Proc. California Acad. Sci.* 56(27): 395–525.
- Krammer K. 2002. *Diatoms of Europe, diatoms of the European inland waters and comparable habitats*. Vol. 3. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G. 584 p.
- Kulikovskiy M.S. 2007. *Bacillariophyta of some sphagnum bogs of the European part of Russia*: PhD. (Biol.) Abstract. St. Petersburg. 24 p. [Куликовский М.С. 2007. *Диатомовые водоросли некоторых сфагновых болот Европейской части России*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб. 24 с.].
- Lee K., Choi J.K., Lee J.H. 1995. Taxonomic studies on diatoms in Korea. II. Check-list. *Korean J. Phycol.* 10(Suppl.): 13–89.

- Metzeltin D., García-Rodríguez F. 2012. *Las diatomeas Uruguayas Segunda edición*. Uruguay: DIRAC Facult. Ciencias, Univ. Repúbl. 207 p.
- Poulin M., Hamilton P.B., Proulx M. 1995. Catalogue des algues d'eau douce du Québec, Canada. *Can. Field-Natur.* 109: 27–110.
- Topachevskyi O.V., Oksiyuk O.P. 1960. In: *Identification manual of freshwater algae of the Ukrainian RSR*. Issue 11. Kyiv: Naukova Dumka. 412 p. [Топачевський О.В., Оксіюк О.П. 1960. Діатомові водорості – *Bacillariophyta*. У кн.: *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Вип. 11. Київ: Наук. думка. 412 с.].

Підписала до друку О.М. Виноградова

Lilitska G.G. 2021. **The record of the diatom *Cymbella australica* (A.Schmidt) Cl. in water bodies of Kyiv (Ukraine).** *Algologia*. 31(3): 271–278

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

The diatom *Cymbella australica* was found in some water bodies in research of the algae flora of Kyiv. The Kyiv population of this species had some discrepancies with the diagnosis (Krammer, 2002) of cell size and coarse structure, which brought it closer to *C. tumida* (Bréb.) Van Heurck. However, the outlines of the sash clearly separated the Kyiv population of *C. australica* from *C. tumida*. It is proposed to expand the diagnosis of *C. australica* and to consider cell outlines as the only discriminatory feature between *C. australica* and *C. tumida*.

Key words: *Cymbella australica*, *Bacillariophyta*, discriminatory feature, cell size, Kyiv population

Альгологічні дослідження в Одеському університеті (1965–2015). Становлення школи професора І.І. Погребняка

Кузнєцов В.О., Ткаченко Ф.П.

*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса 65028, Україна
tvf@ukr.net*

Надійшла до редакції 25.07.2021. Після доопрацювання 28.07.2021. Підписана до друку 29.07.2021.
Опублікована 22.09.2021

Реферат. Проаналізовано сучасний період розвитку альгологічних досліджень в Одеському університеті. Створення наукової школи під керівництвом професора І.І. Погребняка стало поштовхом до відновлення альгологічних досліджень у Чорному морі, його лиманах і деяких прісноводних водоймах півдня України. Дослідження охоплювали бентосні та планктонні угруповання водоростей, а також їхні окремі систематичні групи, зокрема синьозелені, діатомові, криптофітові, динофітові, зелені, червоні та бурі водорості. Приділялася увага можливому практичному використанню водоростей в екології, сільському господарстві та медицині. Дослідження І.І. Погребняка продовжили його учні – доктори біологічних наук Гусляков М.О., Маслов І.І., Ткаченко Ф.П. та десятки молодих учених, вже їхніх учнів.

К л ю ч о в і с л о в а : водорості, історія досліджень, Одеський університет

Вступ

Наукова школа – це неформальна високорозвинена референтна соціальна група науковців з авторитетним лідером на чолі, яка виникає в результаті творчої діяльності асоціації вчених у певній галузі науки, має свою оригінальну методику досліджень, педагогічну систему та існує, як мінімум, протягом двох поколінь науковців (Kuznetsov, 2007).

Кожна наукова школа має власну історію, проходить етап «передшколи», на підґрунті якої виникає певний науковий напрям, з'являється лідер і починає формуватися активний центр наукових досліджень, на базі якого зароджується нова наукова школа (Trass, 1976).

© Кузнєцов В.О., Ткаченко Ф.П., 2021

В умовах Одеси етап альгологічної наукової «передшколи» тривав майже століття. В дореволюційні часи часто відбувалася ротація вчених між різними навчальними закладами, тому альгологічні дослідження, розпочаті в Одеському університеті, як правило, продовжувалися в інших містах. Здобуті знання з альгології Чорного моря до початку XX ст. не були систематизовані та узагальнені. Умови для виникнення наукової альгологічної школи в Одесі створилися в 30-х роках XX ст. Вперше питання про систематичне всебічне вивчення водоростей поставив академік В.І. Липський. Він започаткував в Одеському університеті альгологічний науковий напрям, на базі якого в 70-х роках XX ст. сформувалася наукова альгологічна школа професора І.І. Погребняка.

Його автобіографічний нарис представлений нами в попередній статті (Kuznetsov, Tkachenko, 2020).

Погребняк Іван Іванович (1908–1982)

Науковий доробок вченого налічує близько 100 наукових праць. Він уперше висловив думку про те, що донна рослинність Чорного моря та суміжних водойм своїм походженням тісно пов'язана з флорою Сарматського та Меотичного басейнів. В останній період середземно-морського розвитку флора Чорного моря збагачується атлантичними мігрантами через Босфор. Вони витісняють вихідну флору сарматського (понтичного) типу. Таким чином відбувається становлення сучасної донної альгофлори Чорного моря (Kalugina-Gutnik, 1986).

Аспірантуру при кафедрі морфології і систематики рослин під керівництвом доцента І.І. Погребняка було відкрито в жовтні 1965 р. (Archives..., 1965). У липні 1966 р. вчений отримав ступінь доктора біологічних наук, а в грудні – звання професора кафедри систематики рослин (Archives, 1982). За роки існування аспірантури 10 українських та іноземних аспірантів завершили навчання з представленням дисертаційних робіт, але захистилися лише семеро, троє з них у подальшому стали докторами біологічних наук.

У жовтні 1965 р. Міністерство вищої і середньої спеціальної освіти СРСР направило до аспірантури ОДУ імені І.І. Мечникова двох громадян з ОАР (з 1971 р. – Арабська Республіка Єгипет), які виявили бажання займатися альгологічними дослідженнями. Це Абдель Фаттах Халіфа Митваллі (Митваллі Абдельфаттах Халіфа) та Ель Імам Абду Ель Імам (Кобія Імам Абду Ельімам) (Abdel'gani Nur El'-Din Halil', 1974; Kobia Imam Abdu El'imam, 1970). Перший був зарахований на кафедру морфології та систематики рослин (науковий керівник доцент І.І. Погребняк, другий – на кафедру анатомії та фізіології рослин (науковий керівник професор Г.В. Ткаченко (Archives..., 1965). Г.В. Ткаченко був фахівцем у галузі фізіології вищих культурних рослин, тому альгологічна частина дисертації фактично виконувалася під керівництвом І.І. Погребняка. Обидва інозем-

них аспіранти у 1970 р. захистили дисертації на здобуття наукового ступеня кандидатів біологічних наук.

МИТВАЛЛИ Абдельфаттах Халіфа

У 1965 р. зарахований до аспірантури на кафедру систематики і морфології рослин. Після закінчення аспірантури захистив кандидатську дисертацію на тему: «Влияние солёности воды на биологические, физиологические и биохимические особенности бурой водоросли *Cystoseira barbata* (Good. et Wood.) Ag. Одесского залива Чёрного моря» (Mitwalli, 1970). У роботі проаналізовано сезонні зміни та вплив солоності води на вміст альгінової кислоти й маніту у слані водорості на активність фотосинтезу та ферментів каталази та пероксидази. З'ясовувалися бактерицидні властивості екстрактів цистозіри.

КОБІА Імам Абду Ельімам

Виконав дисертаційну роботу на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за темою: «Морфологическое и хемотаксономическое изучение цистозеры Чёрного моря» (Kobia, 1970). На підставі біохімічних досліджень було підтверджено, що в Чорному морі існують два види цистозіри: *Cystoseira barbata* (Good. et Wood.) Ag. та *C. bosporica* Sauv. Висловлено припущення, що цистозіра Одеського узбережжя та захищених від прибою місць Криму є самостійною формою *C. barbata* (Good. et Wood.) f. *hoppii* Ag., а *C. barbata* f. *flaccida* є гібридною формою між *C. barbata* та *C. bosporica*.

АБДЕЛЬГАНИ Нур Ель-Дін Халіль

Був зарахований до аспірантури у жовтні 1971 р. Він успішно завершив навчання, захистивши в 1974 р. дисертацію на тему: «Изучение особенностей развития и продуктивности цистозейры Чёрного моря» (Абдельгани, 1970). У роботі наведені результати порівняльного аналізу морфологічних ознак проростків, вегетативних і генеративних органів водоростей на різних етапах розвитку у різних умовах існування (узбережжя Одеси, Ялти, мис Март'ян, Григорівський лиман). Динаміка біомаси у районах досліджень. Уточнена внутрішньовидова таксономія *Cystoseira barbata* (Good. et Wood.) Ag.

Першим серед вітчизняних аспірантів професора І.І. Погребняка був В.В. Сівцов.

СИВЦОВ (Сівцов) Віктор Васильович (1942–1971)

Народився у м. Батумі в родині військовослужбовця. У 1960 р. вступив до Одеського сільськогосподарського інституту, але після 1-го курсу перевівся на біологічний факультет ОДУ, де в подальшому працював лаборантом кафедри морфології і систематики рослин. У 1967 р. був зарахований до аспірантури (Archives..., 1967), яку закінчив у 1970 р. з представленням кандидатської дисертації на тему: «Биохимические

критерии в систематике красных водорослей Черного моря» (Sivtsov, 1970b). У рецензії на роботу професор-біохімік А.Я. Розанов відмічав, що біохімічна інформація, використана в таксономічному аналізі червоних водоростей Чорного моря, розглянута у зв'язку з екологічними і біологічними особливостями таксонів. Уперше наведено дані про білковий склад і склад вільних амінокислот червоних водоростей (Archives..., 1970). Окрім двох тез аспірант підготував дві статті, які викликали інтерес альгологів і біохіміків (Sivtsov, 1970a; Sivtsov, Rutkovskij, 1970).

Після успішного захисту кандидатської дисертації В.В. Сивцов був запрошений на посаду завідувача лабораторії альгології Мурманського морського біологічного інституту АН СРСР, але невдовзі трагічно загинув (Archives..., 1970).

ОСТРОВЧУК Петро Петрович (1934)

Народився в с. Козятин (Вінницька обл.). Вступив на природниче відділення Бердичівського педінституту. У 1956 р. у зв'язку з розформуванням інституту був переведений на біологічний факультет ОДУ, який закінчив у 1959 р. з відзнакою. Працював на посадах лаборанта і молодшого наукового співробітника кафедри морфології та систематики рослин (Archives..., 1969).

У 1969 р. вступив до аспірантури ОДУ імені І.І. Мечникова за спеціальністю «Ботаніка». Ще до вступу і протягом навчання в аспірантурі надрукував декілька статей в різних наукових виданнях (Pogrebnyak, Ostrovchuk, 1972; та ін.) і тез конференцій. Завершив навчання в 1972 р., представивши кандидатську дисертацію на тему: «Донная растительность Каркинитского залива Черного моря» (Ostrovchuk, 1973). У роботі вперше в альгологічних дослідженнях використані фітоценологічні методи. Виділено та описано 37 асоціацій альгоценозів затоки, з'ясована їхня приуроченість до глибин та рельєфу дна. За результатами досліджень виявлено 145 видів макрофітів, з яких 57 уперше зафіксовані для Каркінітської затоки. Після закінчення аспірантури П.П. Островчук був зарахований до ОДУ на посаду молодшого наукового співробітника в Проблемну лабораторію, але за родинними обставинами переїхав до Миколаєва, де працював на сільськогосподарській дослідній станції. Альгологічними дослідженнями в подальшому не займався.

Основним предметом досліджень І.І. Погребняка протягом його наукової діяльності був макрофітобентос Чорного моря та прилеглих водойм, але у 1973 р. вчений започаткував новий напрям досліджень і запропонував своєму аспіранту М.О. Гусякову долучитися до вивчення діатомових водоростей Одеського узбережжя Чорного моря.

ГУСЛЯКОВ Микола Омелянович (1950–2004)

Народився в с. Стара Некрасівка (Ізмаїльський р-н, Одеська обл.) Після закінчення з відзнакою Білгород-Дністровського морського рибпромисло-

вого технікуму в 1968 р. вступив на біологічний факультет ОДУ імені І.І. Мечникова (Archives..., 1977). По закінченню навчання (1973) працював асистентом кафедри систематики та морфології рослин (Archives..., 2004) та вступив до аспірантури без відриву від виробництва (Archives..., 1973). У листопаді 1977 р. завершив навчання в аспірантурі з представленням дисертаційної роботи на тему: «Диатомовые водоросли обрастаний Одесского побережья Черного моря», яку захистив у 1978 р. (Guslyakov, 1978).

Під час досліджень М.О. Гусяков зафіксував в обростаннях на водоростях-макрофітах та твердих субстратах 173 види, різновиди та форми діатомових водоростей, які належали до двох класів, трьох порядків, 9 родин і 36 родів. Описав один новий для науки вид – *Gomphonema domniciae*, два види, нових для СРСР, 6 видів і різновидів уперше виявлені для Чорного моря. За допомогою трансмісійного електронного мікроскопу була уточнена структура стулок ряду видів діатомей. Показано розподіл діатомових водоростей в Одеській затоці в зв'язку з їхніми сезонними особливостями розвитку та впливу на них забруднення моря. Довів схожість видового складу діатомових водоростей в Одеській затоці й Каспійському морі. У 1980 р. М.О. Гусяков обраний на посаду доцента кафедри ботаніки (Archives..., 1980), а в 1982 р. затверджений у вченому званні доцента. У 1990 р. його переведено на посаду доцента новоствореної кафедри гідробіології та загальної екології та призначено виконуючим обов'язки завідувача з наступним затвердженням на цій посаді (Archives..., 2004).

Все своє життя М.О. Гусяков присвятив активній викладацькій роботі, керував науково-дослідницькими госпдоговірними та держбюджетними темами, організовував наукові екскурсії та експедиції на водойми регіону зі співробітниками кафедри, аспірантами та студентами (Professors..., 2005). У 1992 р. разом зі співавторами видав монографію: «Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов» (Guslyakov et al., 1992), брав участь у написанні розділу «Мікрофітобентос» до національної доповіді України з біорізноманіття Чорного моря (Guslyakov, Nevrova, 1998). Результати наукових досліджень цього періоду вчений узагальнив у докторській дисертації на тему: «Діатомові водорості бентосу Чорного моря та суміжних водойм» (Guslyakov, 2002), яку успішно захистив у лютому 2003 р.

Він висунув власну гіпотезу про походження морфологічних структур у діатомових водоростей; виділив у флорі діатомових водоростей 14 зонально-географічних, 6 генетичних і 4 хронологічних комплекси; запропонував принципи класифікації родів *Cymbella* і *Cocconeis*; описав 16 нових для науки видів, один різновид і п'ять підродів, дві родини і два підпорядки. Здійснив таксономічні комбінації 21 виду і 7 різновидів, вперше для Чорного моря наведено 102 види, запропоновано виділення

нової екологічної групи організмів, які локалізуються у просторі між піщинками в зоні заплеску хвиль – мезопсамон (Guslyakov, 2005). Всього в його доробку 86 наукових робіт.

Під науковим керівництвом М.О. Гусякова захищено 5 дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук: Нгуєн В.Т., Герасимюк В.П., Нєврова О.Л., Терєнько Г.В., Ковтун О.О. (О.Л. Нєврова вже захистила дисертацію на здобуття наукового ступення доктора біологічних наук).

Нгуєн Ван Тієн

У 1988 р. завершив дослідження і захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук на тему: «Морфология, биология и экология промысловых водорослей Вьетнама» (Nguyen Van Tien, 1988). Після захисту відбув на батьківщину.

Герасимюк Валерій Петрович (1959)

Народився в Одесі. В 1982 р. закінчив біологічний факультет Одеського державного університету імені І.І. Мечникова з відзнакою. У 1993 р. захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук на тему: «Діатомові водорості бентосу Хаджибейського та Куяльницького лиманів (Північно-Західне Причорномор'я)» (Gerasimyuk, 1992). Працював на посаді доцента кафедри ботаніки ОНУ імені І.І. Мечникова, а з 2020 р. переведений на посаду доцента кафедри гідробіології та загальної екології. За сумісництвом працював старшим науковим співробітником фізико-хімічного інституту захисту навколишнього середовища і людини МОН і НАН України (серпень 2004 р. – грудень 2018 р.).

В його доробку близько 160 наукових робіт. Брав участь у написанні 4 колективних монографій (Guslyakov et al., 1992; Algae..., 2009; Borisova et al., 2014; Gerasimyuk et al., 2020).

Нєврова Олена Леонідівна (1961)

Народилася в Севастополі. Закінчила біологічний факультет Одеського державного університету (ОДУ) імені І.І. Мечникова без відриву від виробництва в 1986 р. Була прикріплена до кафедри ботаніки, де проводила дослідження під керівництвом доцента М.О. Гусякова. Кандидатську дисертацію на тему: «Состав, распределение и динамика развития донных диатомовых водорослей в некоторых районах Черного моря» захистила в 1992 р., та докторську під назвою «Донные диатомовые водоросли (Bacillariophyta) Черного моря: разнообразие и структура таксоценов различных биотопов» – у лютому 2015 р. Нині працює провідним науковим співробітником відділу екології бентосу в ІнБПМ імені О.О. Ковалевського (м. Севастополь). Має понад 100 наукових праць, серед яких вісім одноосібних (Nevrova, Petrov, 2008; Nevrova et al., 2015).

Теренько Галина Вікторівна (1974)

Народилася в Одесі. Закінчивши біологічний факультет ОНУ імені І.І. Мечникова, вступила до аспірантури на кафедру гідробіології та загальної екології. Дисертаційну роботу на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук на тему: «Современное состояние прибрежного фитопланктона северо-западной части Черного моря и роль в нем динофитовых водорослей» захистила в 2004 р. (Terenko, 2004). Працювала на посадах: наукового співробітника Одеського відділення Інституту біології південних морів (2001–2007 рр.), доцента кафедри водних біоресурсів та аквакультури Одеського державного екологічного університету (2008–2009 рр.), старшого наукового співробітника Українського наукового центру екології моря (з 2009 р. до сьогодні). Написала близько 70 наукових праць, з них одна – колективна монографія (Algae of Ukraine..., 2009). Основні напрями дослідницької роботи відображені в наукових статтях Г.В. Теренько (Terenko, Terenko, 2009, 2012; Krakhmalnyi та ін., 2018; Krakhmalnyi, Terenko, 2019).

Ковтун Олег Олексійович (1965)

Народився в Одесі. Вступив на біологічний факультет ОДУ імені І.І. Мечникова в 1982 р., але після першого курсу був призваний до лав ВМФ СРСР, пізніше продовжив навчання в університеті (1983–1986).

Впродовж 1999–2001 рр. працював старшим лаборантом у Зоологічному музеї ОНУ, потім – асистентом кафедри гідробіології та загальної екології. В 2004 р. завідував гідробіологічною станцією ОНУ, та продовжував викладацьку діяльність старшим викладачем. Прикріпився до кафедри як здобувач і розпочав наукову діяльність під керівництвом М.О. Гусякова, досліджуючи Тілігульський лиман. У результаті вивчення фітобентосу водойми було виявлено 167 видів діатомових водоростей, з яких 66 – вперше для лиману. Описано новий для науки вид *Fallacia guslyakovi* Kovtun і один різновид – *Cocconeis scutellum* var. *tiligulicus* Kovtun. Підтверджено знахідки раніше виявлених тут 67 видів (69 видових і внутрішньовидових таксонів) водоростей-макрофітів. Показано вплив солоності, глибини, гранулометричного складу ґрунту на розподіл та біомасу мікрофітобентосу. У мезопсамоні Тілігульського лиману знайдено 59 таксонів діатомових водоростей.

У 2009 р. захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук на тему: «Еколого-біологічна, морфологічна і таксономічна характеристика фітобентосу Тілігульського лиману» (Kovtun, 2008).

Всього ним видано більше 50 наукових праць з альгології, серед них одна монографія (Kovtun, 2012).

Ученицею М.О. Гусякова слід вважати також А.О. Снігірьову.

Снігірєва Анастасія Олександрівна (1981)

Народилася в Одесі. Закінчила біологічний факультет ОНУ імені І.І. Мечникова (2003), навчалася в аспірантурі на кафедрі гідробіології і загальної екології. Науковою роботою захопилася ще зі студентства, брала участь в екскурсіях і експедиціях кафедри. Дипломну роботу виконувала під керівництвом доцента О.О. Ковтуна. Науковим керівником в аспірантурі спершу був М.О. Гусляков, а після його трагічної загибелі – д.б.н., професор, член-кореспондент НАН України Б.Г. Александров. У 2015 р. А.О. Снігірєва захистила дисертацію на тему: «Особливості формування угруповання фітопсамону північно-західної частини Чорного моря» за спеціальністю «Гідробіологія» (Snigirova, 2015). Нині працює завідувачем відділу екології крайових угруповань Інституту морської біології НАН України та старшим викладачем кафедри гідробіології і загальної екології ОНУ.

Одним з учнів професора І.І. Погребняка є професор Ф.П. Ткаченко.

ТКАЧЕНКО Федір Петрович (1949)

Народився в смт Веселинове (Миколаївська обл.). Закінчивши навчання на біологічному факультеті ОДУ імені І.І. Мечникова (1976), вступив до аспірантури на кафедрі ботаніки, яку закінчив у 1979 р. (Archives..., 1979). Перед ним було поставлене завдання: із залученням класичних та нових методів (біохімічного та ультраструктурного) уточнити систематичне положення чорноморських кладофор, а також оцінити їхню реакцію в процесі онтогенетичного розвитку на найбільш поширене нафтове забруднення водного середовища (Archives..., 1979). Цю роботу Ф.П. Ткаченко успішно виконав, а її результати стали основою кандидатської дисертації на тему: «Кладофори северо-западной части Черного моря и их значение в биологической оценке воды», яку він захистив у 1982 р. (Tkachenko, 1981).

З 1982 р. продовжив свою науково-викладацьку діяльність на посадах асистента, доцента, а потім і професора кафедри ботаніки ОНУ. В 1992 р. Ф.П. Ткаченко отримав звання доцента (Archives..., 1982). Ним були розгорнуті широкомасштабні дослідження альгофлори макроскопічних водоростей Чорного моря, його заток і прилеглих лиманів у північно-західному Причорномор'ї. Окрім систематики водоростей вченого цікавило питання індикаторної ролі водоростей, їхнє прикладне використання, історичні аспекти становлення чорноморської альгофлори. Всі ці багаторічні дослідження узагальнено в докторській дисертації під назвою «Макрофітобентос північно-західної частини Чорного моря (флора, розповсюдження, екологія, перспективи практичного використання» (Tkachenko, 2007), яку вчений захистив у 2007 р.

Проведені дослідження дозволили встановити сучасний стан макрофітобентосу Чорного моря на фоні екологічних проблем цього майже

замкнутого морського басейну: деградації «філофорного поля Зернова», зростаючої евтрофікації, забруднення важкими металами, нафтопродуктами, детергентами, пластиком (Kostilov, Tkachenko, 2010). З'ясовано, що багато видів чорноморських водоростей виявляють імуномодельючі, антибактеріальні, гепатопротекторні, седативні, а також стимулюючі властивості по відношенню до сільськогосподарських рослин.

У 2011 р. отримав звання професора, та в 2014 р. став завідувачем кафедри ботаніки ОНУ імені І.І. Мечникова (Archives..., 1982).

Результати досліджень вченого відображені більш ніж у 200 наукових працях, він є автором 90 статей і розділів у чотирьох колективних монографіях (Zambriborshch et al., 1986; Tkachenko, 2004, 2011; Smintina et al., 2008; Kostilov et al., 2010; Tkachenko, Sardaryan, 2017; та ін.).

Під керівництвом професора Ф.П. Ткаченка пройшли підготовку четверо аспірантів, які закінчили аспірантуру з представленням дисертаційних робіт, одна з них була захищена (О.Б. Куцин).

Куцин Олена Борисівна (1974)

Народилася в Одесі. Після закінчення біологічного факультету ОДУ навчалася в аспірантурі (2001–2003). В 2004 р. захистила кандидатську дисертацію на тему: "Особливості функціонування водоростей-макрофітів Чорного моря в умовах забруднення водного середовища детергентами".

Працювала до 2010 р. старшим викладачем кафедри ботаніки ОНУ. Вивчала біохімічний склад (Кусун, Tkachenko, 2003, 2011) і фізіологічні особливості водоростей та вплив на них забруднення водного середовища детергентами (Кусун, Tkachenko, 2008). Опублікувала 20 наукових робіт.

У 2010 р. звільнилася за власним бажанням і перейшла у приватну фірму. Наукових праць після 2012 р. з альгології нами не знайдено.

Учнем професора І.І. Погребняка був також д.б.н. І.І. Маслов.

МАСЛОВ Іван Ігорович (1952–2016)

Народився в Ялті. Після закінчення школи працював препаратормом відділу дендрології Нікітського ботанічного саду та вступив на біологічний факультет ОДУ імені І.І. Мечникова без відриву від виробництва, який закінчив у 1975 р. Науковим керівником дипломної роботи І.І. Маслова «Изучение влияния условий среды на донную растительность побережья Ялты» був професор І.І. Погребняк (Maslov, 1985). Після закінчення університету І.І. Маслов почав професійно займатися альгологічними дослідженнями, і це стало справою всього його життя. В 1976 р. він перейшов до новоствореного в Нікітському саду відділу охорони природи, де працював старшим лаборантом, молодшим, старшим і провідним науковим співробітником, ставши в подальшому завідувачем відділу (Krajnyuk, Sarkina, 2017).

Після завершення аспірантури при Никітському ботанічному саду в 1985 р. захистив кандидатську дисертацію на тему: «Донная растительность Южного берега Крыма, ее рациональное использование и охрана» (Maslov, 1985), а в 2006 р. – докторську на тему: «Морской фитобентос Крымского побережья» (Maslov, 2004). Ним вперше був визначений видовий склад і отримані кадастри фітобентосу для 14 аквальних комплексів природно-заповідних об'єктів Криму в статусі пам'яток природи, виявлені нові види водоростей-макрофітів для всіх флористичних районів Кримського узбережжя Чорного моря, 22 нових види для Азовського моря та 33 види для оз. Сиваш. Виявлені закономірності розподілу видів за флористичними районами з урахуванням їхньої систематичної належності, тривалості вегетації, сапробності та ступеня рідкості. Був розроблений і застосований векторно-матричний метод для опису макрофітобентосу.

Науковий доробок І.І. Маслова включає близько 200 робіт, серед яких декілька колективних монографій (Andryuschenko et al., 2005; Kostyushin et al., 2005; Andrienko et al., 2012). Він брав активну участь у створенні Червоної книги України, написавши у співавторстві близько 30 статей (Red Book of Ukraine, 2009).

Під його керівництвом захищені дві кандидатські дисертації за спеціальністю «Ботаніка».

І.І. Маслов був членом редколегії журналів «Альгологія» та «International Journal on Algae», редакційно-видавничої ради «Бюллетеня Никитского ботанического сада», «Трудов Никитского ботанического сада», засновником видання «Научные записки природного заповедника «Мыс Мартыан», членом Європейського союзу охорони узбереж (EUSS) (To the memory of I.I. Maslov, 2016).

Вважаємо ученицею професора І.І. Погребняка також старшого наукового співробітника Одеського відділення Інституту біології південних морів Т.І. Єременко (Погребняк) – його доньку. Зі шкільного віку вона супроводжувала батька в його наукових екскурсіях та експедиціях з вивчення макрофітів узбережжя Чорного моря і прилеглих лиманів. Він був для неї головним помічником і порадиником, консультантом, співавтором, а також рецензентом і опонентом.

ЄРЕМЕНКО Тетяна Іванівна (1941–2013)

Народилася в Одесі. З 1963 р. навчалася на біологічному факультеті ОДУ, отримала диплом з відзнакою і вступила до аспірантури Одеське відділення Інституту південних морів імені О.О. Ковалевського (науковий керівник професор К.О. Виноградов). Після її закінчення працювала молодшим науковим співробітником відділу екологічної біогеографії того ж закладу (Archives..., 2000).

У 1968 р. успішно захистила дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук на тему: «Закономерности распределения видового состава и биомассы макрофитов северо-западной части Черного моря» (Eremenko, 1967a, b). У роботі велика увага приділялася використанню фітоценологічних методів дослідження, були встановлені закономірності просторового розподілу видового складу макрофітів (горизонтального і вертикального), їхньої якісної та кількісної сезонної динаміки. Т.І. Єременко викладала в Одеському державному гідрометеорологічному інституті та читала спецкурс «Альгологія» для студентів ОДУ. Велику увагу приділяла вивченню структури та динаміки фітоценозів на північно-західному шельфі Чорного моря в умовах антропогенного впливу, оцінюванню антропогенних змін рослинності та їхніх кількісних параметрів.

Таким чином, наукова альгологічна школа професора І.І. Погребняка розпочала своє формування в 1966 р. і донині успішно розвивається, готуючи спеціалістів-альгологів. Напрямами її досліджень є флористичний, екологічний, фітоценологічний та прикладний.

За період існування школи підготовлено 16 кандидатів біологічних наук, з них 4 – іноземці. Четверо випускників школи захистили дисертації на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук (М.О. Гусяков, І.І. Маслов, Ф.П. Ткаченко, О.Л. Неврова) і мають вже своїх послідовників.

Майже всі члени наукової школи протягом усього свого життя підтримують тісні особисті та наукові зв'язки. Ми нарахували понад 150 наукових статей, написаних ученими різних поколінь цієї школи.

За вивчений період відбулася зміна лідерів школи (професори І.І. Погребняк, М.О. Гусяков, Ф.П. Ткаченко). Нині школа успішно розвивається.

Список літератури

- Abdel'gani Nur El'-Din Halil'. 1974. *Study of the peculiarities of development and productivity of Black Sea Cystoseira* : Dr. Sci. (Biol.) Thesis. Odessa. 156 p. [Абдельгани Нур Эль-Дин Халиль. 1974. *Изучение особенностей развития и продуктивности цистозейры Черного моря*: Дис. ... канд. биол. наук: Одесса. 156 с.].
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. 2009. Tsarenko P.M., Wasser S.P., Nevo E. Vol. 2. Ruggell: Gantner Verlag K.-G. 414 p.
- Andrienko T.L., Antosya T.M., Boyko T.O. et al. 2012. *Phytodiversity of reserves and national natural parks of Ukraine*. Part 1. Kyiv: Fitosotsiotsentr. 406 p. [Андрієнко Т.Л., Антося Т.М., Бойко Т.О. та ін. 2012. *Фіторізноманіття заповідників і національних природних парків України*. Ч. 1. Київ: Фітосоціоцентр. 406 с.].
- Andryuschenko Yu.A., Bagrikova N.A., Dovgal I.V. et al. 2005. *The nature of the Sivash region and human influence on it (state of study, bibliography)*. Kyiv: Wetlands Intern. 232 p.

- [Андрющенко Ю.А., Багрикова Н.А., Довгаль И.В. и др. 2005. *Природа Сивашского региона и влияние на нее человека (состояние изученности, библиография)*. Киев: Wetlands Intern. 232 с.].
- Archiv family of G.J. Potapenko*. 1954. Sertificate 8-AP N 0045524 from 24.07.1954 MIA USSR. [Архів родини Г.Й. Потапенка. 1954. Справка 8-АП №0045524 видана 24.07.1954 МВД СССР].
- Archives ONU*. 1965. Order N 2066 from 30.10.1965. [Архів ОНУ. 1965. Наказ № 2066 від 30.10.1965].
- Archives ONU*. 1967. Order N 1341 from 07.07.1967. [Архів ОНУ. 1967. Наказ № 1341 від 07.07.1967].
- Archives ONU*. 1969. Order N 1730 from 03.09.1969. [Архів ОНУ. 1969. Наказ № 1730 від 03.09.1969].
- Archives ONU*. 1970. Personal files of graduate students. V.V. Sivcov (15.07.1967–15.06.1970). [Архів ОНУ. 1970. Особові справи аспірантів. В.В. Сивцов. (15.07.1967–15.06.1970)].
- Archives ONU*. 1972. Personal files of graduate students. P.P. Ostrovchuk (25.09.1969–25.10.1972). [Архів ОНУ. 1972. Особові справи аспірантів. П.П. Островчук (25.09.1969–25.10.1972)].
- Archives ONU*. 1973. Order N 2035 from 12.11.1973. [Архів ОНУ. 1973. Наказ № 2035 від 12.11.1973].
- Archives ONU*. 1977. Personal files of graduate students. M.O. Guslyakov (01.11.1973–01.11.1977). [Архів ОНУ. 1977. Особові справи аспірантів. М.О. Гусяков (01.11.1973–01.11.1977)].
- Archives ONU*. 1979. Order N 2120 from 14.12.1979. [Архів ОНУ. 1979. Наказ № 2120 від 14.12.1979].
- Archives ONU*. 1979. Personal files of graduate students. F.P. Tkachenko (15.10.1976–10.12.1979). [Архів ОНУ. 1979. Особові справи аспірантів. Ф.П. Ткаченко (15.10.1976–10.12.1979)].
- Archives ONU*. 1980. Order N 235 from 08.02.1980. [Архів ОНУ. 1980. Наказ № 235 від 08.02.1980].
- Archives ONU*. 1982. Personal files of the teaching staff. F.P. Tkachenko (01.09.1982). [Архів ОНУ. 1982. Особові справи проф.-викл. складу. Ф.П. Ткаченко (01.09.1982)].
- Archives ONU*. 1982. Personal files of the teaching staff. I.I. Pogrebnyak (29.08.1933–12.09.1982). [Архів ОНУ. 1982. Особові справи проф.-викл. складу. І.І. Погребняк (29.08.1933–12.09.1982)].
- Archive of the Odessa branch of the Institute of Biology of the Southern Seas*. 2000. Personal file of T.I. Eremenko (15.11.1976–21.11.2000). [Архів Одеського відділення Інституту біології південних морів. Особиста справа Т.І. Єременко (15.11.1976–21.11.2000)].
- Archives ONU*. 2004. Personal files of the teaching staff. M.O. Guslyakov (01.10.1973–29.12.2004). [Архів ОНУ. 2004. Особові справи проф.-викл. складу. М.О. Гусяков (01.10.1973–29.12.2004)].
- Borisova O.V., Gerasimiuk V.P., Kapustin D.O., Lilitska G.G., Petlovany O.A., Tsarenko P.M., Vynogradova O.M., Wasser S.P. 2014. *Algae of Ukraine: Diversity, Nomenclature*,

- Taxonomy, Ecology and Geography*. Vol. 4. Konigstein: Koeltz Sci. Book. 703 p.
- Eremenko T.I. 1967a. *Regularities in the distribution of species composition and biomass of macrophytes of the northwestern Black Sea*: PhD (Biol.) Abstract. Odessa. 290 p. [Еременко Т.И. 1967а. *Закономерности распределения видового состава и биомассы макрофитов северо-западной части Черного моря*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Одесса. 290 с.].
- Eremenko T.I. 1967b. In: *Biology of the Northwest Black Sea*. Kyiv: Naukova Dumka. Pp. 126–146. [Еременко Т.И. 1967б. В кн.: *Биология северо-западной части Черного моря*. Киев: Наукова думка. С. 126–146].
- Gerasimyuk V.P. 1992. *Diatoms of benthos of Khadzhibeysky and Kuyalnitsky estuaries (northwestern Black Sea coast)*: PhD (Biol.) Abstract. Kyiv. 18 p. [Герасимюк В.П. 1992. *Діатомові водорості бентосу Хаджибейського та Кюяльницького лиманів (північно-західне Причорномор'я)*: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ. 18 с.].
- Gerasimyuk V.P., Ennan A.A., Shihaleeva G.M. et al. 2020. *Encyclopedia of the Kuyalnitsky estuary*. Vol. 2. Odesa: Astroprint. 448 p. [Герасимюк В.П., Еннан А.А., Шихалеева Г.М. та ін. 2020. *Енциклопедія Кюяльницького лиману*. Т. 2. Одеса: Астропринт. 448 с.].
- Guslyakov M.O. 2002. *Diatoms of benthos of the Black Sea and adjacent reservoirs*: Dr. Sci. (Biol.) Abstract. Kyiv. 36 p. [Гусляков М.О. 2002. *Діатомові водорості бентосу Чорного моря та суміжних водойм*: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Київ. 36 с.].
- Guslyakov N.E., Nevrova E.L. 1998. In: *Black Sea Biological Diversity: Ukraine*. New York: Unit. Nat. Publ. Pp. 41–43; 199–215.
- Guslyakov N.E., Zakordonec O.A., Gerasimyuk V.P. 1992. *Atlas of diatom algae of the benthos of the northwestern part of the Black Sea and adjacent reservoirs*. Kyiv. Naukova Dumka. 112 p. [Гусляков Н.Е., Закордонец О.А., Герасимюк В.П. 1992. *Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов*. Киев: Наукова думка. 112 с.].
- Guslyakov Mykola Omelyanovich: *biobibliogr. index*. 2005. Odesa: Astroprint. 32 p. [Гусляков Микола Омелянович: *біобібліогр. покажчик*. 2005. Одеса: Астропринт. 32 с.].
- Kalugina-Gutnik O.A. 1986. The contribution of I.I. Pogrebnyak in the development of marine algological research in Ukraine. *Ukr. Bot. J.* 43(1): 103–104. [Калугіна-Гутник О.А. 1986. Внесок І.І. Погребняка в розвиток морських альгологічних досліджень на Україні. *Укр. бот. журн.* 43(1): 103–104].
- Kobia Imam Abdu El'imam. 1970. *Morphological and chemotaxonomic study of Black Sea Cystosira*: PhD (Biol.) Abstract. Odessa. 335 p. [Кобиа Имам Абду Эльимам. 1970. *Морфологическое и хемотаксономическое изучение цистозиры Черного моря*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Одесса. 335 с.].
- Kostylov E., Tkachenko F., Tretiak I. 2010. Establishment of “Zernov’s Phyllophora field”. Marine reserve: Protection and restoration of unique ecosystem. *Ocean & Coastal Manag.* 53(5–6): 203–208.
- Kovtun O.A. 2008. *Ecological and biological, morphological and taxonomic characteristics of phytobenthos of the Tiligul estuary*: PhD (Biol.) Abstract. Odessa. 230 p. [Ковтун О.А. *Эколого-биологическая, морфологическая и таксономическая характеристика фито-*

- бентоса Тилигульского лимана: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Одесса. 230 с.].
- Kovtun O.A. 2012. *Phytobenthos of the Tiligul estuary (Black Sea, Ukraine)*. Saarbrücken, Deutschland: LAP Lambert Acad. Publ., AV Akadem. GmbH Co. KG. 360 p.
- Kostyushin V.A., Bagrikova N.A., Kostin S.Yu., Karpenko S.A., Maslov I.I., Tovpinets N.N., Demchenko V.A., Mitiaj I.S., Antonovsky A.G., Zagorodniaia Yu.A., Cherevko S.P., Kotenko T.I., Kotenko A.G., Chernichko R.N., Chernichko I.I., Andriushchenko Yu.A., Popenko V.M., Grinchenko A.B., Khomenko S.V., Fesenko H.V. 2005. *Irrigation agriculture and conservation of biodiversity in Dzhankoi District of the Autonomous Republic of Crimea*. Kyiv. 106 p.
- Krajnyuk E.S., Sarkina I.S. 2017. *Nauch. Zap. Prirod. Zap.* «Mys Mart'yan». 8: 176–201. [Крайнюк Е.С., Саркина И.С. 2017. Памяти Маслова Ивана Игоревича (к 65-летию со дня рождения). *Науч. зап. природ. заповед.* «Мыс Мартыан». 8: 176–201].
- Krakhmalnyi O.F., Terenko G.V. 2019. *Chimonodinium lomnickii* (Wołosz.) Craveiro et al. (*Dinoflagellata*) – Agent of Winter Water “Bloom” in the Odessa Bay (the Black Sea). *Hydrobiol. J.* 55(4): 55–62.
- Krakhmalnyi A.F., Okolodkov Y.B., Bryantseva Yu.V., Sergeeva A.V., Velikova V.N., Derezyuk N.V., Terenko G.V., Kostenko A.G., Krakhmalnyi M.A. 2018. Revision of the Dinoflagellate species composition of the Black Sea. *Algologia*. 28(4): 428–448. <https://doi.org/10.15407/alg28.04.428>
- Kucyn E.B., Tkachenko F.P. 2003. Amino acid composition and biological value of some Black Sea macrophytes. *Algologia*. 13(1): 34–43. [Куцын Е.Б., Ткаченко Ф.П. 2003. Аминокислотный состав и биологическая ценность некоторых черноморских водорослей-макрофитов. *Альгология*. 13(1): 34–43].
- Kucyn E.B., Tkachenko F.P. 2008. Influence of detergents on the intensity of photosynthesis of algae-macrophytes of the Black Sea. *Agrarnij Visnik Prichornomor'ya*. 46: 17–22. [Куцын Е.Б., Ткаченко Ф.П. 2008. Вплив детергентів на інтенсивність фотосинтезу водоростей-макрофітів Чорного моря. *Аграр. вісн. Причорномор'я*. 46: 17–22].
- Kucyn E.B., Tkachenko F.P. 2011. *Hydrobiol. J.* 47(2): 65–71. [Куцын Е.Б., Ткаченко Ф.П. 2011. Содержание липидов и их жирнокислотный состав у водорослей-макрофитов Черного моря. *Гидробиол. журн.* 47(2): 65–71].
- Kuznetsov V.O. 2007. In: *Ukrainian science at the turn of the millennium*. Issue 29. Kyiv: Naukova Dumka. Pp. 119–133].
- Kuznetsov V.O., Tkachenko F.P. 2020. Algological investigations at the Odessa University in 1930–1965. *Algologia*. 30(1): 94–108. [Кузнецов В.О., Ткаченко Ф.П. 2020. История альгологических исследований в Одесском университете в период 1930–1965 гг. *Альгология*. 30(1): 94–108. <https://doi.org/10.15407/alg30.01.094>
- Maslov I.I. 1985. *Bottom vegetation of the Southern coast of Crimea, its rational use and protection*: PhD (Biol.) Abstract. Kishinev. 22 p. [Маслов И.И. 1985. *Донная растительность Южного берега Крыма, ее рациональное использование и охрана*: Автореф. дис... канд. биол. наук. Кишинев. 22 с.].

- Maslov I.I. 2004. *Marine phytobenthos of the Crimean coast*: Dr. Sci. (Biol.) Abstract. Yalta. 31 p. [Маслов И.И. 2004. *Морской фитобентос Крымского побережья*: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ялта. 31 с.].
- Mitwalli Abdel'fattah Halifa. 1970. *Influence of water salinity on biological, physiological and biochemical features of brown alga Cystoseira barbata (Good. et Wood.) Ag. of the Gulf of Odessa, Black Sea*: PhD (Biol.) Abstract. Odessa. 217 p. [Митвалли Абдельфаттах Халифа. 1970. *Влияние солёности воды на биологические, физиологические и биохимические особенности бурой водоросли Cystoseira barbata (Good. et Wood.) Ag. Одесского залива Чёрного моря*: Автореф. дис... канд. биол. наук. Одесса. 217 с.].
- Nevrova E.L. 1992. *Composition, distribution and dynamics of benthic diatom algae in some areas of the Black Sea*: PhD (Biol.) Abstract. Sevastopol. 19 p. [Неврова Е.Л. 1992. *Состав, распределение и динамика развития донных диатомовых водорослей в некоторых районах Чёрного моря*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь. 19 с.].
- Nevrova E.L., Petrov A.N. 2008. In: *Taxonomic diversity of diatoms of the Black Sea benthos*. Sevastopol. Pp. 60–84. [Неврова Е.Л., Петров А.Н. 2008. В кн.: *Таксономическое разнообразие диатомовых водорослей бентоса Чёрного моря*. Севастополь. С. 60–84].
- Nevrova E.L., Snigireva A.A., Petrov A.N., Kovaleva G.V. 2015. *Guidelines for the study of marine microphytobenthos and its application to environmental quality control*. Simferopol: Nizhnyaya Oreanda. 175 p. [Неврова Е.Л., Снигирева А.А., Петров А.Н., Ковалева Г.В. 2015. *Руководство по изучению морского микрофитобентоса и его применению для контроля качества среды*. Симферополь: Нижняя Ореанда. 175 с.].
- Nguen Van Tien. 1988. *Morphology, biology and ecology of commercial algae in Vietnam*: PhD (Biol.) Abstract. Kishinev. 16 p. [Нгуен Ван Тиен. 1988. *Морфология, биология и экология промысловых водорослей Вьетнама*: Автореф. дис... канд. биол. наук. Кишинев. 16 с.].
- Ostrovchuk P.P. 1973. *Bottom vegetation of the Karkinit Gulf of the Black Sea*: PhD (Biol.) Abstract. Odessa. 199 p. [Островчук П.П. 1973. *Донная растительность Каркинитского залива Чёрного моря*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Одесса. 199 с.].
- Pogrebnyak I.I. 1965. *Bottom vegetation of estuaries of the northwestern Black Sea coast and adjacent areas of the Black Sea*: Dr. Sci. (Biol.) Abstract. Odessa. 31 p. [Погребняк И.И. 1965. *Донная растительность лиманов северо-западного Причерноморья и сопредельных им акваторий Чёрного моря*: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Одесса. 31 с.].
- Pogrebnyak I.I., Ostrovchuk P.P. 1972. *Ukr. Bot. J.* 29(3): 285–289. [Погребняк И.И., Островчук П.П. 1972. Вивчення донної рослинності Тарханкута. *Укр. бот. журн.* 29(3): 285–289].
- Professors of Odessa (Novorossiysk) University 2005: Biogr. slovník*. Vol. 2. Odesa: Astroprint. 512 p. [Професори Одеського (Новоросійського) університету 2005: Біогр. словник. Одеса: Астропринт. 512 с.].
- Red Book of Ukraine*. 2009. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalkonsalting. 900 p. [Червона книга України. 2009. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг. 900 с.].
- Sivtsov V.V. 1970a. *Nauch. Dokl. Vysshej Shkoly*. 6(78): 73–76. [Сивцов В.В. 1970а. Белковые компоненты некоторых красных водорослей Чёрного моря как таксономический признак. *Науч. докл. высш. школы.* 6(78): 73–76].

- Sivtsov V.V. 1970b. *Biochemical criteria in the systematics of red algae of the Black Sea*: Dr. Sci. (Biol.) Thesis. Odessa. 290 p. [Сивцов В.В. 1970б. *Биохимические критерии в систематике красных водорослей Черного моря*: Дис. ... канд. биол. наук. Одесса. 290 с.].
- Sivtsov V.V., Rutkovskij V.M. 1970. *Gidrobiol. J.* 6(1): 70–74. [Сивцов В.В., Рутковский В.М. 1970. Эколого-биохимические особенности популяций *Phyllophora nervosa* (C.D.) Grev. в северо-западной части Черного моря. *Гидробиол. журн.* 6(1): 70–74].
- Smintina V.A., Medinec V.I., Tkachenko F.P. 2008. *Snake Island. Coastal water ecosystem*. Odesa: ONU. 227 p. [Сминтина В.А., Медінець В.І., Ткаченко Ф.П. 2008. *Острів Зміїний. Екосистема прибережних вод*. Одеса: ОНУ. 227 с.].
- Snigirova A.O. 2015. *Peculiarities of phytopsamon group formation in the north-western part of the Black Sea*: PhD (Biol.) Abstract. Odesa. 20 p. [Снігірєва А.О. 2015. *Особливості формування угруповання фітопсамону північно-західної частини Чорного моря*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Одеса. 20 с.].
- Terenko G.V. 2004. *Current state of coastal phytoplankton of the northwestern Black Sea and the role of dinophyte algae in it*: PhD (Biol.) Abstract. Sevastopol. 18 p. [Теренько Г.В. 2004. *Современное состояние прибрежного фитопланктона северо-западной части Черного моря и роль в нем динофитовых водорослей*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь. 18 с.].
- Terenko L., Terenko G. 2009. Dynamics of *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Balech 1988 (*Dinophyceae*) blooms in Odessa Bay of the Black Sea (Ukraine). *J. Ocean. Hydrobiol. Stud.* 2: 107–112.
- Terenko L., Terenko G. 2012. Dominant *Pseudo-nitzschia* (*Bacillariophyta*) species in the Black Sea (Ukraine). *Bot. Lithuan.* 18(1): 27–34.
- Tkachenko F.P. 1981. *Cladophora's of the northwestern Black Sea and their importance in the biological assessment of water*: PhD (Biol.) Abstract. Kishinev. 23 p. [Ткаченко Ф.П. 1981. *Кладофоры северо-западной части Черного моря и их значение в биологической оценке воды*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Кишинев. 23 с.].
- Tkachenko F.P. 2004. Species composition of makrophyte algae of the northwestern Black Sea. *Algologia.* 14(3): 277–293. [Ткаченко Ф.П. 2004. Видовой состав водоростей-макрофитов северо-западной части Черного моря. *Альгология.* 14(3): 277–293].
- Tkachenko F.P. 2007. *Macrophytobenthos of the north-western part of the Black Sea (flora, distribution, ecology, prospects of practical use)*: Dr. Sci. (Biol.) Abstract. Kyiv. 35 p. [Ткаченко Ф.П. 2007. *Макрофітобентос північно-західної частини Чорного моря (флора, розповсюдження, екологія, перспективи практичного використання)*: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Київ. 35 с.].
- Tkachenko F.P. 2011. *Seaweeds-macrophytes of Ukraine (north-western part of the Black Sea)*. Odesa: Astroprint. 104 p. [Ткаченко Ф.П. 2011. *Морські водорості-макрофіти України (північно-західна частина Чорного моря)*. Одеса: Астропринт. 104 с.].
- Tkachenko F.P., Sardaryan K.B. 2017. *Algae of Tiligul Regional Landscape Park (checklist, distribution, ecology)*. Odesa: ONU. 110 p. [Ткаченко Ф.П., Сардарян К.Б. 2017. *Водорості Тилігульського регіонального ландшафтного парку (чек-лист, поширення, екологія)*. Одеса: ОНУ. 110 с.].

- To the memory of I.I. Maslov. 2016. *Algologia*. 27(1): 109–111. [Памяти И.И. Маслова. 2016. *Альгология*. 27(1): 109–111].
- Trass H.H. 1976. *Geobotany: History and Modern Trends of Development*. Leningrad: Nauka. 252 p. [Трасс Х.Х. 1976. *Геоботаника: История и современные тенденции развития*. Л.: Наука. 252 с.].
- Zambriborshch F.S., Chernyavskij A.V., Tkachenko F.P. et al. 1986. *The lagoons of the northwestern Black Sea coast, their life and economic importance*. Odessa. Dep. VINITI 19.09.86, N 2228-Uk86. Odessa. 136 p. [Замбриборщ Ф.С., Чернявский А.В., Ткаченко Ф.П. и др. 1986. *Лагуны северо-западного Причерноморья, их жизнь и хозяйственное значение*. Деп. в ВИНТИ 19.09.86, № 2228-Ук86. Одесса. 136 с.].

Підписав до друку П.М. Царенко

Kuznetsov V.O., Tkachenko F.P. 2021. **Algological investigations at Odessa University in 1965–2015. Formation school of Prof. I.I. Pogrebnyak.** *Algologia*. 31(3): 279–295

I.I. Mechnikov Odesa National University,
2 Dvoryanska Str., Odesa 65026, Ukraine

The modern period of development of algological researches at Odesa University is analyzed. It is noted that the creation of a scientific school under the leadership of prof. I.I. Pogrebnyak gave impetus to the renewed interest of the scientific community in the study of the algae of the Black Sea, its estuaries and some freshwater bodies of southern Ukraine. These studies covered benthic and planktonic groups of algae, as well as their individual systematic groups, including blue-green, diatomaceous, cryptophytic, dinophytic, green, red, and brown. Attention was paid to the possible practical use of algae in ecology, agriculture and medicine. I.I. Pogrebnyak's research was continued by his students, doctors of biological sciences Prof. Guslyakov M.O., Maslov I.I., Tkachenko F.P. and dozens of young scientists, already their students.

Key words: algae, history, algological researches, Odesa University

Соломону Павловичу ВАССЕРУ – 75

У серпні 2021 р., коли Україна святкує 30 років Незалежності і наближається 100-річний ювілей Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, виповнюється 75 років члену-кореспонденту НАН України, головному редактору журналу «Альгологія», професору Соломону Павловичу Вассеру. Це гарний привід згадати життєвий шлях та основні творчі досягнення в царині фікології засновника та незмінного лідера нашого наукового видання.

Соломон Павлович народився 26 серпня 1946 р. у родині корінних одеситів – Павла Соломоновича та Софії Яківни Вассер, що вже мали на той час шестирічну донечку Ару. Після війни батька-юриста направили працювати в Західну Україну, спочатку до Львова, де народився ювіляр, і далі в Закарпаття, до Тячева, де в 1948 р. народився молодший брат Яків, і, нарешті, до Берегова, яке стало для Соломона Павловича малою батьківщиною.

Тут він у 1964 р. закінчив середню школу і зустрів своє кохання – красуню Каті, із якою вони не розлучаються вже 52 роки: створили сім'ю, виховали сина та доньку, зараз радіють онукам. Велична природа Карпат дала поштовх до вибору життєвого шляху – бути біологом, тому для продовження освіти ювіляр обрав біологічний факультет Ужгородського університету. Спеціалізувався на кафедрі систематики і морфології рослин, якою керував відомий український ботанік професор В.І. Комендар. Невтомний дослідник і палкий захисник природи Карпат, Василь Іванович помітив талановитого юнака, що захоплювався макроміцетами, і, оскільки в Ужгороді не було спеціалістів-мікологів, звернувся до колег з київського Інституту ботаніки. У 1967 р. науковим керівником тоді ще студента С.П. Вассера стала М.Я. Зерова, відомий учений-агариколог. Через два роки, після успішного закінчення університету, молодий дослідник вступив до аспірантури Інституту ботаніки, навчання в якій було перервано на рік через призов на дійсну військову службу до лав військово-повітряних сил.

Після повернення з армії Соломон Павлович достроково, до закінчення терміну навчання в аспірантурі, захистив кандидатську дисертацію на тему «Agaricales s. l. степової зони України» (1973). Наступні 10 років ювіляр продовжував вивчати агарикові гриби, все більше розширюючи географію досліджень. Він готує монографію «Флора грибів України. Агарикові гриби» (1980), паралельно здійснюючи експедиційні виїзди до Сибіру,

Алтаю, Далекого Сходу, обробляє гербарні зразки з європейських та американських колекцій. Результатом обробки цих матеріалів стала докторська дисертація «Родина Agaricaceae Радянського Союзу (1982) та монографія «Агарикові гриби СРСР» (1985).



Впродовж 1970–1980-х років С.П. Вассер займався розробками в новітній на той час галузі – промислового культивуванні грибів. Його дослідження в напрямі промислового грибовництва були відзначені премією ім. М.Г. Холодного АН УРСР (1982). У середині 80-х років XIX ст. Соломон Павлович стає одним з провідних фахівців-агарикологів Радянського Союзу, веде велику дослідницьку роботу, активно друкується в міжнародних наукових фахових виданнях, готує низку монографій. І в цей період директор Інституту ботаніки академік К.М. Ситник пропонує С.П. Вассеру новий напрям діяльності – керівництво відділом альгології. Отже в 1985 р. була відкрита не тільки нова сторінка в його науковій біографії, але й в новітній історії Інституту ботаніки. Соломон Павлович задіяв свій унікальний організаторський талант для поступу в альгологічних дослідженнях, визначивши стратегічні напрями та безпосередньо керуючи їхньою реалізацією. Згадаємо найбільш вагомі здобутки.

У 1987 р. була організована та успішно проведена I Всесоюзна наукова конференція «Актуальні проблеми сучасної альгології», що об'єднала всіх альгологів СРСР, паспортизована та осучаснена колекція штамів водоростей (IBASU-A), завдяки чому її включили до *World Catalogue of Algae*, систематизована та каталогізована альготека відділу, яка увійшла до Національного гербарію України (KW). Було підготовлено унікальне довідкове видання «Водоросли» (1989), із узагальненою найсучаснішою на той момент інформацією за всіма напрямками вивчення водоростей.

Ця книга під редакцією Соломона Павловича і донині залишається одним із найцитованіших джерел по водоростях кириличного сектору Інтернету. Під керівництвом С.П. Вассера був розроблений проспект багатотомного фундаментального видання «Флора водоростей континентальних водойм України», випуски якого продовжують виходити друком.

І найважливішим та найграндіознішим проектом ювіляра став багатопрофільний науковий журнал «Альгологія», заснований відділенням загальної біології Президії НАН України та Інститутом ботаніки ім. М.Г. Холодного в 1991 р. Вибрані статті журналу з 1994 р. перекладаються англійською мовою та публікуються в США видавництвом Begell House (з 1999 р. як «International Journal on Algae»; Editor-in-Chief Solomon P. Wasser). Нині журналу «Альгологія» виповнилося 30 років, і завдяки талановитому професійному керівництву його головного редактора С.П. Вассера він зайняв своє поважне місце серед міжнародних видань, присвячених альгологічній тематиці.

За 30 років роботи в альгології Соломон Павлович поставив багато цікавих та важливих питань, які з часом були успішно вирішені за його активної участі. Отримавши запрошення працювати в Інституті еволюції Хайфського університету (Ізраїль), С.П. Вассер відразу започаткував амбітний проект з вивчення різноманіття водоростей та грибів Ізраїлю, до виконання якого він залучив спеціалістів з різних країн: України, Німеччини, США, Мексики, Бразилії, Грузії, Індії та ін. Результатом цієї співпраці стала серія монографій “Biodiversity of Cyanoprokaryotes, Algae and Fungi of Israel”, перша з яких була присвячена водоростям («Cyanoprokaryotes and Algae of Israel», 2000).

Перебування за кордоном не послабило зв'язку С.П. Вассера з Інститутом ботаніки та його намагань вивести українську альгологію на міжнародний рівень. Результатом цього стало багатотомне видання “Algae of Ukraine. Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography” (Gantner Verlag, 2006–2014). Також не можна не згадати й плідну участь Соломона Павловича у підготовці та редагуванні монографій, що видавав відділ всі ці роки: автори надзвичайно вдячні за його редакторський талант та уважну й прискіпливу роботу над рукописами. А його поради молодим дослідникам, завдяки яким вони змогли стати частиною світової наукової спільноти! Все це безцінні дари, які ми отримали від нашого дорогого ювіляра. І ми щасливі, що свій 75-літній ювілей Соломон Павлович зустрічає в роботі, серед учнів та колег, сповнений новими творчими планами. Нехай так буде й надалі!

Редколегія журналу «Альгологія»