

УДК 504.45.058; 504.4.054; 504.064; 574.587(26): 574.64
КП 87.19.03
№ держреєстрації 0122U201787
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
НДУ “УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ”(УкрНЦЕМ)
65009, м.Одеса-9, Французький бульвар, 89; тел. (0482) 63 66 22
e-mail: aceem@te.net.ua, www.sea.gov.ua



ЗАТВЕРДЖУЮ

Виконуючий обов'язки директора
УкрНЦЕМ, заступник директора з науки,
канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.

Віктор Коморін
19 січня 2024 р.

Віктор КОМОРИН

2024 р.

ЗВІТ ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Оцінка та діагноз стану морського середовища України в межах виключної
морської економічної зони та уточнення критеріїв оцінки доброго екологічного
стану морських регіонів у 2023 році

ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ МЕТОДАМИ БІОТЕСТУВАННЯ ТА БІОІНДИКАЦІЇ

Том 4

Науковий керівник НДР:
Виконуючий обов'язки директора УкрНЦЕМ,
заступник директора з науки,
канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.

Віктор Коморін

В. М. Коморін

2023

Рукопис закінчено 28 грудня 2023 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол
від 29 грудня 2023 р. № 6


СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальні виконавці:

Завідувачка сектору

біологічних методів

оцінки якості морських вод

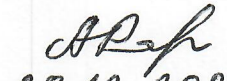

28.12.2023

Л. Л. Красота
(вступ;
розділи 1, 2, 3, 4;
висновки)

Наук. співроб.

сектору біологічних методів

оцінки якості морських вод


28.12.2023

О. В. Рачинська
(розділи 1, 2, 5;
висновки;
додаток А)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 87 стор., 26 табл., 7 рис., 1 додаток, 77 джерел.

ЧОРНЕ МОРЕ, ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН, ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ, БІОТЕСТУВАННЯ, БІОІНДИКАЦІЯ, ГІДРОБІОТИ РІЗНИХ СИСТЕМАТИЧНИХ РІВНІВ.

Об'єкт дослідження – прибережні акваторії Чорного моря (ЧМ), різні за рівнем та характером антропогенного навантаження.

Мета роботи – оцінка та діагноз стану чорноморського довкілля в межах територіальних вод і виключної морської економічної зони України у 2023 році і визначення відповідності характеристик стану середовища морських водних масивів критеріям ДЕС (Доброму екологічному стану) відповідно дескрипторам Рамкової Директиви про Морську Стратегію ЄС (РДМС) на підставі даних державного моніторингу морських вод, з урахуванням впливу воєнних дій на морське середовище.

Головні завдання науково-дослідної роботи впродовж 2023 року:

- здійснити оцінку та діагноз якості чорноморського довкілля методами біотестування і біоіндикації, уточнення критеріїв оцінки й визначення ДЕС за показниками розвитку різних за чутливістю тест-об'єктів та організмів-моніторів;
- провести ретроспективну оцінку змін екологічного стану середовища різних за антропогенним навантаженням досліджуваних чорноморських акваторій порівняно з результатами оцінки якості довкілля північно-західної частини ЧМ (ПЗЧМ), отриманими під час біологічного моніторингу в 2019-2021 роках.

Звіт з оцінкою та діагнозом екологічного стану прибережного довкілля ПЗЧМ за методами біотестування та біоіндикації (з використанням гідробіонтів різних систематичних рівнів) містить порівняльні оцінки якості довкілля чорноморських акваторій за результатами досліджень 2023 року та у ретроспективному огляді змін стану морського довкілля, що є інформаційними для прийняття управлінських рішень, екологічної освіти населення, тощо.

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки.....	5
Вступ.....	6
1 Оцінка якості морського довкілля методами біотестування та біоіндикації..	7
2 Матеріал і методи досліджень якості морського середовища.....	9
3 Біотестування якості вод Чорного моря за показниками розвитку личинок мідій.....	14
4 Біотестування якості довкілля Чорного моря за показниками стану дорослих мідій.....	18
4.1 Оцінка якості морського середовища за показником стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи мідій.....	19
4.2 Оцінка якості морських вод за показником інтенсивності фільтрації води мідіями.....	21
4.3 Оцінка якості морського довкілля за показником інтенсивності дихання мідій.....	24
5 Біоіндикація якості довкілля Чорного моря за показниками стану мікрофітобентосу.....	27
5.1 Оцінка якості морського середовища за показниками розвитку бентосних мікрофітів.....	28
5.2 Оцінка екологічного стану довкілля у водному масиві CW5 за трофністю та сапробністю донних мікроводоростей.....	43
5.3 Ретроспективна оцінка якості довкілля прибережжя ПЗЧМ за станом мікрофітобентосу.....	46
Висновки.....	56
Перелік джерел посилання.....	59
Додаток А Таксономічний склад мікрофітобентосу водного масиву CW5 ПЗЧМ в 2023 році.....	69

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ДЕС – Добрий екологічний стан

КМУ – Кабінет Міністрів України

НДР – науково-дослідна робота

ПЗЧМ – північно-західна частини Чорного моря

РДМС – Рамкова Директива про Морську Стратегію ЄС (Marine Strategy Framework Directive)

УкрНЦЕМ – Український науковий центр екології моря

ЧМ – Чорне море

СW – прибережні води (coastal waters)

ShW – шельфові води (shelf waters)

WFD – Водна Рамкова Директива (Water Framework Directive)

ВСТУП

Підставами для виконання даної науково-дослідної роботи (НДР) були:

- Статут Українського наукового центру екології моря (УкрНЦЕМ);
- Бюджетний запит УкрНЦЕМ на 2023 рік;
- План науково-дослідних робіт УкрНЦЕМ на 2022-2024 роки;
- Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України про затвердження «Програми державного моніторингу вод (у частині діагностичного моніторингу прибережних і морських вод Чорного та Азовського морів) на період до 2026 року» [1];
- Розпорядження Кабінету Міністрів України (КМУ) «Про схвалення Морської природоохоронної стратегії України» [2];
- Постанова КМУ «Про затвердження положення про Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України» [3];
- Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [4];
- Постанова КМУ «Про виконання Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони» [5];
- Постанова КМУ «Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року» [6];
- Стратегічний план дій щодо захисту навколишнього середовища та відновлення Чорного моря (2009) [7];
- Рамкова Директива про Морську Стратегію ЄС [8].

Одна з вимог цих документів – використання у морському моніторингу біологічних показників. Забруднення водного довкілля оцінюють тріадою методів: біотестування, аналітичної хімії та біоіндикації [9]. Біологічні методи досліджень інтегральніші та дешевші хімічних. Біотестування та біоіндикація якості морського довкілля в цій роботі здійснені за показниками стану бентосних організмів.

1 ОЦІНКА ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ МЕТОДАМИ БІОТЕСТУВАННЯ ТА БІОІНДИКАЦІЇ

Своєрідним віддзеркаленням екологічного стану водного середовища є стан «здоров'я» організмів, які в ньому мешкають [9]-[11]. Оцінка відгуку гідробіонтів на дію морського довкілля, що містить біодоступні поллютанти, дає інформацію, яку неможливо отримати під час аналізів вмісту токсикантів в середовищі або в організмі. Прямі і непрямі взаємодії забруднювачів та їх метаболітів в довкіллі і організмі, синергічні та антагоністичні дії токсикантів знаходять відображення у реакціях гідробіонтів – тест-об'єктів та організмів-моніторів [9]-[13].

Біотестування та біоіндикація – сучасні інтегральні способи з оцінки якості морського довкілля. Вони дозволяють досліджувати ряд істотних чинників: наявність у воді токсичних речовин, які неможливо виявити без проведення дорогих хімічних аналізів, а також всілякі варіанти взаємодії хімічних речовин з досліджуваними біологічними об'єктами.

За допомогою тест-об'єктів – живих «датчиків», що сигналізують про небезпеку в досліджуваному довкіллі, визначається токсичність морського середовища. Тест-організмами можуть бути водорості, ракоподібні, молюски, риби та інші організми [9]-[11].

Прикріплені бентосні водорості, двостулкові молюски і інші донні гідробіонти, які не можуть залишити місце свого мешкання, дуже зручні, як організми-монітори. Вони в повній мірі відчують вплив довкілля і за певними показниками (фізіолого-морфологічними, систематичними, кількісними, галобіонтними, сапробіологічними, тощо) надають певну інформацію про якість оточуючого середовища.

Чорноморська мідія (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck), як організм-біофільтратор, що веде осілий спосіб життя, дуже підходить до використання для оцінки якості морського середовища, як у якості організма-індикатора так і тест-об'єкта [10], [13]-[14].

На клітинному рівні практично універсальним маркером стресу є руйнування мембран лізосом клітин гемолімфи моллюсків, тобто стабільність лізосомальних мембран є інформативним показником стану «здоров'я» мідій.

На організмовому рівні реакції мідій на зміни якості навколишнього середовища відображають основні характеристики їхнього обміну речовин: показники інтенсивності дихання і фільтрації цих двостулкових.

Показники морфогенезу личинок мідій (на перших двох стадіях розвитку) у чистій чи забрудненій (у різному ступені) воді – значно більш чутливі для оцінки стану морського довкілля, ніж фізіолого-морфологічні характеристики стану цих дорослих мітілід.

Використання чорноморських мідій на різних стадіях їхнього розвитку дозволяє виявити як незначні, так і суттєві зміни екологічного стану досліджуваного середовища.

Біоіндикацію якості морського середовища на популяційному (біоценотичному) рівні виконують на основі характеристик видового розмаїття, показників кількісного розвитку індикаторних гідробіонтів та їх угруповань, екологічної різноманітності організмів-моніторів (з урахуванням їхніх життєвих форм, галобіонтного та сапробіонтного складів, наявності та кількості морфологічних аномалій особин) [13], [15]-[19].

Важливе місце серед спільнот організмів-моніторів посідають широко розповсюджені та чутливі до змін факторів довкілля водорості мікрофітобентосу, які інтенсивно розвиваються на природних і штучних субстратах впродовж року і чітко відображують екологічний стан морського середовища під час його біоіндикації [20]-[22].

2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

У весняний, літній та осінній періоди 2023 року у Дністровському районі (ShW2) ПЗЧМ (рис. 1) з прибережжя Одеського регіону (у водному масиві CW5) з метою оцінки та діагнозу якості чорноморського довкілля за методами біоіндикації та біотестування (з урахуванням впливу воєнних дій) були відібрані проби води та мікрофітобентосу і статевозрілих чорноморських мідій:

- з акваторії Чорноморського яхт-клубу (координати $46^{\circ}27,587'$ пн. ш. та $30^{\circ}45,909'$ сх. д.);
- на умовно-чистій в минулі роки акваторії біля мису Малий Фонтан [14, 22], (координати $46^{\circ}26,311'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,327'$ сх. д.);
- у місці значного рекреаційного навантаження на пляжі «Аркадія» (координати $46^{\circ}25,684'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,070'$ сх. д.).

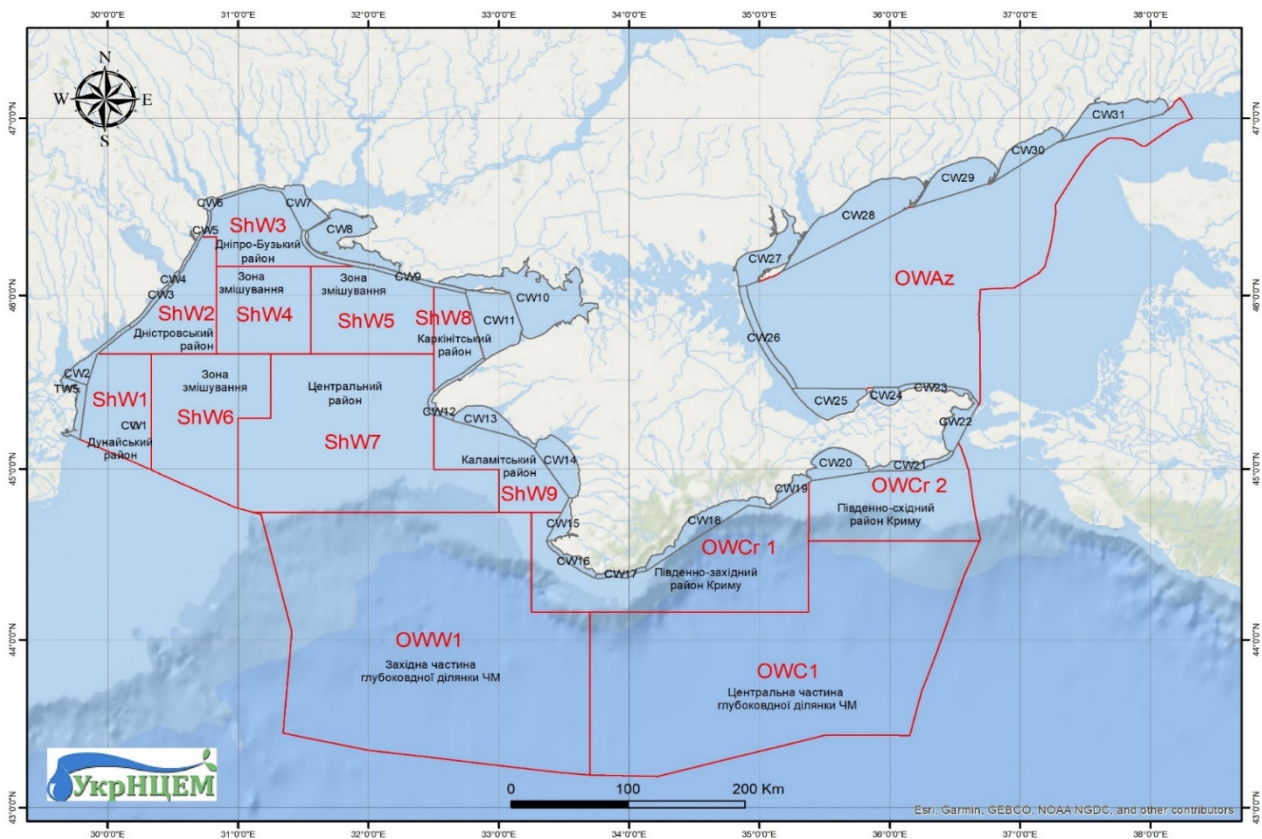


Рисунок 1 – Районування Чорного та Азовського морів [23]

Біотестування якості довкілля CW5 було проведено на личинках чорноморських мідій ранніх стадій розвитку та дорослих особинах цих двостулкових (розміром від 45 мм до 50 мм).

Для дослідження екологічного стану морського середовища за показниками морфогенезу личинок мідій була застосована «Методика оцінки якості морської води з використанням ранніх стадій розвитку ембріонів чорноморських мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)», яка придатна як для біотестування, так і для біоіндикації якості морського довкілля [14]. Цей метод оцінки якості води характеризується як дуже чутливий та високоілюстративний, але має визначені сезонні обмеження в застосуванні через те, що цілком залежить від періодів розмноження використаних молюсків. Тому він застосовується у весняно-літній і в літньо-осінній періоди року та базується на вивченні норм і аномалій у розвитку личинок мідій в їхній планктонній фазі на стадіях трохофор і протісоконхів у морських водах різного ступеню забруднення [24]-[26].

У таблиці 1 наведені розроблені та уточнені класи екологічного стану вод [27] для оцінки якості морського довкілля (відповідно до Водної Рамкової Директиви (WFD) [28]). Ці розрахунки були здійснені на базі критеріїв Woelke з оцінки токсичності морського середовища для личинок двостулкових молюсків [29], запропонованих у 1965 році, та власних багаторічних досліджень якості чорноморських вод при їх біотестуванні на личинках мідій ранніх стадій розвитку.

Таблиця 1 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів ЧМ за показником утворення нормальних личинок мідій при біотестуванні якості вод (у %)

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Нормальні личинки, %	$\geq 90,0 - \leq 100,0$	$\geq 50,0 - < 90,0$	$\geq 15,0 - < 50,0$	$\geq 5,0 - < 15,0$	$\geq 0,0 - < 5,0$

Оцінка якості морського середовища за показником стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи мідій була проведена за «Методикою оцінки якості морської води з використанням показника часу утримання нейтрального червоного лізосомами клітин гемолімфи мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» [14]. Ця методика застосовується у біологічному моніторингу для біотестування та біоіндикації морського середовища з використанням гемолімфи дорослих чорноморських мідій.

Метод базується на оцінці стану «здоров'я» мідій за показником часу утримання токсичного барвника (нейтрального червоного) лізосомами клітин гемолімфи двостулкових моллюсків. У здорових мідій лізосоми утримують барвник довше, ніж в ослаблених, руйнування лізосомальних мембран яких настає через короткий час після проникнення токсиканту в ці органели [30]-[33].

Враховуючи розроблені нами раніше критерії оцінки якості морського довкілля за показником стабільності лізосомальних мембран чорноморських мідій [14] та результати власних досліджень з оцінки екологічного стану морського довкілля (за чотирнадцять років спостережень) на базі показника лізосомальної стабільності клітин гемолімфи мідій, були розроблені та уточнені певні класи екологічного стану вод, які визначаються при біотестуванні якості водних мас за вищезазначеними характеристиками кроволімфи мідій [27], відповідно до WFD [28] (табл. 2).

Таблиця 2 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів Чорного моря за показником стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи мідій (хв)

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Лізосомальна стабільність, хв	$\geq 150,0 - \leq 180,0$	$\geq 120,0 - < 150,0$	$\geq 60,0 - < 120,0$	$\geq 30,0 - < 60,0$	$\geq 0,0 - < 30,0$

Також для оцінки якості морського середовища був використаний показник інтенсивності фільтрації мідіями вод. Біотестування якості вод здійснювалося за «Методикою оцінки якості морської води з використанням показника характеру фільтрації води чорноморськими мідіями (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» [14].

В основу методу покладена оцінка фізіологічного стану мідій за показником характеру фільтрації цими молюсками морської води в динаміці.

Фільтраційний процес у здорових мідій протікає активно. В ослаблених і пригноблених (під впливом забрудненого довкілля) молюсків цей процес загасає, аж до повного припинення [34]-[37].

За «Методикою оцінки якості води з використанням показника інтенсивності дихання водних організмів» [14] проводили моніторинг стану водного середовища по показниках дихання дорослих чорноморських мідій. Ця методика пристосована для біотестування і біоіндикації водного довкілля з використанням різних водних організмів. В основі методики – оцінка якості морських вод за динамікою змін інтенсивності дихання гідробіонтів (одного з основних показників обміну речовин в організмі) у досліджуваному середовищі [38]-[40].

Біоіндикацію якості морського середовища здійснювали з використанням угруповань мікрофітобентосу. Для визначення стану довкілля проби водоростей відбирали та обробляли за загальноприйнятими методиками [16], [41]-[43] з поверхонь наявних видів субстратів: пухких (пісок, мулисто-піщаний ґрунт) та твердих (бетон, камінь, пластик, стулки мідій) та мікроскопіювали відповідно до методик [44]-[45]. Назви систематичних груп мікрофітів вказували за загальноприйнятою у світовій практиці системою класифікації [46]-[49]. Враховували не тільки бентосні, а й планктонні та бенто-планктонні форми.

Згідно з WFD [28], важливими параметрами в моніторингових дослідженнях водної флори можуть бути наявність або відсутність індикаторних видів. Зокрема, оцінка екологічної якості довкілля за кількістю α -мезосапробів в угрупованні мікрофітобентосу відображує ступінь евтрофікації морських водних масивів.

Враховуючи взаємозв'язок трофності водних об'єктів та сапробності донних мікрофітів з їх видовим складом і чисельністю, були розроблені та уточнені оцінки

екологічного стану довкілля водних масивів ПЗЧМ (за матеріалами власних п'ятнадцятирічних досліджень):

– за шкалою та класами трофності [50] і загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів (табл. 3);

– за кількістю α -мезосапробних видів (показників значного органічного забруднення [17]) в угрупованні мікрофітобентосу (табл. 4).

Таблиця 3 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів за шкалою та класами трофності [50] по показниках чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів (10^6 кл · м⁻²)

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Класи трофності	Оліготрофний	Мезотрофний	Евтрофний	Політрофний	Гіпертрофний
	Чисельність, млн. кл/м ²	0,10·10 ³ - 0,49·10 ³	0,50·10 ³ - 14,99·10 ³	15,00·10 ³ - 49,99·10 ³	50,00·10 ³ - 199,99·10 ³	≥200,0·10 ³

Таблиця 4 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів за шкалою та рівнем сапробності [17] по показниках кількості видів α -мезосапробів у мікрофітобентосі твердих субстратів

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Рівень сапробності	Олігосапробний	β -мезосапробний	α -мезосапробний	Полісапробний	Гіперсапробний
	Кількість α -мезосапробних видів, од.	0-1	2-4	5-7	8-10	≥11

У досліджуваних акваторіях під час відбору проб води і гідробіонтів систематично вимірювались показники температури та солоності води.

Отримані результати з біотестування та біоіндикації якості морського довкілля були статистично оброблені [51].

3 БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ВОД ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ РОЗВИТКУ ЛИЧИНОК МІДІЙ

Найбільш чутливий етап розвитку морських безхребетних із зовнішнім заплідненням – це ранній ембріогенез [52]. Восени 2023 року було проведено біотестування якості вод, як антропогенізованих так і умовно чистих, відібраних з прибережних акваторій у районі (ShW2) ПЗЧМ (у водному масиві CW5) з метою оцінки та діагнозу якості чорноморського довкілля за методами біотестування за показниками розвитку личинок мідій по «Методиці оцінки якості морської води з використанням ранніх стадій розвитку ембріонів чорноморських мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» [14] (див. 2).

Проби вод на біотестування їх якості були відібрані з таких акваторій CW5: Чорноморського яхт-клубу, біля мису Малий Фонтан, у місці значного рекреаційного навантаження на пляжі «Аркадія».

Температура досліджуваних прибережних поверхневих водних мас в осінній період цього року становила 16,5-17,5°C. Солоність цих вод перебувала у діапазоні від 17,483 ‰ до 18,169 ‰. Тобто, найважливіші гідрологічні показники морського довкілля, що впливають на розвиток чорноморських гідробіонтів, у період досліджень знаходились в межах екологічної норми.

Для отримання статевих продуктів були використані статевозрілі чорноморські мідії, що мешкали у прибережжі мису Малий Фонтан (як умовно-чистій у минулі роки ділянці моря в Одеському регіоні [14], [22]). З їхніх якісних продуктів були отримані здорові личинки і проведено біотестування досліджуваних вод. Отримані проби личинок мідій (на стадіях трохофор та протестоконхів) було зафіксовано та мікроскопічно оброблено.

У таблиці 5 представлені результати біотестуванні якості довкілля водного масиву CW5 восени 2023 року. Під час досліджень більшість трохофор у всіх протестованих водах перетворилися у протестоконхів – 99,4-99,6 %.

Таблиця 5 – Розвиток личинок чорноморських мідій при біотестуванні якості довкілля водного масиву CW5
восени 2023 року (у %)

Личинки мідій		Осінній період року					
		Чорноморський яхт-клуб		Мис Малий Фонтан		Пляж «Аркадія»	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Трохофори	нормальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	аномальні	0,4 ± 0,04	10,00	0,6 ± 0,13	21,67	0,5 ± 0,04	8,00
	Всього	0,4 ± 0,04	10,00	0,6 ± 0,13	21,67	0,5 ± 0,04	8,00
Продісоконхи	нормальні	24,5 ± 0,55	2,24	29,4 ± 1,22	4,15	27,3 ± 0,63	2,31
	аномальні	71,9 ± 0,59	0,82	66,3 ± 1,05	1,58	69,1 ± 0,67	0,97
	мертві	3,2 ± 0,21	6,56	3,7 ± 0,50	13,51	3,1 ± 0,04	1,29
	Всього	99,6 ± 0,04	0,04	99,4 ± 0,13	0,13	99,5 ± 0,04	0,04

У водах з акваторій водного масиву CW5 за період експозиції в умовах лабораторії загинуло личинок від 3,1 % до 3,7 %. Кількість личинок мідій нормальної морфології, що розвинулися при біотестуванні якості досліджуваних морських середовищ, була доволі значною і становила від 24,5 % (у воді яхт-клубу) до 27,3 % та 29,4 % (у водах з пляжу «Аркадія» і прибережжя мису Малий Фонтан, відповідно).

Проведена осінню 2023 року оцінка екологічного стану довкілля прибережжя Одеського регіону (CW5) під час біотестування якості водних мас з місць із різним антропогенним навантаженням на личинках мідій ранніх стадій розвитку (як більш чутливих за дорослих моллюсків до впливу морських вод різного ступеню забруднення) виявила, що екологічні властивості досліджених вод покращувалися в ряду: Чорноморський яхт-клуб → пляж «Аркадія» → мис Малий Фонтан. А саме, найкращим екологічним станом (за показником відсотку утворених личинок мідій нормальної морфології) характеризувалося довкілля ділянки моря біля мису Малий Фонтан (29,4 %) і дещо гіршим – пляжу «Аркадія» (на 2,1 %) та Чорноморського яхт-клубу (на 4,9 %).

Вищенаведені середовища ділянок CW5 осінню 2023 року відповідали екологічному класу стану вод «задовільний», тому що кількість нормально розвинених в їх водах тест-об'єктів перебувала у діапазоні $\geq 15,0$ - $< 50,0$ % (табл. 6). Відносно осіннього сезону 2021 року екологічний стан вод пляжу «Аркадія» покращився з «посереднього», коли у його воді утворилося тільки 14,1 % личинок мідій нормальної морфології. Але порівняно з 2020 роком, тоді вперше за останнє двадцятиріччя під час біотестування якості вод з використанням личинок мідій для акваторій CW5 був встановлений екологічний стан «добрий», наразі спостерігалось погіршення екологічних властивостей дослідженого прибережного довкілля більш ніж у 2 рази.

Отже, проведена у 2019-2021 і 2023 роках оцінка екологічних властивостей довкілля водного масиву CW5 ПЗЧМ показала, що саме в осінній сезон 2021 року сталося значне погіршення якості прибережного водного довкілля для морфогенезу личинок мідій, здебільшого, до екологічного стану «задовільний» (див. табл. 6).

Таблиця 6 – Оцінка екологічного стану довкілля акваторій водного масиву CW5 за результатами біотестування якості їх вод на личинках чорноморських мідій у 2019-2021 та 2023 роках

Клас екологічного стану вод		Відмінний (high)				Добрий (good)				Задовільний (moderate)				Посередній (poor)				Поганий (bad)			
Місце відбору проб води	Кольоровий код	синій				зелений				жовтий				оранжевий				червоний			
	Нормальні личинки, %	≥90,0 – ≤100,0				≥50,0 – <90,0				≥15,0 – <50,0				≥5,0 – <15,0				≥0,0 – <5,0			
	Роки Сезон	2019	2020	2021	2023	2019	2020	2021	2023	2019	2020	2021	2023	2019	2020	2021	2023	2019	2020	2021	2023
1	2	3	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Пляж «Аркадія»	Осінь						61,6				43,6		27,3			14,1					
Мис Малий Фонтан	Осінь						65,2				45,5	30,4	29,4								
Прибережжя санаторію ім. Чкалова	Осінь										32,8	18,0				11,2					
Пляж «Дельфін»	Осінь						64,3				41,1	21,5									
Чорноморський яхт-клуб	Осінь												24,5								

4 БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТАНУ ДОРΟΣЛИХ МІДІЙ

Провідний компонент донних фільтраторів Чорного моря, здійснюючих колосальну за масштабами функцію біологічного фільтру, що осаджує різні зависі з водного середовища від урізу води до меж сірководневої зони – двостулкові молюски родини мітілід (*Mytilidae Rafinesque*) [34], [35]. Мітіліди-домінанти відіграють значну едифікаторну роль у спільнотах. В багатьох біотопах вони є домінуючими за розмірами і біомасою представниками зообентосу, які визначають структурні та функціональні особливості донних спільнот.

Серед мітілід дуже виділяються чорноморські мідії як біофільтратори, які пропускають крізь себе щодобово величезну кількість морської води, що забезпечує їх життєдіяльність за рахунок відфільтровування компонентів оточуючого середовища. Саме тому мідії здатні накопичувати у своєму організмі забруднюючі речовини з водного довкілля. Можна сказати, що стан мідій – це інтегральний показник екологічного стану району мешкання даних гідробіонтів, тобто стан цих молюсків-фільтраторів об'єктивно відображує якість морського довкілля, як середовища їхнього мешкання.

Біотестування (біологічна оцінка) якості вод, як природних, так і антропогенно трансформованих, з використанням чорноморських мідій (на різних за чутливістю вікових стадіях їхнього розвитку), дозволяє отримати достовірну інформацію щодо екологічних характеристик морських акваторій [14].

В осінній період 2023 року було проведено біотестування якості середовища водного масиву CW5 ПЗЧМ за фізіолого-морфологічними показниками дорослих чорноморських мідій: стабільністю мембран лізосом клітин гемолімфи даних мітілід до впливу модельного токсиканту (нейтрального червоного), інтенсивністю процесу фільтрації води та активністю споживання розчиненого у воді кисню цими двостулковими молюсками. Проби води і мідій були відібрані в першій половині жовтня.

4.1 Оцінка якості морського середовища за показником стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи мідій

В осінній сезон 2023 року було проведено біотестування екологічних властивостей вод прибережних акваторій у районі (ShW2) ПЗЧМ (у водному масиві CW5), як умовно-чистих, так і антропогенно навантажених, з метою оцінки та діагнозу якості чорноморського довкілля за «Методикою оцінки якості морської води з використанням показника часу утримання нейтрального червоного лізосомами клітин гемолімфи мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» (див. 2).

Проби вод на біотестування їх якості були відібрані у водному масиві CW5 на акваторії Чорноморського яхт-клубу та з прибережжя мису Малий Фонтан.

Для коректної інтерпретації даних, отриманих при біотестуванні якості морського середовища за фізіолого-морфологічними показниками гідробіонтів потрібно враховувати вплив на стан тест-об'єктів ряду екологічних факторів, таких, як солоність, температура, період року, тощо [38].

Як вже відмічалось (див. 3), показники температури і солоності довкілля водного масиву CW5 ПЗЧМ восени 2023 року перебували в межах екологічної норми для розвитку чорноморських мідій.

Для біотестування були використані дорослі чорноморські мідії, що мешкали на акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан.

За часом утримання нейтрального червоного мембранами лізосом гемолімфи мідій стан «здоров'я» двостулкових та водного довкілля акваторій з масиву CW5 в осінній період спостережень 2023 року відповідав екологічному класу вод «відмінний», тому що реєстрований показник гемолімфи молюсків в цих досліджених середовищах перевищував 150-хвилинний поріг на 9-18 хвилин (табл. 7). Стабільність лізосомальних мембран клітин гемолімфи мідій в воді з акваторії Чорноморського яхт-клубу становила 159 хвилин, тобто була на 9 хвилин меншою, ніж у тест-об'єктів, що перебували у воді з прилеглої до мису Малий Фонтан ділянки моря, визнаної впродовж попередніх років умовно-чистою

порівняно з дослідженими акваторіями водних масивів CW5-CW7 [14], [22].

Біотестування якості морського довкілля за показником часу утримання нейтрального червоного мембранами лізосом клітин гемолімфи *M. galloprovincialis* показало, що осінню 2023 року, як і при попередніх моніторингових дослідженнях, найбільш екологічно сприятливими для мешкання цих дорослих мітілід були умови у водному середовищі прибережжя мису Малий Фонтан (CW5).

Екологічний стан довкілля водних масивів ПЗЧМ (CW5, CW6, CW7) у 2020, 2021 та 2023 роках, здебільшого, відповідав класу «відмінний», що було виявлено при біотестуванні якості морського довкілля досліджених прибережних морських акваторій за показником стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи мідій, тому що якість водного середовища для життєдіяльності цих дорослих молюсків-фільтраторів була доволі стабільно високою.

4.2 Оцінка якості морських вод за показником інтенсивності фільтрації води мідіями

Чорноморська мідія, як активний фільтратор морських вод та численний компонент різноманітних зооценозів Чорного моря [14], [35], [37], [53]-[54], відноситься до найбільш зручних об'єктів для дослідження екологічного стану прибережного морського середовища. Одна з основних характеристик процесів метаболізму в організмах мітілід – фільтраційна активність, що є важливою характеристикою реакції їх на зміни якості оточуючого морського довкілля під впливом природних та антропогенних факторів. Особливе місце серед продукційних характеристик виду займають фізіолого-морфологічні показники організму, які використовуються для оцінки екологічних умов його існування.

Стан «здоров'я» цих двостулкових бентосних організмів дзеркально відображає якість морського довкілля місця їхнього мешкання, тому що вони

ведуть осілий спосіб життя і тому не можуть залишити своє місцеперебування під час змін екологічних умов у навколишньому середовищі.

В осінній сезон 2023 року було проведено біотестування якості довкілля водного масиву CW5 ПЗЧМ (як умовно-чистих, так і антропогенізованих вод з прибережжя мису Малий Фонтан та з акваторії Чорноморського яхт-клубу, відповідно) за показником інтенсивності фільтрації води дорослими мідіями (розміром від 45 мм до 50 мм) за «Методикою оцінки якості морської води з використанням показника характеру фільтрації води чорноморськими мідіями (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» [14] (див. 2).

Важливі для життєдіяльності чорноморських гідробіонтів показники температури і солоності довкілля CW5 восени цього року перебували в межах екологічної норми для розвитку двостулкових молюсків (див. 3).

Фільтраційна активність мідій при тестуванні якості води з ділянки моря біля мису Малий Фонтан в осінній сезон 2023 року на 4-ту годину спостережень становила 63,0 % (до можливого) і перевищувала інтенсивність фільтрації цими тест-об'єктами води з Чорноморського яхт-клубу на 12,0 % (табл. 8).

Таблиця 8 – Інтенсивність фільтрації води чорноморськими мідіями при біотестуванні якості довкілля водного масиву CW5 восени 2023 року (у % до можливого)

Термін експозиції (години)	Чорноморський яхт-клуб			Мис Малий Фонтан		
	n	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	n	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
	Осінній період року					
0,5	10	16,9 ± 3,21	19,00	10	32,1 ± 4,83	15,05
1,0	10	30,1 ± 4,75	15,78	10	59,9 ± 5,07	8,46
1,5	10	41,9 ± 6,36	15,18	10	70,8 ± 3,71	5,24
2,0	10	49,6 ± 7,13	14,38	10	72,0 ± 1,48	2,06
2,5	10	50,8 ± 6,84	13,46	10	72,1 ± 1,48	2,05
3,0	10	52,2 ± 6,36	12,18	10	69,6 ± 1,11	1,59
3,5	10	52,0 ± 5,95	11,44	10	66,3 ± 0,75	1,13
4,0	10	51,0 ± 5,17	10,14	10	63,0 ± 0,50	0,79

Ретроспективне порівняння результатів досліджень процесу фільтрації мідіями морської води з різних прибережних районів ПЗЧМ показало, що в осінні сезони 2020-2021 та 2023 років фільтраційна активність мідій при біотестуванні якості водного довкілля з CW7 за отриманими показниками була нижчою за результати досліджень якості вод CW5 (за виключенням акваторії яхт-клубу) та CW6 (рис. 2). Слід відзначити, що порівняно з осіннім показником фільтраційної активності мідіями води з ділянки моря біля мису Малий Фонтан у 2021 році – 70,1 %, осінню 2023 року зареєстровано зниження цього показника на 7,1 % (до можливого) (рис. 2).

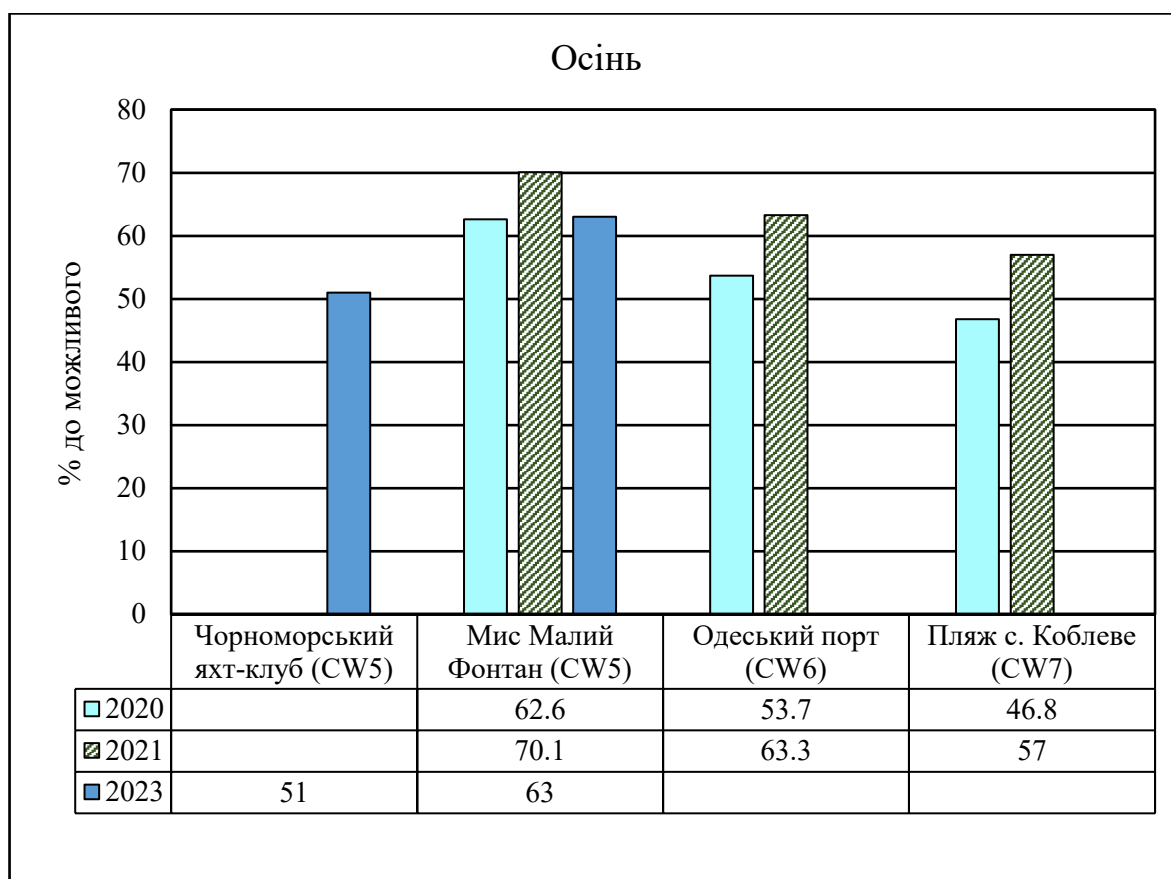


Рисунок 2 – Фільтраційна активність мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ в осінні сезони 20120, 2021 та 2023 років (на 4-ту годину спостережень)

В осінні сезони 2020 і 2021 років досліджувані води з масивів CW5 та CW6, в цілому, були за екологічними властивостями більш придатними для існування

M. galloprovincialis, ніж водне середовище масиву CW7, що чітко відображують їх показники інтенсивності фільтраційного процесу (див. рис. 2).

Ділянка моря, що прилягає до мису Малий Фонтан, перебуває лише під незначним антропогенним тиском (за рахунок рекреаційного навантаження) і, як показали осінні показники фільтраційної активності тест-об'єктів у 2023 році, ця акваторія залишається умовно-чистою ділянкою моря у водному масиві CW5.

4.3 Оцінка якості морського довкілля за показником інтенсивності дихання мідій

Одна з найважливіших характеристик стану організму двостулкових молюсків – рівень споживання ними розчиненого у воді кисню [55]-[56]. Оцінюючи інтенсивність дихання молюсків (показника швидкості обміну речовин у них) можна зробити висновок щодо фізіологічного стану організму в цілому [38].

На процес дихання *Vivalvia* впливають різні фактори: температура і солоність води, присутність забруднюючих речовин, інтенсивність харчування, наявність короткочасної або тривалої гіпоксії, пора року, тощо [57]-[63]. Один з основних факторів, що впливають на процес дихання у мідій – температура води [64]-[65]. На активність цього процесу впливає стадія розвитку статевих продуктів, та ряд інших чинників [62], [66]-[67]. Встановлено, що інтенсивність дихання скельової мідії мінімальна взимку, збільшується в березні-квітні при підвищенні температури води та визріванні гонад і максимальна при температурі води від 14 С до 16 С [68]-[70]. Після нересту знижується обмін речовин у молюсків, хоча температура води продовжує зростати [35]. Мідія здатна проявляти постійну інтенсивність обміну речовин у достатньо широкому діапазоні концентрацій кисню у воді.

Проведені багаторічні дослідження сезонних змін показників обміну речовин у чорноморських мідій за показником інтенсивності споживання ними розчиненого у воді кисню співпали з висновками інших дослідників [16], [35], [68]-[70].

В осінній сезон 2023 року в прибережжі Дністровського району (ShW2) ПЗЧМ (у водному масиві CW5 на акваторіях Чорноморського яхт-клубу та біля мису Малий Фонтан) солоність та температура водного середовища (дуже важливі для розвитку водних організмів гідрологічні фактори) перебували в межах екологічної норми для життєдіяльності чорноморських гідробіонтів (див. 3).

Біотестування якості морського довкілля прибережних акваторій за показником інтенсивності дихання чорноморських мідій (розміром від 45 мм до 50 мм) було проведено за «Методикою оцінки якості води з використанням показника інтенсивності дихання водних організмів» [14] (див. 2).

Інтенсивність дихання мідій при біотестуванні якості води з району мису Малий Фонтан восени 2023 року становила 0,55 мл O_2 /особину в годину, тобто була подібною до значення даного показника, встановленого у 2021 році (рис. 3).

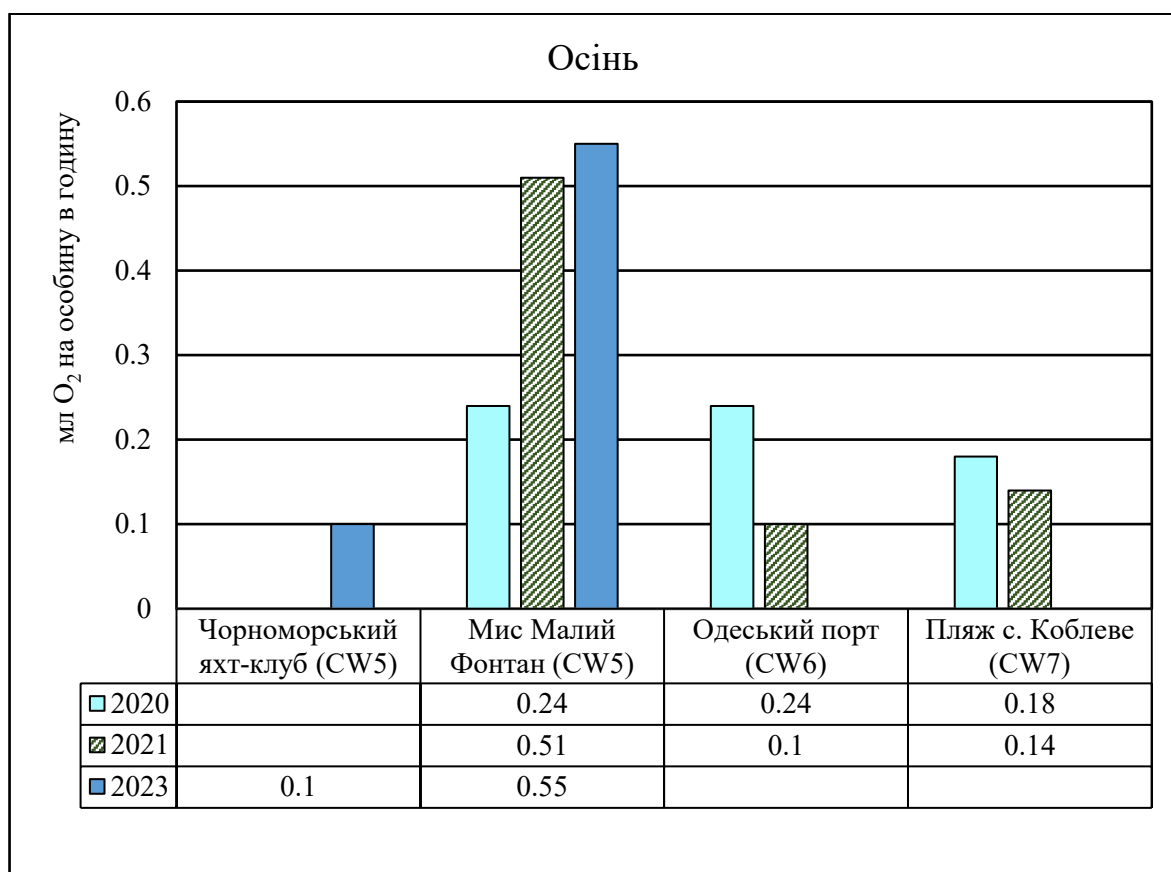


Рисунок 3 – Дихання мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ в осінні сезони 2020, 2021 і 2023 років (в мл O_2 /особину в годину)

Споживання молюсками розчиненого у воді кисню під час тестування якості водних мас з яхт-клубу було більш ніж у 5 разів гіршим порівняно з інтенсивністю дихання мідій, що перебували в умовах лабораторії у воді з прибережжя мису Малий Фонтан (в осінній сезон 2023 року), а саме становило лише 0,10 мл O_2 /особину в годину. Цей низький реєстрований показник у тест-об'єктів характеризує водне середовище Чорноморського яхт-клубу як значно гіршої якості, ніж акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан.

Ретроспективний аналіз змін екологічного стану прибережного довкілля водних масивів ПЗЧМ за показником інтенсивності дихання мідій при біотестуванні якості водного середовища досліджуваних районів показує, що більш ніж вдвічі зріс показник споживання розчиненого у воді кисню мідіями при тестуванні якості водного довкілля CW5 осінню 2021 року, а під час перебування тест-об'єктів у водах з CW6 та CW7 в умовах лабораторії, навпаки, знизився у 2,4 та 1,3 рази (відповідно) порівняно з результатами попереднього року (див. рис. 3).

Проведені у 2019-2021 і 2023 роках оцінка та діагноз екологічного стану довкілля ПЗЧМ за методами біотестування якості вод з різним ступенем і характером забруднення при одночасному використанні декількох фізіолого-морфологічних показників стану метаболічних процесів в організмах чорноморських мідій (ембріогенезу личинок даних молюсків на ранніх стадіях розвитку, стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи цих статевозрілих двостулкових, фільтраційної активності та інтенсивності споживання ними розчиненого у воді кисню) показали, що у водному масиві CW5 стан водного довкілля відповідав екологічному класу вод «відмінний» для дорослих *M. galloprovincialis* (див. 4.1), а для більш чутливих тест-об'єктів – личинок мідій на перших двох стадіях розвитку – класу «задовільний» (див. 3).

Як і у попередні роки, для акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан, отримані у переважній більшості найкращі результати з досліджень екологічного стану морського довкілля методами біотестування з використанням чорноморських мідій різних стадій розвитку. Тобто, ця ділянка прибережжя ПЗЧМ залишилася умовно-чистою у водному масиві CW5 й восени 2023 року.

5 БІОІНДИКАЦІЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТАНУ МІКРОФІТОБЕНТОСУ

Природні та штучні морські субстрати (каміння, пісок, бетонні, пластикові та металеві споруди, стулки моллюсків) – це контурні біотопи, населені організмами обростань. Характерними рисами цих водних оселищ є різноманітний видовий склад, високі показники чисельності та біомаси гідробіонтів. Оскільки дані угруповання малорухливих та прикріплених організмів знаходяться під інтенсивним природним й антропогенним впливом, вони є важливим об'єктом морського моніторингу [71].

У дослідженнях екологічного стану морського довкілля контурні біотопи та їх біоценози відіграють ключову роль [72]. На субстратах мешкають певні види або групи видів мікроводоростей [73]. Серед них провідне місце належить діатомеям, широко представленим в ЧМ впродовж року, та ціанопрокаріотам, що найбільш інтенсивно розвиваються влітку при високих температурах води [74]. В імпактних частинах моря, які зазнають значного органічного забруднення, чисельність мікрофітів в 2,0-2,5 рази вища порівняно з його умовно чистими акваторіями [75].

Важливою складовою комплексної оцінки наслідків антропогенного впливу на екосистеми субліторалі є дослідження стану біологічної різноманітності обростань мікрофітів на твердих субстратах у контактній зоні берег-море [76]. Прикріплені діатомеї перифітону та бентосу за систематичним складом значно багатші, ніж планктонні пелагічні угруповання. Це обумовлено різними екологічними умовами у субліторалі та пелагіалі водойм. У біотопах з помірним забрудненням спостерігається інтенсивніший кількісний розвиток діатомей, порівняно з чистими водами, але зменшується кількість видів і домінують полі- і мезосапроби, які є стійкими до антропогенного впливу. Сильніше забруднення місцеперебування бентосних мікроводоростей поступово призводить до зниження їхніх кількісних показників і збіднення видового складу.

5.1 Оцінка якості морського середовища за показниками розвитку бентосних мікрофітів

Оцінка якості морського довкілля у 2023 році методом біоіндикації здійснювалась за систематичними, кількісними, морфологічними, галобіонтними та сапробіонтними показниками розвитку мікрофітобентосу. Проби відбиралися з поверхонь різних субстратів, як твердих (бетонних пірсів, каменю біля берега, пластикового понтону, стулок мідій, так і пухких (піску в зоні заплеску та в 3 м від берега, мулисто-піщаного ґрунту з глибини 3 м). Відбір мікроводоростей здійснювали в різних за рівнем антропогенного навантаження акваторіях: Чорноморського яхт-клубу, біля мису Малий Фонтан і на пляжі «Аркадія».

У таксономічному складі мікрофітобентосу водного масиву CW5 ПЗЧМ було виявлено 183 види водоростей (Додаток А), які належали до 8 відділів (рис. 4 (а)).

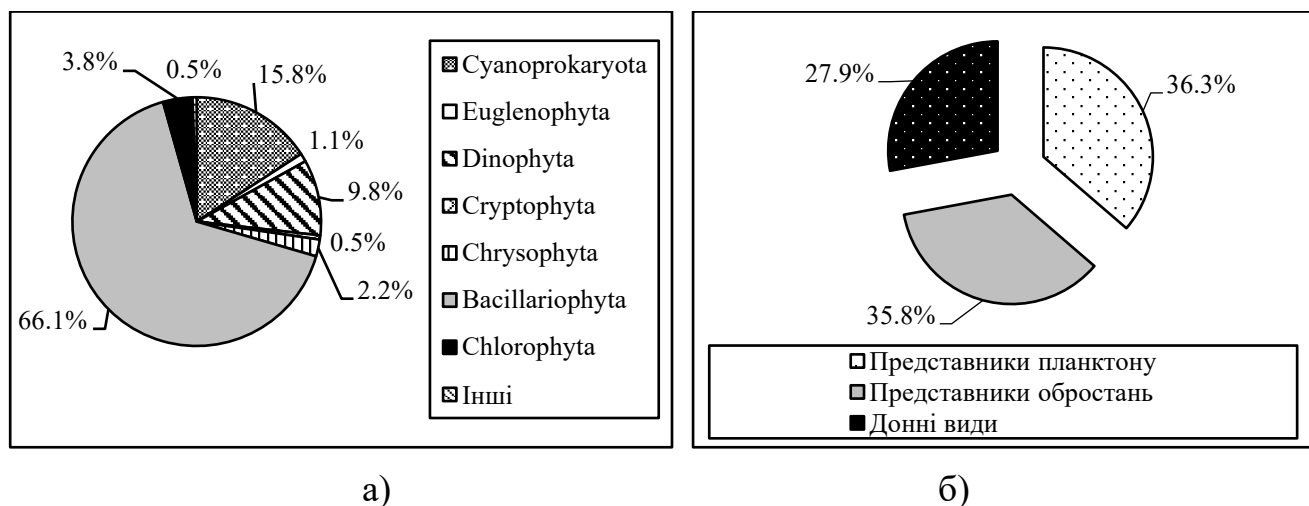


Рисунок 4 – Таксономічний склад (а) та життєві форми (б) мікрофітобентосу водного масиву CW5 у 2023 році (% від кількості знайдених видів)

Переважали діатомеї (66,1 % від загальної кількості видів). Широко представлені були й ціанопрокаріоти (15,8 %) та дінофітові водорості (9,8 %). Серед усіх видів мікрофітів було 17 потенційно токсичних (серед синьо-зелених, дінофітових і

діатомових роду *Pseudo-nitzschia*). Найширше представлені діатомеї родів *Nitzschia* – 13, *Navicula* – 9, *Amphora* – 8 і *Halamphora* – 6 видів. Менше було особин родів *Mastogloia*, *Cocconeis* і *Diploneis* – по 5 видів. Серед ціанопрокаріот переважали роди *Phormidium* та *Merismopedia*, яких було 5 та 4 види, відповідно.

Знайдені мікрофіти були, здебільшого, представниками планктону та обростань (див. рис. 4 (б)). Планктонними були ціанопрокаріоти родів *Chroococcus*, *Merismopedia* та *Microcystis*, діатомеї *Skeletonema costatum* та *Stephanodiscus astraea*, види родів *Chaetoceros*, *Pseudo-nitzschia*, *Thalassiosira*, а також дінофітові, евгленові, золотисті та зелені водорості. Обростання представляли синьо-зелені водорості *Calothrix scopulorum*, *Gloeocapsopsis crepidinum*, *Leptolyngbya fragilis* та роди *Lyngbya* і *Phormidium*; діатомові *Grammatophora marina*, *Parlibellus delognei* та види родів *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Diatoma*. З донних форм найпоширенішими були діатомеї, що належали до родів *Nitzschia*, *Navicula*, *Lyrella*, *Planothidium*.

По відношенню до солоності води переважали полі- та мезогалофи, яких було 38,6 % та 28,1 %, відповідно (рис. 5 (а)). Полігалобами були діатомеї родів

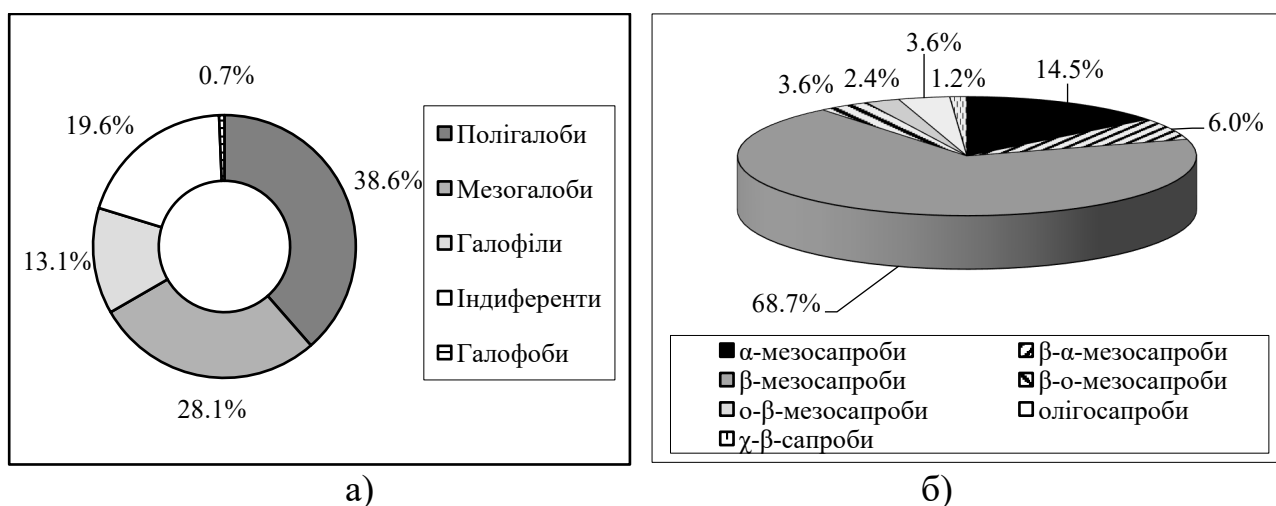


Рисунок 5 – Галобіонтий (а) та сапробіонтий (б) склад мікрофітобентосу водного масиву CW5 у 2023 році (% від кількості знайдених видів)

Achnanthes, *Cocconeis*, *Licmophora*, *Lyrella* та золотисті водорості. До мезогалобів належали ціанопрокаріоти *L. fragilis*, *Lyngbya confervoides*, потенційно токсичні

дінофітові водорості *Prorocentrum cordatum* і *P. micans*, діатомеї *Ceratoneis closterium* і *P. delognei*, види родів *Nitzschia* та *Navicula*. Інтенсивно розвивалися олігогалофи – галофіли та індіференти. Галофілами були, зокрема, діатомеї *Planothidium delicatulum*, *Rhoicosphenia abbreviata* і види роду *Diatoma*. До індіферентів належала діатомея *Ulnaria ulna* і більшість знайдених синьо-зелених (види родів *Chroococcus*, *Phormidium* та *Merismopedia*) і зелених водоростей. У мікрофітобентосі з'явилась галофобна ціанопркаріота *Chroococcus cohaerens*.

Стосовно органічного забруднення води більшість мікрофітів становили β-мезосапроби – 68,7 % (див. рис. 5 (б)). З них наймасовішими були діатомеї: *Achnanthes brevipes*, *A. longipes* і види роду *Diatoma*. Серед решти сапробіонтів найбільш інтенсивно вегетували α-мезосапробні ціанопркаріота *Phormidium limosum* та діатомеї *Melosira moniliformis* і *Tabularia fasciculata*, β-α-мезосапробні синьо-зелені водорості *Merismopedia glauca* і *M. tenuissima* та β-о-мезосапробні *L. fragilis* і *Merismopedia elegans*. Найвищі систематичні та кількісні показники розвитку сапробіонтів, зокрема α- та β-α-мезосапробів, були притаманні антропогенізованій та евтрофікованій акваторії яхт-клубу.

Впродовж року поодинокі траплялися аномальні клітини діатомей. Так, навесні в акваторії яхт-клубу на пластику були знайдені виїмчасті клітини *Cocconeis scutellum* var. *scutellum*, а влітку та восени на стулках мідій з акваторії яхт-клубу – деформовані особини *Cocconeis costata*. Такі ж клітини *C. costata* спостерігалися й влітку на стулках мідій та на піску біля мису Малий Фонтан.

Кількість мікрофітів на твердих субстратах з акваторій CW5 навесні становила 35-50, влітку – від 19 до 73, а восени – від 31 до 67 видів (табл. 9). Її основу становили діатомеї та ціанопркаріоти. Влітку часто траплялися дінофітові. Найменше видів мікрофітобентосу було літом на бетонних пірсах біля мису Малий Фонтан і в яхт-клубі, а найбільше – влітку та восени на стулках мідій з акваторії останнього. На бетонному субстраті в яхт-клубі (в 3 м від берега) улітку було в 1,5 рази більше видів мікрводоростей, ніж на пірсі біля берега.

Таблиця 9 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 у 2023 році

Місце відбору проб		Відділи водоростей								
		Cyanoprokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
Весна	Травень									
	Чорноморський яхт-клуб (бетон, біля берега)	7	-	2	1	2	21	1	1	35
	Чорноморський яхт-клуб (камінь)	4	-	2	-	1	41	1	1	50
	Чорноморський яхт-клуб (пластик)	4	-	1	1	2	37	1	1	47
Літо	Липень									
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 1)	9	1	7	1	2	50	2	1	73
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	9	-	6	1	2	43	2	1	64
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	9	1	5	1	2	39	2	1	60
	Серпень									
	Чорноморський яхт-клуб (бетон, біля берега)	7	-	2	1	1	7	-	1	19
	Чорноморський яхт-клуб (бетон, 3 м від берега)	9	-	2	1	2	13	1	1	29
	Чорноморський яхт-клуб (пластик)	15	-	1	1	2	18	2	1	40
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	15	-	4	1	3	44	3	1	71
	Мис Малий Фонтан (бетон, біля берега)	11	-	2	1	1	3	-	1	19
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	16	-	2	1	3	41	1	1	65	
Осінь	Жовтень									
	Чорноморський яхт-клуб (бетон, біля берега)	12	-	2	1	1	16	-	1	33
	Чорноморський яхт-клуб (пластик)	13	1	1	1	2	11	1	1	31
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	16	-	3	1	3	42	1	1	67
	Мис Малий Фонтан (бетон, біля берега)	11	-	1	1	2	9	-	1	25
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	11	-	4	1	3	31	-	1	51
	Пляж «Аркадія» (бетон, біля берега)	10	-	2	1	2	20	-	1	36

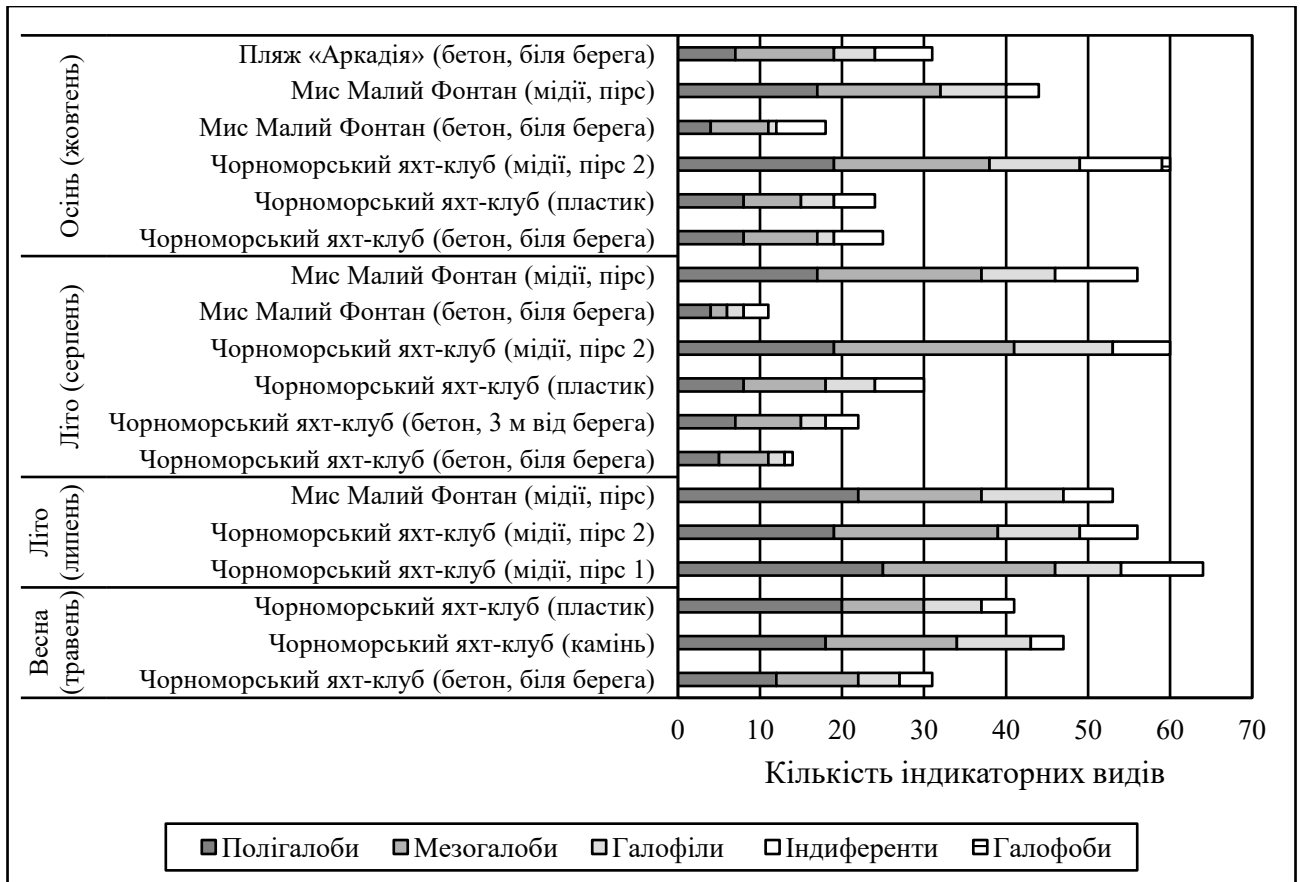
На пухких ґрунтах навесні було 33-40, влітку – від 21 до 60, а восени – від 27 до 70 видів мікрводоростей (табл. 10). На піщаних та мулисто-піщаних ґрунтах теж переважали діатомеї. Влітку та восени в яхт-клубі інтенсивно вегетували синьо-зелені, а на пляжі «Аркадія» – дінофітові водорості.

Таблиця 10 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу пухких субстратів у водному масиві CW5 у 2023 році

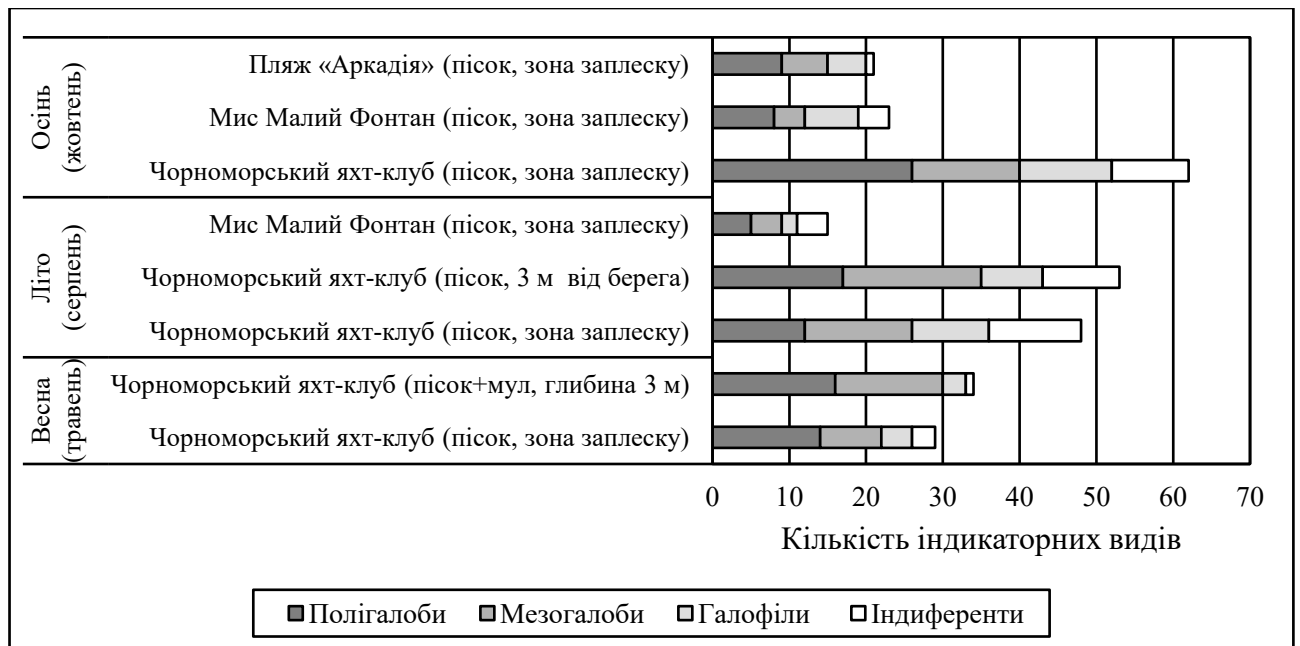
Місце відбору проб		Відділи водоростей								
		Суанпрокарyota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
Весна	Травень									
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, зона заплеску)	4	-	2	1	1	24	-	1	33
	Чорноморський яхт-клуб (пісок+мул, глибина 3 м)	4	-	1	-	2	32	-	1	40
Літо	Серпень									
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, зона заплеску)	10	1	2	1	1	35	2	1	53
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, 3 м від берега)	10	1	4	-	3	40	1	1	60
	Мис Малий Фонтан (пісок, зона заплеску)	6	1	1	1	2	8	1	1	21
Осінь	Жовтень									
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, зона заплеску)	13	1	9	1	3	41	1	1	70
	Мис Малий Фонтан (пісок, зона заплеску)	5	-	2	1	1	17	-	1	27
	Пляж «Аркадія» (пісок, зона заплеску)	3	-	5	1	2	15	-	1	27

На твердих ґрунтах влітку було в 1,2-1,6 рази більше видів ціанопрокаріот, ніж на пухких (див. табл. 9, 10). Найвищі систематичні показники розвитку мікрофітів літом та осінню були в акваторії яхт-клубу на мідіях та на піску.

У галобіонтному складі мікрофітобентосу, всіх субстратів досліджених ділянок моря цілорічно переважали полі- та мезогалоби (рис. 6, (а), (б)). Були



а)



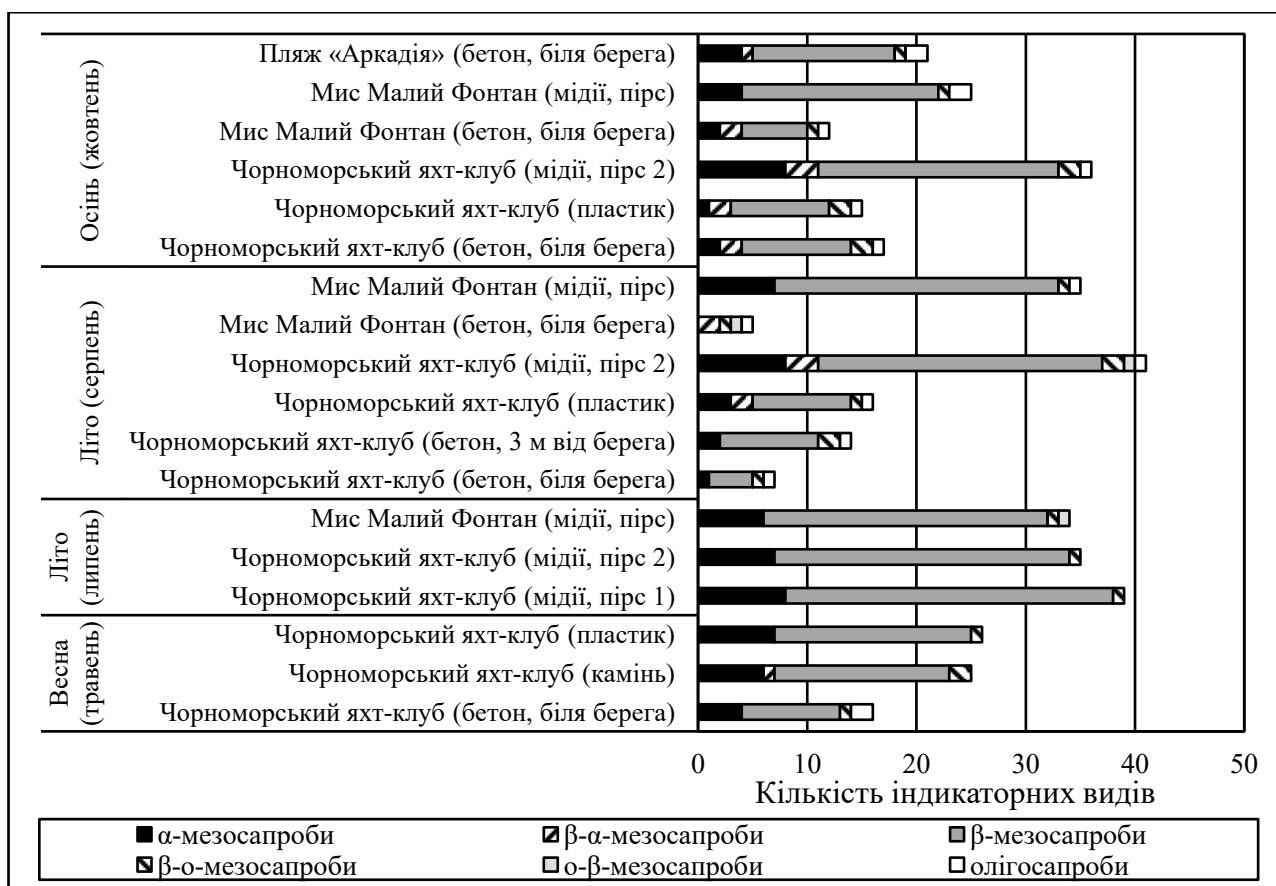
б)

Рисунок 6 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу твердих (а) та пухких (б) субстратів у водному масиві CW5 у 2023 році

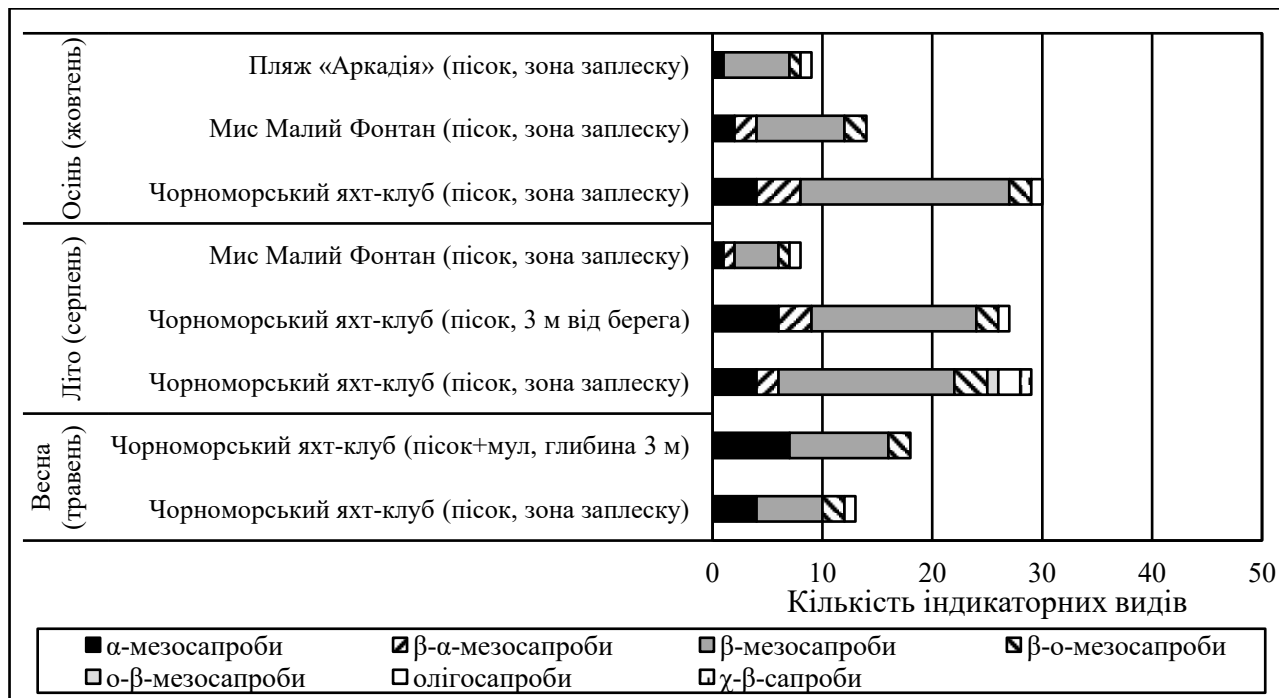
широко представлені і галофіли та індиференти. Найбільше полі- та мезогалобних видів мікрофітів було влітку на мідіях та восени на піску в яхт-клубі. Тут на піску інтенсивно розвивалися індиференти – ціанопрокаріоти роду *Merismopedia*, а восени на мідіях був відмічений галофоб *Ch. cohaerens*. Влітку полігалобів на бетоні та пластику стало до 2,5 разів менше відносно весняного періоду, а восени – дещо більше. Влітку кількість видів-індиферентів на пластику зросла в 1,5 рази.

У сапробіонтному складі мікрофітобентосу досліджених субстратів переважали β -мезосапроби (рис. 7(а), (б)), що свідчить про помірне органічне забруднення досліджених акваторій. Найнижча кількість видів-сапробіонтів спостерігалася в серпні на бетоні (при відсутності α -мезосапробів) та піску в акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан – 5 та 8 видів, відповідно. Найбільше їх було відмічено влітку на мідіях та восени на піску в акваторії яхт-клубу – 41 та 30 видів. Найвищий вміст α - та β - α -мезосапробів також був притаманний цій антропогенізованій ділянці моря. Поодинокі траплялися види – показники слабого забруднення: α - β -мезосапроби, олігосапроби та χ - β -сапроби. Вони були більш притаманними акваторіям мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія».

Чисельність мікрофітобентосу на твердих субстратах навесні становила 1 480,39-3 925,16 млн. кл. \cdot м⁻², влітку вона зросла в 1,2-3,5 рази, до 1 802,52-13 646,27 млн. кл. \cdot м⁻², а восени – коливалась від 1 237,48 млн. кл. \cdot м⁻² до 18 455,88 млн. кл. \cdot м⁻² (табл. 11). Водорості були найчисленнішими на бетоні: навесні в акваторії яхт-клубу, а влітку та восени – коло мису Малий Фонтан, зокрема, за рахунок ціанопрокаріот *Calothrix scopulorum*, *L. fragilis*, *L. confervoides*, *Ph. limosum*. Чисельність бентосу навесні та влітку була вищою на пухких ґрунтах в яхт-клубі неподалік від берега (6 587,76 млн. кл. \cdot м⁻² та 8 949,55 млн. кл. \cdot м⁻²), а восени – там же, на піску у зоні заплеску (7 938,67 млн. кл. \cdot м⁻²), теж внаслідок розвитку синьо-зелених водоростей (табл. 12), але вже представників родів *Merismopedia* та *Microcystis*. Інтенсивно розвивалися тут і дрібноклітинні β -мезосапробні діатомові *Ceratoneis closterium* (у весняний сезон на бетоні та камені) та *Planothidium delicatulum* (влітку та восени на піску).



а)



б)

Рисунок 7 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу твердих (а) і пухких (б) субстратів у водному масиві CW5 у 2023 році

Таблиця 11 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 у 2023 році

Місце відбору проб		Відділи водоростей								
		Cyanoprokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
Весна	Травень									
	Чорноморський яхт-клуб (бетон)	3 265,99	-	0,40	1,20	2,93	651,31	0,13	3,20	3 925,16
	Чорноморський яхт-клуб (камінь)	196,94	-	0,66	-	0,80	1 278,76	0,13	3,10	1 480,39
	Чорноморський яхт-клуб (пластик)	1 785,74	-	0,67	0,67	2,67	464,85	0,13	3,60	2 258,33
Літо	Липень									
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 1)	2 336,86	0,11	5,55	0,87	5,43	458,99	0,87	6,10	2 814,78
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	1 323,99	-	5,73	0,96	3,10	196,02	1,79	4,41	1 536,00
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	1 600,85	0,09	3,05	0,81	0,99	265,46	0,81	3,77	1 875,83
	Серпень									
	Чорноморський яхт-клуб (бетон, біля берега)	4 808,58	-	0,26	2,40	1,60	6,26	-	3,10	4 822,20
	Чорноморський яхт-клуб (бетон, 3 м від берега)	4 845,33	-	0,40	0,80	3,86	24,30	0,40	2,40	4 877,49
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	3 673,06	-	0,27	2,80	1,60	81,13	1,06	3,20	3 763,12	

Кінець таблиці 11

Місце відбору проб		Відділи водоростей								
		Cyanoprokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysoophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
Літо	Серпень (продовження)									
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	1 826,84	-	1,08	0,54	2,41	147,59	6,20	4,24	1 988,90
	Мис Малий Фонтан (бетон)	13 640,41	-	0,66	1,20	0,67	1,20	-	2,13	13 646,27
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	1 680,84	-	0,45	0,27	3,21	112,23	0,71	4,81	1 802,52
Осінь	Жовтень									
	Чорноморський яхт-клуб (бетон, біля берега)	12 706,70	-	0,26	0,13	0,93	27,46	-	2,40	12 737,88
	Чорноморський яхт-клуб (пластик)	3 731,37	0,13	0,13	0,40	1,33	14,94	0,27	1,87	3 750,44
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	1 510,74	-	1,75	0,19	3,41	128,30	0,09	2,58	1 647,06
	Мис Малий Фонтан (бетон)	18 315,74	-	0,13-	0,27	2,80	134,41	-	2,53	18 455,88
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	1 112,23	-	1,72	0,86	3,00	115,82	-	3,85	1 237,48
	Пляж «Аркадія» (бетон)	14 310,52	-	0,26	0,40	2,26	78,18	-	3,47	14 395,19

Таблиця 12 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу пухких субстратів у водному масиві CW5 у 2023 році

Місце відбору проб		Відділи водоростей								
		Cyanoprokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
Весна	Травень									
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, зона заплеску)	676,05	-	3,12	7,49	2,50	142,04	-	10,65	841,85
	Чорноморський яхт-клуб (пісок+мул, глибина 3 м)	3 810,31	-	1,86	-	22,49	2 721,16	-	31,94	6 587,76
Літо	Серпень									
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, зона заплеску)	6 699,25	1,88	3,12	2,50	1,26	954,52	5,64	13,77	7 681,94
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, 3 м від берега)	7 925,9	5,00	11,87	-	11,89	984,67	2,50	8,13	8 949,55
	Мис Малий Фонтан (пісок, зона заплеску)	702,92	0,65	1,29	5,17	2,91	13,27	0,97	4,20	731,44
Осінь	Жовтень									
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, зона заплеску)	6 707,31	2,50	28,80	6,25	11,27	1 155,61	1,26	25,67	7 938,67
	Мис Малий Фонтан (пісок, зона заплеску)	1 393,44	-	2,52	8,13	5,63	185,27	-	11,27	1 606,26
	Пляж «Аркадія» (пісок, зона заплеску)	558,39	-	157,75	11,89	4,38	41,97	-	11,89	786,27

Весною біомаса мікрофітів на твердих субстратах коливалася від 1481,49 до 5 102,35 мг · м⁻², влітку вона зменшилась у 2,3-3,3 рази, до 447,97-2 227,10 мг · м⁻², а восени – ще скоротилась в 1,4-1,9 рази і становила 238,86-1 549,86 мг · м⁻² (табл. 13). Навесні та у середині літа її формували діатомові водорості (β -мезосапроби *A. brevipes*, *A. longipes* і види роду *Diatoma*, а також α -мезосапроби *M. moniliformis* і *T. fasciculata*), а наприкінці літнього сезону та восени, здебільшого, синьо-зелені (*C. scopulorum* і види роду *Phormidium*). У весняний період мікрофіти були наймасовішими на пластику в акваторії яхт-клубу, а у літній – на стулках мідій з мису Малий Фонтан. Восени найвищі біомаси спостерігалися на бетоні у ділянках моря біля пляжу «Аркадія» та мису Малий Фонтан. На піщаних та мулисто-піщаних ґрунтах біомаса навесні становила 446,24-12 126,75 мг · м⁻², влітку вона скоротилась в 5,4-19,6 рази (до 22,75-2 249,83 мг · м⁻²), а восени – зросла у 1,1-7,5 рази, до 170,96-2 422,40 мг · м⁻² (табл. 14). На відміну від твердих субстратів, тут її впродовж року створювали діатомові водорості. Їх розвиток був найбільш інтенсивним навесні на мулисто-піщаному ґрунті в акваторії яхт-клубу.

За отриманими показниками біомаси мікрофітобентосу на твердих субстратах (відповідно до характеристики трофності водних об'єктів України [50]), довкілля більшості досліджених ділянок ПЗЧМ впродовж 2023 року належало, переважно, до класу «мезотрофне» та «оліготрофне», а на мулисто-піщаних та піщаних ґрунтах – до класів «евтрофне» та «мезотрофне».

Отже, протягом 2023 року в досліджених акваторіях водного масиву CW5 спостерігалися високі систематичні та кількісні показники розвитку мікрофітобентосу. Видовий склад мікрофітобентосу різних субстратів тут формували, здебільшого, полі- та мезогалобні і β -мезосапробні діатомеї. Рідше зустрічалися ціанопрокаріоти і дінофітові водорості. Види α -мезосапроби інтенсивніше розвивалися в антропогенізованій морській ділянці Чорноморського яхт-клубу.

Таблиця 13 – Біомаса (мг · м⁻²) мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 у 2023 році

Місце відбору проб		Відділи водоростей								
		Cyano prokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysoophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
Весна	Травень									
	Чорноморський яхт-клуб (бетон)	232,37	-	0,96	0,11	0,56	1 247,25	0,03	0,21	1 481,49
	Чорноморський яхт-клуб (камінь)	9,05	-	11,19	-	0,05	2 344,95	0,03	0,20	2 365,47
	Чорноморський яхт-клуб (пластик)	53,98	-	12,63	0,06	0,54	5 034,87	0,03	0,24	5 102,35
Літо	Липень									
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 1)	153,40	0,15	71,55	0,08	0,59	1 356,72	0,21	0,40	1 583,10
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	73,25	-	71,17	0,09	0,46	1 751,02	0,36	0,29	1 896,64
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	65,86	0,09	25,43	0,08	0,11	2 135,10	0,18	0,25	2 227,10
	Серпень									
	Чорноморський яхт-клуб (бетон, біля берега)	434,98	-	1,35	0,23	0,10	11,11	-	0,20	447,97
	Чорноморський яхт-клуб (бетон, 3 м від берега)	354,04	-	0,54	0,08	0,78	123,93	0,09	0,15	479,61
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	937,36	-	0,50	0,26	2,87	146,81	0,04	0,21	1 088,65	

Кінець таблиці 13

Місце відбору проб		Відділи водоростей								
		Cyano-prokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chryso-phyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
Літо	Серпень (продовження)									
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	93,64	-	8,58	0,05	0,30	367,42	1,74	0,28	472,01
	Мис Малий Фонтан (бетон)	773,54	-	6,43	0,11	0,04	0,51	-	0,14	780,77
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	255,84	-	1,82	0,03	0,67	555,83	0,18	0,31	814,68
Осінь	Жовтень									
	Чорноморський яхт-клуб (бетон, біля берега)	1 018,68	-	1,22	0,01	0,06	80,68	-	0,16	1 100,81
	Чорноморський яхт-клуб (пластик)	189,36	0,10	0,41	0,04	3,60	45,16	0,07	0,12	238,86
	Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	276,96	-	27,19	0,02	0,66	237,08	0,02	0,17	542,10
	Мис Малий Фонтан (бетон)	972,18	-	0,04	0,03	0,24	523,95	-	0,17	1 496,61
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	53,13	-	10,79	0,08	0,53	486,77	-	0,25	551,55
	Пляж «Аркадія» (бетон)	1 293,20	-	1,22	0,04	1,25	253,92	-	0,23	1 549,86

Таблиця 14 – Біомаса (мг · м⁻²) мікрофітобентосу пухких субстратів у водному масиві CW5 у 2023 році

Місце відбору проб		Відділи водоростей								
		Cyanoprokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysoophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
Весна	Травень									
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, зона заплеску)	8,00	-	7,00	0,71	0,16	429,67	-	0,70	446,24
	Чорноморський яхт-клуб (пісок+мул, глибина 3 м)	387,90	-	3,43	-	17,08	11 716,24	-	2,10	12 126,75
Літо	Серпень									
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, зона заплеску)	200,71	1,91	6,27	0,24	0,08	952,05	1,22	0,90	1 163,38
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, 3 м від берега)	458,23	6,22	132,62	-	3,79	1 648,34	0,10	0,53	2 249,83
	Мис Малий Фонтан (пісок, зона заплеску)	5,82	4,49	2,38	0,49	2,88	6,19	0,23	0,27	22,75
Осінь	Жовтень									
	Чорноморський яхт-клуб (пісок, зона заплеску)	328,35	1,96	155,80	0,59	1,17	1 932,53	0,32	1,68	2 422,40
	Мис Малий Фонтан (пісок, зона заплеску)	15,32	-	3,80	0,77	0,37	149,96	-	0,74	170,96
	Пляж «Аркадія» (пісок, зона заплеску)	3,55	-	634,18	1,12	1,58	63,35	-	0,78	705,06

5.2 Оцінка екологічного стану довкілля у водному масиві CW5 за трофністю та сапробністю донних мікроводоростей

У 2023 році була проведена оцінка екологічного стану довкілля водного масиву CW5 за шкалами та класами трофності [50] та сапробності [17] по показниках загальної чисельності клітин водоростей (див. табл. 11) та кількості видів α -мезосапробів (див. рис. 7 (а)) в угрупованнях мікрофітобентосу твердих субстратів, як індикаторних характеристик відгуків цих чутливих організмів-моніторів на умови мешкання у різних ділянках ПЗЧМ (табл. 15-16).

За показниками загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів досліджені ділянки моря були, здебільшого, мезотрофними, що цілком відповідає «доброму» екологічному стану вод. Виняток становила чисельність мікроводоростей восени на бетонному пірсі в прибережжі мису Малий Фонтан, де суміжне з цією спорудою водне середовище відповідало класу «задовільний».

Згідно з WFD, наявність або відсутність індикаторних видів можуть бути важливими параметрами для досліджень реакції водної флори на зміни умов у оточуючому їх середовищі. Показник кількості α -мезосапробних видів в угрупованні мікрофітобентосу був застосований для оцінки екологічної якості довкілля (див. 2). Він відображує зв'язок між сапробністю і трофністю та чітко показує ступінь евтрофікації досліджених ділянок прибережжя ПЗЧМ.

За вмістом α -мезосапробів на твердих субстратах у 2023 році досліджені морські ділянки, здебільшого, були β - і α -мезосапробних рівнів (див. рис. 8 (а)), тобто мали «добрий» та «задовільний» екологічний стан. Частина акваторій, де α -мезосапроби були відсутні або представлені 1 видом, належали до олігосапробних, тобто їхній екологічний стан був «відмінним». Впродовж року вміст цих індикаторних мікрофітів підвищувався у більшості досліджених ділянок водного масиву CW5. Найвища кількість видів α -мезосапробів (показників значного органічного забруднення) була на мідях з пірсів яхт-клубу влітку та восени 2023 року, що вказує на «посередній» екологічний стан даної акваторії.

Таблиця 15 – Оцінка екологічного стану довкілля у водному масиві CW5 за шкалою та класами трофності [77] по показниках чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів у 2023 році (10^6 кл. · м⁻²)

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Погааний (bad)
Місце відбору проб	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Шкала трофності, млн. кл/м ²	0,10·10 ³ -0,49·10 ³	0,50·10 ³ -14,99·10 ³	15,00·10 ³ -49,99·10 ³	50,00·10 ³ -199,99·10 ³	≥200,00·10 ³
	Класи трофності	Оліготрофний	Мезотрофний	Евтрофний	Політрофний	Гіпертрофний
Чорноморський яхт-клуб (пірс, біля берега)	Весна		3,93·10 ³			
	Літо, серпень		4,82·10 ³			
	Осінь		12,74·10 ³			
Чорноморський яхт-клуб (пірс, (3 м від берега)	Весна					
	Літо, серпень		4,88·10 ³			
	Осінь					
Чорноморський яхт-клуб (камінь)	Весна		1,48·10 ³			
	Літо, серпень					
	Осінь					
Чорноморський яхт-клуб (понтон)	Весна		2,26·10 ³			
	Літо, серпень		3,76·10 ³			
	Осінь		3,75·10 ³			
Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 1)	Весна					
	Літо, липень		2,81·10 ³			
	Осінь					
Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	Літо, липень		1,54·10 ³			
	Літо, серпень		1,99·10 ³			
	Осінь		1,65·10 ³			
Мис М. Фонтан (пірс, біля берега)	Весна					
	Літо, серпень		13,65·10 ³			
	Осінь			18,46·10 ³		
Мис М. Фонтан (мідії з пірсу біля берега)	Літо, липень		1,88·10 ³			
	Літо, серпень		1,80·10 ³			
	Осінь		1,24·10 ³			
Пляж «Аркадія» (пірс, біля берега)	Весна					
	Літо, серпень					
	Осінь		14,40·10 ³			

Таблиця 16 – Оцінка екологічного стану довкілля у водному масиві CW5 за шкалою та рівнем сапробності [21] по показниках кількості видів α -мезосапробів у мікрофітобентосі твердих субстратів у 2023 році

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Погааний (bad)
Місце відбору проб	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Кількість α -мезосапробних видів, од.	0,0-1,0	2,0-4,0	5,0-7,0	8,0-10,0	$\geq 11,0$
	Рівень сапробності	Олігосапробний	β -мезосапробний	α -мезосапробний	Полісапробний	Гіперсапробний
Чорноморський яхт-клуб (пірс, біля берега)	Весна		4			
	Літо, серпень	1				
	Осінь		2			
Чорноморський яхт-клуб (пірс, (3 м від берега)	Весна					
	Літо, серпень		2			
	Осінь					
Чорноморський яхт-клуб (камінь)	Весна			6		
	Літо, серпень					
	Осінь					
Чорноморський яхт-клуб (понтон)	Весна			7		
	Літо, серпень		3			
	Осінь	1				
Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 1)	Весна					
	Літо, липень				8	
	Осінь					
Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу 2)	Літо, липень			7		
	Літо, серпень				8	
	Осінь				8	
Мис М. Фонтан (пірс, біля берега)	Весна					
	Літо, серпень	0				
	Осінь		2			
Мис М. Фонтан (мідії з пірсу біля берега)	Літо, липень			6		
	Літо, серпень			7		
	Осінь		4			
Пляж «Аркадія» (пірс, біля берега)	Весна					
	Літо, серпень					
	Осінь		4			

5.3. Ретроспективна оцінка якості довкілля прибережжя ПЗЧМ за станом мікрофітобентосу

Влітку та восени 2023 року, порівняно з минулим та позаминулим роками, у досліджених акваторіях CW5 ПЗЧМ суттєво скоротилися систематичні показники розвитку мікроводоростей, зокрема, за рахунок діатомей (табл. 17). Так, в літній

Таблиця 17 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу у водному масиві CW5 в літні періоди 2021-2023 років

Місце відбору проб	Роки	Відділи водоростей								Всього
		Цианопрокаруота	Euglenophyta	Dinophyta	Скруптофіта	Хризопфіта	Василаріопфіта	Chlorophyta	Інші	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	12	-	2	1	2	36	-	1	54
	2023	7	-	2	1	1	7	-	1	19
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	2022	11	-	2	1	2	50	-	1	67
	2023	15	-	1	1	2	18	2	1	40
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	11	1	8	1	2	57	1	1	82
	2023	10	1	2	1	1	35	2	1	53
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	7	-	2	1	1	3	-	1	15
	2023	11	-	2	1	1	3	-	1	19
Мис Малий Фонтан (мідії з піреу)	2021	7	-	2	1	1	44	1	1	57
	2023	16	-	2	1	3	41	1	1	65
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	2	-	-	1	1	11	-	1	16
	2023	6	1	1	1	2	8	1	1	21

період поточного року сумарна кількість видів мікрофітів на твердих субстратах в акваторії Чорноморського яхт-клубу знизилась в 1,7-2,8 рази порівняно з показниками 2022 року. А в осінній сезон в цій ділянці моря вона була у 2,5-2,6 рази меншою, ніж торік (табл. 18). Водночас, кількість видів ціанопрокаріот у 2023 році в яхт-клубі зростала в 1,4-1,5 рази літом та осінню, а біля мису Малий Фонтан влітку в 1,7-3,0 та восени – в 1,3-1,4 рази.

Таблиця 18 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу у водному масиві CW5 в осінні періоди 2021-2023 років

Місце відбору проб	Роки	Відділи водоростей								Всього
		Суанпрокарyota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	10	-	3	1	1	65	-	1	81
	2023	12	-	2	1	1	16	-	1	33
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	2022	9	-	3	1	2	64	-	1	80
	2023	13	1	1	1	2	11	1	1	31
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	9	1	7	1	1	58	1	1	79
	2023	13	1	9	1	3	41	1	1	70
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	10	-	3	1	1	23	1	1	40
	2023	11	-	1	1	2	9	-	1	25
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	8	-	7	1	1	50	1	1	69
	2023	11	-	4	1	3	31	-	1	51
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	4	-	4	1	2	12	1	1	25
	2023	5	-	2	1	1	17	-	1	27
Пляж «Аркадія» (бетон)	2021	9	-	4	1	1	22	-	1	38
	2023	10	-	2	1	2	20	-	1	36
Пляж «Аркадія» (пісок)	2021	8	-	5	1	2	20	1	1	38
	2023	3	-	5	1	2	15	-	1	27

У галобіонтному складі мікрофітобентосу в 2023 році кількість полігалобів суттєво знизилась порівняно з такою у 2021 та 2022 роках (табл. 19, 20). Це чітко простежувалось в акваторії яхт-клубу, де їх влітку було в 2,9-4,0, а восени – в 4,0-4,1 рази менше, ніж 2022 року. Біля мису Малий Фонтан видів цієї екологічної групи в літні сезони поточного року було в 1,3-1,6, а в осінні – в 1,8-3,3 рази менше порівняно з показниками 2021 року. Менше стало і мезогалобних видів: в 1,6-2,7 та в 1,6-3,6 рази – в яхт-клубі і в 1,3-2,0 та в 1,3-1,7 рази – поблизу мису Малий Фонтан влітку та восени, відповідно. При цьому, дещо зростала кількість галофілів та індіферентів. Це пов'язано з надходженням прісних вод у прибережні акваторії ПЗЧМ внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС влітку 2023 року.

Таблиця 19 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу у водному масиві CW5
в літні періоди 2021-2023 років

Місце відбору проб	Роки	Галобіонтні групи				Всього
		Полігалоби	Мезогалоби	Галофіли	Індиференти	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	20	16	5	5	46
	2023	5	6	2	1	14
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	2022	28	19	7	7	61
	2023	8	10	6	6	30
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	35	22	8	11	76
	2023	12	14	10	12	48
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	5	4	1	1	11
	2023	4	2	2	3	11
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	27	15	5	3	50
	2023	17	20	9	10	56
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	7	5	1	-	13
	2023	5	4	2	4	15

Таблиця 20 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу у водному масиві CW5
в осінні періоди 2021-2023 років

Місце відбору проб	Роки	Галобіонтні групи				Всього
		Полігалоби	Мезогалоби	Галофіли	Індиференти	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	33	23	7	11	74
	2023	8	9	2	6	25
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	2022	32	25	11	5	73
	2023	8	7	4	5	24
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	25	23	10	12	70
	2023	26	14	12	10	62
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	13	12	4	4	33
	2023	4	7	1	6	18
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	30	21	7	4	62
	2023	17	15	8	4	44
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	6	5	5	2	18
	2023	8	4	7	4	23
Пляж «Аркадія» (бетон)	2021	10	13	6	3	32
	2023	7	12	5	7	31
Пляж «Аркадія» (пісок)	2021	9	11	6	5	31
	2023	9	6	5	1	21

Більшість знайдених індикаторних видів мікрофітів були β -мезосапробами. Влітку нинішнього року вони не були знайдені лише на бетоні в акваторії, прилеглий до мису Малий Фонтан (табл. 21).

Таблиця 21 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу у водному масиві CW5 в літні періоди 2021-2023 років

Місце відбору проб	Роки	Сапробіонтні групи							Всього
		α -мезосапроби	β - α -мезосапроби	β -мезосапроби	β - α -мезосапроб	α - β -мезосапроби	Олігосапроби	χ - β -сапроби	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	6	2	15	1		1		25
	2023	1		4	1		1		7
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	2022	7	1	21	2		1		32
	2023	3	2	9	1		1		16
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	7	4	22	2		1	1	37
	2023	4	2	16	3	1	2	1	39
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021			1	1		1		3
	2023		2		1	1	1		5
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	4		16	1		1		22
	2023	7		26	1		1		35
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	1		3	1				5
	2023	1	1	4	1		1		8

Вміст α -мезосапробних видів водоростей майже скрізь був меншим, ніж у 2021 та 2022 роках. Так, цієї осені їх стало в 1,8-2,5 разів менше біля мису Малий Фонтан і в 1,3-6,0 рази – на пляжі «Аркадія» та в 2,0-4,0 рази – в яхт-клубі (табл. 22). Кількість цих видів-індикаторів найбільше скоротилась влітку в яхт-клубі: в 1,8-6,0 рази (див. табл. 21). Літом 2021 та 2023 років вони були відсутні на бетоні в умовно-чистій акваторії, прилеглий до мису Малий Фонтан. На піску тут кількість α -мезосапробів істотно не змінилась. Водночас, їх вміст на стулках мідій улітку тут зріс в 1,8 рази, а восени – дещо скоротився відносно даних 2021 року.

На твердих субстратах у водному масиві CW5 загальна чисельність мікрофітів зросла порівняно з минулими роками: літом в ділянці моря біля мису

Таблиця 22 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу у водному масиві
CW5 в осінні періоди 2021-2023 років

Місце відбору проб	Роки	Сапробіонтні групи							Всього
		α -мезосапроби	β - α -мезосапроби	β -мезосапроби	β - α -мезосапроб	α - β -мезосапроби	Олігосапроби	χ - β -сапроби	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	8	1	30	2	1	1		43
	2023	2	2	10	2		1		17
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	2022	8	1	28	1	1			39
	2023	1	2	9	2		1		15
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	8	4	24	2		1		39
	2023	4	4	19	2		1		30
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	5		11	1		2		19
	2023	2	2	6	1		1		12
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	7		20	1		2		30
	2023	4		18	1		2		25
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	1		4	1		1		7
	2023	2	2	8	2				14
Пляж «Аркадія» (бетон)	2021	5		11	1		2		19
	2023	4	1	13	1		2		21
Пляж «Аркадія» (пісок)	2021	6	1	9	1		1		18
	2023	1		6	1		1		9

Малий Фонтан – до 4,5 разів і в акваторії яхт-клубу – в 1,1-1,7 рази (табл. 23). Осінню на бетоні в яхт-клубі чисельність мікрофітів збільшилась в 13,2, а на пляжі «Аркадія» – в 2,4 рази (табл. 24). Це, відбувалося, в першу чергу, внаслідок розвитку ціанопрокаріот. На пісках вона, навпаки, повсюдно скоротилась в 1,9-2,3 рази влітку і в 1,1-2,6 – восени (див. табл. 23, 24).

Біомаси мікрофітів на обох типах субстратів улітку зменшувались порівняно з минулими роками, а восени, навпаки, зростали (табл. 25, 26). В акваторії яхт-клубу влітку вони були в 2,6-5,4, а восени – в 1,9-18,5 рази меншими, ніж торік. Біля мису Малий Фонтан влітку на піску вона була в 5,3 рази нижчою за показник 2021 року. На решті досліджених субстратів у цій ділянці моря біомаси перевищували позаминулорічні значення: в 1,3-4,0 рази влітку та в 1,3-1,8 – восени.

Таблиця 23 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу у водному масиві CW5 в літні періоди 2021-2023 років

Місце відбору проб	Роки	Відділи водоростей								Всього
		Суанопрокaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	2 702,27	-	4,00	1,47	2,66	139,37	-	4,00	2 853,77
	2023	4 808,58	-	0,26	2,40	1,60	6,26	-	3,10	4 822,20
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	2022	3 104,67	-	2,80	5,33	2,53	373,58	-	10,53	3 499,44
	2023	3 673,06	-	0,27	2,80	1,60	81,13	1,06	3,20	3 763,12
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	15 645,10	3,75	21,59	9,38	8,45	1 661,92	28,17	15,97	17 394,33
	2023	6 699,25	1,88	3,12	2,50	1,26	954,52	5,64	13,77	7 681,94
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	2 996,93	-	0,40	2,53	2,13	3,76	-	3,10	3 008,85
	2023	13 640,41	-	0,66	1,20	0,67	1,20	-	2,13	13 646,27
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	337,59	-	0,22	0,34	1,12	62,82	0,39	1,68	404,16
	2023	1 680,84	-	0,45	0,27	3,21	112,23	0,71	4,81	1 802,52
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	1 313,32	-	-	7,51	1,26	53,83	-	11,27	1 387,19
	2023	702,92	0,65	1,29	5,17	2,91	13,27	0,97	4,20	731,44

Таблиця 24 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу у водному масиві CW5 в осінні періоди 2021-2023 років

Місце відбору проб	Роки	Відділи водоростей								Всього
		Суанопрокарйота	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysoophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	604,56	-	1,13	1,47	1,47	349,91	-	4,80	963,34
	2023	12 706,70	-	0,26	0,13	0,93	27,46	-	2,40	12 737,88
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	2022	3 052,53	-	1,33	5,33	1,33	836,60	-	7,60	3 904,72
	2023	3 731,37	0,13	0,13	0,40	1,33	14,94	0,27	1,87	3 750,44
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	6 997,20	3,00	19,52	8,27	9,00	1 840,86	7,50	27,00	8 912,35
	2023	6 707,31	2,50	28,80	6,25	11,27	1 155,61	1,26	25,67	7 938,67
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	17 668,93	-	0,81	1,60	1,20	33,32	0,13	5,10	17 711,09
	2023	18 315,74	-	0,13-	0,27	2,80	134,41	-	2,53	18 455,88
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	891,32	-	3,89	0,93	0,70	91,01	0,29	2,27	990,41
	2023	1 112,23	-	1,72	0,86	3,00	115,82	-	3,85	1 237,48
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	1 953,04	-	3,74	5,00	7,51	67,58	0,62	8,13	2 045,62
	2023	1 393,44	-	2,52	8,13	5,63	185,27	-	11,27	1 606,26
Пляж «Аркадія» (бетон)	2021	5 832,28	-	1,34	0,13	0,27	144,45	-	6,94	5 985,41
	2023	14 310,52	-	0,26	0,40	2,26	78,18	-	3,47	14 395,19
Пляж «Аркадія» (пісок)	2021	1 905,49	-	36,32	6,25	2,50	44,41	1,88	20,00	2 016,85
	2023	558,39	-	157,75	11,89	4,38	41,97	-	11,89	786,27

Таблиця 25 – Біомаса ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$) мікрофітобентосу у водному масиві CW5 в літні періоди 2021-2023 років

Місце відбору проб	Роки	Відділи водоростей								Всього
		Суанопрокaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	526,52	-	1,45	0,14	0,71	637,67	-	0,27	1166,76
	2023	434,98	-	1,35	0,23	0,10	11,11	-	0,20	447,97
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	2022	329,50	-	56,82	0,50	0,23	2587,38	-	0,70	2975,13
	2023	937,36	-	0,50	0,26	2,87	146,81	0,04	0,21	1 088,65
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	884,94	2,95	387,49	0,88	0,98	4 967,11	1,18	1,00	6 246,53
	2023	200,71	1,91	6,27	0,24	0,08	952,05	1,22	0,90	1 163,38
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	192,72	-	1,18	0,24	0,14	1,40	-	0,20	195,88
	2023	773,54	-	6,43	0,11	0,04	0,51	-	0,14	780,77
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	11,45	-	2,94	0,03	0,07	474,57	0,07	0,11	619,24
	2023	255,84	-	1,82	0,03	0,67	555,83	0,18	0,31	814,68
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	21,69	-	-	0,71	0,08	97,48	-	0,74	120,70
	2023	5,82	4,49	2,38	0,49	2,88	6,19	0,23	0,27	22,75

Таблиця 26 – Біомаса (мг · м⁻²) мікрофітобентосу у водному масиві CW5 в осінні періоди 2021-2023 років

Місце відбору проб	Роки	Відділи водоростей								Всього
		Суанопрокауота	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	20,97	-	16,78	0,14	0,10	4 693,94	-	0,31	4 732,24
	2023	1 018,68	-	1,22	0,01	0,06	80,68	-	0,16	1 100,81
Чорноморський яхт-клуб (пластик)	2022	439,89	-	16,36	0,50	0,15	3 969,39	-	0,50	4 427,39
	2023	189,36	0,10	0,41	0,04	3,60	45,16	0,07	0,12	238,86
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	478,08	2,36	210,34	0,78	0,59	3 910,39	0,47	1,77	4 604,78
	2023	328,35	1,96	155,80	0,59	1,17	1 932,53	0,32	1,68	2 422,40
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	1 047,99	-	1,44	0,15	0,08	63,37	0,03-	0,33	1 113,39
	2023	972,18	-	0,04	0,03	0,24	523,95	-	0,17	1 496,61
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	40,14	-	22,61	0,09	0,05	462,65	0,07	0,15	525,76
	2023	53,13	-	10,79	0,08	0,53	486,77	-	0,25	551,55
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	47,16	-	5,47	0,47	3,11	37,40	0,15	0,53	94,29
	2023	15,32	-	3,80	0,77	0,37	149,96	-	0,74	170,96
Пляж «Аркадія» (бетон)	2021	862,50	-	2,78	0,01	0,02	97,77	-	0,46	963,54
	2023	1 293,20	-	1,22	0,04	1,25	253,92	-	0,23	1 549,86
Пляж «Аркадія» (пісок)	2021	49,02	-	168,88	0,59	0,29	86,19	0,44	1,31	306,72
	2023	3,55	-	634,18	1,12	1,58	63,35	-	0,78	705,06

Схожа ситуація була і на пляжі «Аркадія», де восени біомаса мікрофітів на бетоні та піску була в 1,6 та 2,3 рази вищою, ніж у 2021 році.

Отже, впродовж 2023 року в досліджених акваторіях ПЗЧМ спостерігалися високі систематичні та кількісні показники розвитку мікрофітобентосу. У порівнянні з попередніми роками, практично скрізь збільшилися показники розвитку ціанопротистів. Водночас, зменшився вміст полі-та мезогалобів і сапробіонтів (зокрема, α -мезосапробів) в угрупованнях бентосних водоростей.

Таким чином, оцінка та діагноз екологічного стану довкілля водного масиву CW5 ПЗЧМ, здійснені у 2023 році за методом біоіндикації з використанням систематичних, кількісних, галобіонтних і сапробіонтних показників розвитку бентосних мікробентосів, як індикаторних організмів, виявили, що впродовж року найгірші екологічні характеристики були притаманні водному середовищу Чорноморського яхт-клубу. Як і у позаминулому році, в акваторії, прилеглій до мису Малий Фонтан, були у переважній більшості найкращі результати досліджень екологічного стану морського довкілля. Тобто, ця частина прибережжя ПЗЧМ у 2023 році також залишилася умовно-чистою.

ВИСНОВКИ

Впродовж 2023 року були проведені оцінка та діагноз екологічного стану довкілля акваторій ПЗЧМ у водному масиві CW5, а саме Чорноморського яхт-клубу, прибережжя мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія», за методами біотестування та біоіндикації з використанням фізіолого-морфологічних, систематичних, кількісних, галобіонтних і сапробіонтних показників розвитку тест-об'єктів та організмів-індикаторів різних систематичних рівнів і чутливості.

На екологічний стан акваторій впливали, як традиційні антропогенні чинники (рекреаційне навантаження, скиди зливових стоків, тощо) і природні (температура та солоність водних мас, припливно-відпливні коливання і штормові явища та інші), так і наслідки воєнних дій, зокрема надходження забруднювачів з прісними водами внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС влітку 2023 року. Ці фактори відобразились на реєстрованих показниках розвитку тест-об'єктів (дорослих чорноморських мідій та їх личинок) і організмів-моніторів (водоростей мікрофітобентосу), чутливість яких до впливу якості морських вод зростала в ряду: дорослі мідії → водорості мікрофітобентосу → личинки мідій.

Восени 2023 року, при біотестуванні якості водного середовища досліджених акваторій CW5, їх довкілля відповідали класу екологічного стану вод «відмінний» (за показником часу утримання нейтрального червоного лізосомами клітин гемолімфи статевозрілих чорноморських мідій, тому що реєстрований показник гемолімфи молюсків в усіх досліджених водах перевищив 150-хвилинний поріг на 9-18 хвилин). Встановлено, що кращими серед водних об'єктів за екологічними властивостями для життєдіяльності цих двостулкових були води акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан, визнаної впродовж попередніх років умовно-чистою порівняно з дослідженими акваторіями водних масивів CW5-CW7.

Протягом 2023 року при біоіндикації якості морського довкілля всіх досліджених акваторій CW5 було встановлено, що їх екологічний стан був, в

цілому, «добрий» (за показником чисельності мікрофітобентосу на твердих субстратах, який перебував у діапазоні від $1,48 \cdot 10^3$ до $14,40 \cdot 10^3$ млн. кл. \cdot м⁻²).

Біомасу донних мікробіот до середини літа 2023 року в прибережжі CW5 формували, переважно, діатомові водорості (до 99,1 %), а в подальшому – ціанопрокаріоти, що розвинулися тут під впливом забруднених прісних вод після руйнування греблі Каховської ГЕС, сягнувши значного вмісту вже у серпні (до 99,1 %). Наприкінці літа зростає і зустрічальність аномалій у діатомей.

Акваторії CW5, де цього року α -мезосапробні види мікробіот на твердих субстратах були представлені 2-4 видами, мали «добрий» екологічний стан, від 6 до 7 – «задовільний», а ті, де їх було зареєстровано 8 і більше видів – «посередній». За цим показником стан довкілля ділянки моря коло мису Малий Фонтан, здебільшого, був найкращим впродовж року (як і у 2021 році, порівняно з яким вміст α -мезосапробних видів, показників значного органічного забруднення, зменшився в 1,8-2,5 рази), а найгіршим – в Чорноморському яхт-клубі.

Під час моніторингових досліджень стану довкілля ділянок CW5 восени 2023 року за методом біотестування якості вод на личинках мідій ранніх стадій розвитку (як більш чутливих за дорослих молюсків до впливу морських вод різного ступеню забруднення) виявлено, що вони відповідали екологічному класу стану вод «задовільний» (як і у 2019 році), тому що кількість нормально розвинених в їх водах тест-об'єктів перебувала у діапазоні $\geq 15,0$ - $< 50,0$ %. Восени 2023 року екологічні властивості досліджених вод покращувалися в ряду: Чорноморський яхт-клуб → пляж «Аркадія» → мис Малий Фонтан. А саме, найкращим екологічним станом (за показником відсотку утворених личинок мідій нормальної морфології) характеризувалося довкілля ділянки моря біля мису Малий Фонтан (29,4 %) і дещо гіршим – пляжу «Аркадія» (на 2,1 %) та Чорноморського яхт-клубу (на 4,9 %).

Відносно осіннього сезону 2021 року екологічний стан вод пляжу «Аркадія» покращився з «посереднього», тоді у його воді утворилося тільки 14,1 % личинок мідій нормальної морфології. Але порівняно з 2020 роком, коли вперше за останнє двадцятиріччя під час біотестування якості вод з використанням личинок мідій для

акваторій CW5 був встановлений екологічний стан «добрий», наразі зареєстровано погіршення екологічних властивостей дослідженого прибережного довкілля більш ніж у 2 рази.

Проведені у 2019-2021 і 2023 роках оцінка та діагноз екологічного стану довкілля ПЗЧМ методами біотестування та біоіндикації якості вод різного ступеню і характеру забруднення при використанні кількох показників стану метаболічних процесів в організмах чорноморських мідій та мікрофітобентосу показали, що у водному масиві CW5 стан водного довкілля відповідав екологічному класу вод «відмінний» для дорослих особин мідій, для донних мікрофітів – здебільшого, класу «добрий», а для личинок мідій – класу «задовільний».

Як і у минулі роки, для акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан, отримані, переважно, найкращі результати з досліджень екологічного стану морського довкілля за методами біотестування та біоіндикації. Тобто, ця ділянка прибережжя ПЗЧМ залишилася умовно-чистою у водному масиві CW5 й восени 2023 року.

Актуальність проведеної НДР пов'язана із необхідністю використання в системі морського моніторингу сучасних інтегральних та економічно ефективних методів біотестування та біоіндикації з метою отримання наукової інформації щодо змін екологічного стану морського середовища України в межах виключної морської економічної зони для наступного використання при розробці заходів щодо можливого покращення якості морських прибережних вод та адаптивного управління нею (з урахуванням сучасної екологічної ситуації) на базі екосистемного підходу, для підготовки Національної доповіді про стан довкілля України, для участі у науково-практичних конференціях, для екологічної освіти населення та, особливо, для дослідження впливу наслідків воєнних дій на екологічний стан довкілля Азово-Чорноморського басейну, тощо.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Україна. Закони. Про затвердження Програми державного моніторингу вод (у частині діагностичного моніторингу прибережних і морських вод Чорного та Азовського морів) на період до 2026 року [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 05.01.2022 р. №2. – Режим доступу : <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/2n.pdf>. – 28.12.2023. – Назва з екрану

2 Україна. Закони. Про схвалення Морської природоохоронної стратегії України [Електронний ресурс] : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11 жовтня 2021 р. № 1240-р. із змінами // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-2021-p#Text>. – 28.12.2023. – Назва з екрану

3 Україна. Закони. Про затвердження положення про Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 25.06.2020 № 614 із змінами // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/614-2020-p#Text>. – 28.12.2023. – Назва з екрану

4 Україна. Закони. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року [Електронний ресурс] : закон України від 28.02.19 р. № 2697-VIII // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>. – 28.12.2023. – Назва з екрану

5 Україна. Закони. Про виконання Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 25.10.2017 № 1106 із змінами // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1106-2017-п>. – 28.12.2023. – Назва з екрану

6 Україна. Закони. Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 07.10.2009 № 1307 із змінами // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1307-2009-п#Text>. – 28.12.2023.

– Назва з екрану

7 Strategic Action Plan for the Environmental Protection and Rehabilitation of the Black Sea (2009) [Electronic resource] / The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution; Official Documents. – Режим доступу : http://www.blacksea-commission.org/_bssap2009.asp. – 26.12.2023. – Title from the screen

8 The European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) [Text] // Official Journal of the European Union, 25.06.2008. – 2008. – P. 19-40

9 Северо-западная часть Черного моря: биология и экология [Текст] : сб. науч. тр. / под. отв. ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова, Г. Г. Миничевой. – К. : Наукова думка, 2006. – 700 с.

10 Строганов Н. С. Метод биотестирования качества вод с использованием дафний [Текст] / Н. С. Строганов, Е. Ф. Исакова, Л. В. Колосова // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Вып. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 5-12

11 Филенко О. Ф. Некоторые принципы биотестирования токсичности загрязняемых природных вод [Текст] / О. Ф. Филенко // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 185-193

12 Деньга Ю. М. Використання мідій у моніторингу якості вод рекреаційної зони моря [Текст] / Ю. М. Деньга, Л. Л. Красота, Е. Ф. Костильов // Устойчивое развитие экологического туризма на черноморском побережье : сб. материалов 3-го симпозиума : (10-13 июня 2003 г., Одесса) / Центр научно-технической, экономической и правовой информации. – Одесса : ЦНТЭПИ, 2003. – С. 62-72

13 Костылев Э. Ф. Методические аспекты оценки качества морской среды на основе показателей состояния мидий и водорослей-микрофитов [Текст] / Э. Ф. Костылев, Л. Л. Красота, А. В. Рачинская, М. С. Дидорчук // Моніторинг навколишнього середовища. Науково-методичне, нормативне, технічне, програмне забезпечення : матеріали наук.-практ. конф. (18-22 вересня 2006 р., АР Крим, м. Коктебель). – Коктебель : НПЦ «Екологія, наука, техніка», 2006. – С. 127-128

14 Красота Л. Л. Оценка состояния морской среды Одесского побережья по физиолого-морфологическим показателям черноморских мидий [Текст] / Л. Л. Красота // Причорноморський екологічний бюлетень. – Одеса, 2008. – № 4 (30). – С. 60-66

15 Ковальчук І. П. Гідроекологічний моніторинг [Текст]: навч. посібник / І. П. Ковальчук, Л. П. Курганевич. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 292 с. + 1,0 вкл.

16 Водоросли [Текст] : справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк [и др.]. – К. : Наук. думка, 1989. – 606 с.

17 Барінова С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды [Текст] / С. С. Барінова, Л. А. Медведева, О. Н. Анисимова. – Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. – 498 с.

18 Рачинська О. В. Біоіндикація якості морського довкілля Одеського регіону за показниками розвитку мікрофітобентосу [Текст] / О. В. Рачинська // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2015. – № 3-4 (64). – С. 565-568

19 Бегун А. А. Биоиндикация качества морской среды по диатомовым водорослям в обрастании антропогенных субстратов [Текст] / А. А. Бегун, А. Ю. Звягинцев // Известия ТИНРО. – 2010. – Т. 161. – С. 177-198

20 Гусяков Н. Е. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов [Текст] / Н. Е. Гусяков, О. А. Закордонец, В. П. Герасимюк. – К. : Наукова думка, 1992. – 112 с.

21 Оксьюк О. П. Методологические принципы оценки экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу [Текст] / О. П. Оксьюк, О. А. Давыдов // Гидробиологический журнал. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 98-112

22 Рачинская А. В. Особенности структуры сообщества прибрежного микрофитобентоса в зоне влияния дренажных вод [Текст] / А. В. Рачинская // Екологічні проблеми Чорного моря : міжнародна науково-практична конференція (31 травня - 1 червня, 2007, Одеса) : зб. наук. ст. – Одеса : ІНВАЦ, 2007. – С. 276-280

23 Україна. Закони. Про схвалення Морської природоохоронної стратегії України. [Електронний ресурс] : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.10.2021 № 1240-р із змінами // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-2021-%D1%80#n126>. – Назва з екрану

24 Thain J. E. Biological effects of contaminants: Oyster (*Crassostrea gigas*) embryo bioassay [Text] / J. E. Thain // Techniques in marine environmental sciences : International Council for the Exploration of the sea : (Copenhagen, February, 1991). – Copenhagen, 1991. – № 11. – P. 3-10

25 Courtright Robert C. Formulation of a synthetic seawater for bioassays with *Mytilus edulis* embryos [Text] / C. Robert Courtright, Wilbur P. Breese, Hugo Krueger. // Water Research. – 1971. – Vol. 5. – P. 877-888

26 Jha Awadhesh N. Detection of genotoxins in the marine environment: adoption and evaluation of an integrated approach using the embryo-larval stages of the marine mussel, *Mytilus galloprovincialis* [Text] / Awadhesh N. Jha, Victoria V. Cheung, Michael E. Foulkes [et al.] // Mutation Research. – 2000. – 464. – P. 213-228

27 Красота Л. Л. Біотестування якості водного довкілля Малого Аджалицького лиману по показниках стану чорноморських мідій різних стадій розвитку // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Річки та лимани Причорномор'я на початку ХХІ сторіччя»; ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2019. – С. 91-93

28 The European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council [Text] // Official Journal of the European Union, of 24.12.2008. – 2008. – P. 84-97

29 His Edouard. Monitoring fresh and brackish water quality around shellfish farming areas with a bivalve embryo and larva simplified bioassay method [Text] / Edouard His, Ricardo Beiras // *Oceanologica Acta*. – 1995. – Vol. 18, № 5. – P. 591-595

30 Lowe D. M. Contaminant induced lysosomal membrane damage in blood cells of mussels *M. galloprovincialis* from the Venice Lagoon: an in vitro study [Text] / D. M. Lowe, V. U. Fossato and M. H. Depledge // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* – 1995. – 129. – P. 189-196

31 Depledge M. H. The conceptual basis of the biomarker approach [Text] / M. H. Depledge, J. J. Amaral-Mendes, B. Daniel [et al.] // *Biomarkers – Research and Application in the Assessment of Environmental Health*. – Springer ; Berlin ; Heidelberg, 1993. – P. 15-29

32 Lowe D. M. Lysosomal membrane responses in mussels to experimental contaminant exposure [Text] / D. M. Lowe, C. Soverchia, M. N. Moore // *Aquatic Toxicol.* – 1995. – 3. – P. 105-112

33 Moore M. N. Lysosomal and microsomal responses in *Littorina littorea*: further investigations of environmental effects in the vicinity of the Sullom Voe Oil Terminal and effects of experimental exposure to phenanthrene [Text] / M. N. Moore, R. K. Pipe, S. V. Farrar [et al.] // *Oceanic Processes in Marine Pollution – Biological Processes and Waste in the Ocean*. – Melbourne : Krieger Publishing, 1986. – Vol. 1. – P. 89-96

34 Воскресенский К. А. Пояс фильтраторов как биогидрологическая система моря [Текст] / К. А. Воскресенский // *Труды ГОИН*. – М. ; Л. : Гидрометеоиздат, 1948. – Вып. 6 (18) – С. 55-120

35 Митилиды Черного моря [Текст] / В. Е. Заика, Н. А. Валовая, А.С. Повчун, Н. А. Ревков ; под отв. ред. В. Е. Заика ; АН УССР. Ин-т биологии южных морей им. А. О. Ковалевского. – К. : Наук. думка, 1990. – 208 с.

36 Костылев Э. Ф. О групповой вариабельности характера фильтрации у черноморских мидий [Текст] / Э. Ф. Костылев, Л. Л. Красота // Гидробиологический журнал АН УССР. – К., 1986. – 9 с. – Деп. в ВИНТИ 8.12.1986, № 8358-B86

37 Миронов Г. Н. Фильтрационная работа и питание мидий Черного моря. [Текст] / Г. Н. Миронов // Тр. Севастопольской биол. ст. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1948. – Т. 6. – С. 338-352

38 Бурдин К. С. Основы биологического мониторинга [Текст] / К. С. Бурдин. – М. : МГУ, 1985. – 158 с.

39 Лукьяненко В. И. Общая ихтиотоксикология [Текст] / В. И. Лукьяненко. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 320 с.

40 Руководство по методам химического анализа морских вод [Текст] : сборник / под ред. С. Г. Орадовского. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 208 с.

41 Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов [Текст] : сборник / под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского. – М. : Наука, 1975. – С. 81-117

42 Рябушко Л. И. Сообщества диатомовых водорослей на раковинах моллюсков рода *Mytilus* L. [Текст] / Л. И. Рябушко, В. И. Рябушко // Альгология. – 1998. – Т. 8, № 3. – С. 254-259

43 Рябушко Л. И. Микрофитобентос бухты Казачья Черного моря (Украина) [Текст] / Л. И. Рябушко, В. И. Рябушко // Альгология. – 2001. – Т. 11, № 1. – С. 70-83

44 Неврова Е. Л. Донные диатомовые водоросли на рыхлых грунтах в глубоководной части устья Севастопольской бухты (Черное море) [Текст] / Е. Л. Неврова // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 1. – С. 43-53

45 Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений [Текст] / под ред. А. В. Цыбань. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – С. 100-105, 166-177

46 Борисова Е. В. Разнообразие водорослей Украины [Текст] / Е. В. Борисова, Л. Н. Бухтиярова, С. П. Вассер [и др.] // Альгология. – 2000. – Т. 10, № 4. – С. 6-135

47 Рябушко Л. И. Атлас токсичных микроводорослей Черного и Азовского морей [Текст] / Л. И. Рябушко. – НИЦ Вооруженных Сил Украины «Государственный океанариум». – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 140 с.

48 Information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms [Electronic resource] / Programming is by P. Kuipers, C. Guiry, M. Guiry, J. Guthrie; – AlgaeBase. – Режим доступа : www.algaebase.org. – 26.12.2019. – Title from the screen

49 List of names of marine organisms, including information on synonymy [Electronic resource] / David Berlind Editor in Chief ProgrammableWeb.com WoRMS; – World Register of Marine Species. – Режим доступа : <http://www.marinespecies.org>. – 24.12.2019. – Title from the screen

50 Окснюк О. П. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. Бентос, перифитон и зоофитос [Текст] / О. П. Окснюк, Л. Н. Зимбалева, А. А. Протасов [и др.] // Гидробиологический журнал. – 1994. – Т. 30, № 4. – С. 31-35

51 Стрелков Р. Б. Метод вычисления стандартной ошибки и доверительных интервалов средних арифметических величин с помощью таблицы [Текст] / Р. Б. Стрелков. – Сухуми : Алашара, 1966. – 41с.

52 Ходаков И. В. Использование ранних стадий эмбрионального развития черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. для биотестирования природных и сточных вод [Текст] / И. В. Ходаков, С. Е. Дятлов, А. Г. Петросян // Гидробиологический журнал. – 1996. – Т. 32, № 5. – С. 67-77

53 Соловьева О. В. Роль митилид (Mollusca: Mytilidae) в процессах самоочищения морской воды от нефтяных углеводородов [Текст] / О. В. Соловьева // Экология моря. – 2007. – Вып. 73. – С. 91-100

54 Заика В. Е. Особенности фильтрации мидии в опытах с «Двуслойной водой» и влияние сезонного термоклина на мидийные поселения в Черном море [Текст] / В. Е. Заика // Мор. экол. журн. – 2007. – Т. VI, вып. № 2. – С. 39-43

55 Шульман Г. Е. Физиолого-биохимическая индикация и мониторинг состояния гидробионтов Черного моря [Текст] / Г. Е. Шульман // Гидробиологический журнал. – 1999. – Т. 35, № 1. – С. 42-52

56 Bayne В. L. Responses of *Mytilus edulis* L to Low Oxygen Tension. Acclimation of the Rate of Oxygen consumption [Text] / В. L Bayne., D. R. Livingstone // J. Comp. Physiol. – 1977. – 114. – P. 29-142

57 Столбов А. Я. Респираторный метаболизм черноморских мидий *Mytilus galloprovincialis* в условиях дефицита кислорода (экспериментальные исследования) [Текст] / А. Я. Столбов, О. Ю. Вялова // Экология моря. – 2001. – Вып. 56. – С. 59-62

58 Сытник Н. А. О влиянии массы тела, температуры и солености воды на интенсивность дыхания устрицы (*Ostrea edulis*) [Текст] / Н. А. Сытник // Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах : мат. V Міжнародн. наук. конф. – Днепропетровск, 2009. – С. 88-89

59 Diaz J. R. Marine benthic hypoxia: a review its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna [Text] / J. R. Diaz, R. Rosenberg // Oceanography and Marine Biology Annual Review. – 1995. – 33. – P. 245-303

60 Famme P. Effect of shell valve closure by the mussel *Mytilus edulis* L. on the rate of oxygen consumption in declining oxygen tension [Text] / P. Famme // Comparative Biochemistry and Physiology. – 1980. – 67. – P. 167-170

61 West T. G. Metabolic suppression in anoxic frog muscle [Text] / T. G. West, R. G. Boutilier // Journal of Comparative Physiology. – 1998. – 168. – P. 273-280

62 Zwaan A. de. Anaerobic metabolism in Bivalvia (Mollusca). Characteristics of anaerobic metabolism [Text] / A. Zwaan de, A. Wijsman // Comparative Biochem. Physiology. – 1976. – 54B. – P. 313-324

63 Wu R Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses [Text] / R. Wu // Marine Pollution Bulletin. – 2002. – 45. – P.35-45

64 Кулаковский Э. Е. Рост мидии обыкновенной в Белом море в естественных условиях и в условиях марикультуры [Текст] / Э. Е. Кулаковский, А. А. Сухотин // Экология. – 1986. – № 2. – С. 35-43

65 Кулаковский Э. Е. Биологические основы марикультуры мидий в Белом море [Текст] / Э. Е. Кулаковский // Исследования фауны морей. – СПб : Наука, 2000. – Вып. 50(58). – 168 с.

66 Горомосова С. А. Дыхание и экскреция метаболитов как показатели функционирования популяции мидий [Текст] / С. А. Горомосова, В. А. Таможняя // IV Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным : (апрель 1986 г., г. Севастополь) : тезисы докладов. / Министерство рыбного хозяйства СССР, Академия наук УССР. – М., 1986. – Ч. 2. – С. 206-207

67 Widdows J. Physiological measurement. [Text] / J. Widdows // The effect of stress and pollution on marine animals. – New York: Praeger Scientific, 1985. – P. 3-45

68 Брайко В. Д. Сезонные изменения в дыхании мидий [Текст] / В. Д. Брайко, С. С. Дерешкевич // Биология моря. – 1978. – Вып. 44. – С. 31-36

69 Горомосова С. А. Основные черты биохимии энергетического обмена мидий [Текст] / С. А. Горомосова, А. З. Шапиро. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 119 с.

70 Тимофеев В. В. Сезонные изменения скорости энергетического обмена черноморской мидии [Текст] / В. В. Тимофеев // IV Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным : (апрель 1986 г., г. Севастополь) : тезисы докладов. / Министерство рыбного хозяйства СССР, Академия наук УССР. – М., 1986. – Ч. 2. – С. 300-301

71 Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь [Текст] / И. И. Дедю. – Кишинев : Гл. ред. молд. сов. энцикл., 1990. – 406 с.

72 Зайцев Ю. П. Ключевая роль контурных биотопов и их биоценозов в экологии морской среды [Текст] / Ю. П. Зайцев // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спеціальний випуск : Гідроекологія. – 2015. – № 3-4 (64). – С. 235-238

73 Кузьминова Н. С. Влияние сточных вод на морские водоросли [Текст] / Н. С. Кузьминова, И. И. Руднева // Альгология. – 2005. – Т. 15, № 1. – С. 128-141

74 Рябушко Л. И. Продукционные характеристики фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин и фитопланктона в Карантинной бухте (Крымское побережье Черного моря) [Текст]/ Л. И. Рябушко, Д. С. Балычева, В. Н. Поповичев [и др.] // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 4. – С. 504-517

75 Рябушко Л. И. Сравнение видового состава и количественных характеристик диатомовых водоростей микрофитобентоса Крымского побережья Черного и Азовского морей [Текст] / Л. И. Рябушко, Р. И. Ли, А. В. Бондаренко, Д. С. Лохова // Диатомовые водоросли: морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия : материалы XII междунар. науч. конф. диатомологов : (19-24 сентября 2011 г., Москва). – М. : Университетская книга, 2011. – С. 202-205

76 Ковальчук Ю. Л. Диатомовые обрастания твердых субстратов [Текст] / Ю. Л. Ковальчук, Е. Л. Неврова, Е .А. Шалаева – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – С. 38

77 Бодяну Н. Микрофитобентос [Текст] / Н. Бодяну // Основы биологической продуктивности Черного моря / под. отв. ред. В. В. Грезе. – К. : Наукова думка, 1979. – С. 109-122

ДОДАТОК А

ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД МІКРОФІТОБЕНТОСУ ВОДНОГО МАСИВУ СW5 ПЗЧМ В 2023 РОЦІ

Таблиця А.1 – Видовий склад мікрофітобентосу водного масиву СW5 ПЗЧМ у 2023 році

Примітки. 1 – На жовтому тлі наведені назви потенційно токсичних водоростей. 2 – Жирний шрифт означає масовий розвиток видів мікрофітів на субстратах. 3 – Літера «а» показує наявність аномальних клітин. 4 – Скорочені позначки субстратів: б – бетон (б1 – біля берега, б2 – в 3 м від берега), к – камінь, пл – пластик, см – стулки мідій (см1 та см2 – у липні на б1 і б2, смс – у серпні, см2 – у жовтні), п – пісок (п1 – у зоні заплеску, п2 – в 3 м від берега), пм – пісок + мул.

№ з/п	Види та різновиди	Яхт-клуб			Мис Малий Фонтан		Пляж «Аркадія»
		Весна	Літо	Осінь	Літо	Осінь	Осінь
1	2	3	4	5	6	7	8
Відділ Cyanoprokaryota							
1	<i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886		пл, п1	см2			
2	<i>Calothrix scopulorum</i> C.Agardh ex Bornet & Flahault, 1886	б1,	б1, б2, пл	б1, пл, п1	б	б	б
3	<i>Chroococcus cohaerens</i> (Brébisson) Nägeli, 1849			см2			
4	<i>Ch. minutus</i> (Kützing) Nägeli, 1849	б1, п	б1, б2, пл, п1, п2, смс	см2, б1, пл	б, п, смс	см, б	б, п
5	<i>Ch. turgidus</i> (Kützing) Nägeli, 1849	б1		п1		см	б

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
6	<i>Glaucospira laxissima</i> (G.S.West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014		б2, пл, п2, смс		смс		
7	<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thuret) Geitler ex Komárek, 1993	б1, к, пл	б1, б2, пл, смл1, смл2, смс	см2, б1, пл, п1	б, смл, смс	см, б	б
8	<i>Jaaginema geminatum</i> (Schwabe ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988				смс		
9	<i>J. kisselevii</i> (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988		смл1, смс	см2, б1	смл, смс	см	
10	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	б1 , к, пл, пм, п	б1, б2 , пл, п1, п2 , смл1, смл2, смс	см2, б1 , пл, п1	б , п, смл, смс	см, б , п	б, п
11	<i>Lyngbya confervoides</i> C.Agardh ex Gomont, 1892	б1	б1, б2 , пл, п1, смл1, смл2, смс	см2, б1 , пл, п1	б , п, смл, смс	см, б	б
12	<i>L. majuscula</i> Harvey ex Gomont, 1892	пм					
13	<i>L. semiplena</i> J.Agardh ex Gomont, 1892				смс		
14	<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun ex Kützing, 1849	к, пм, п	б2, п1, п2 , смс	см2, б1, пл, п1		п	
15	<i>M. glauca</i> (Ehrenberg) Kützing, 1845		пл, п1, п2 , смс	см2, б1, пл, п1	б	б, п	

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
16	<i>M. tenuissima</i> Lemmermann, 1898		пл, п1, п2, смс	см2, б1, пл, п1	б, п	б, п	б
17	<i>M. tranquilla</i> (Ehrenberg) Trevisan, 1845			п1,			
18	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846		п1, п2, смл2, смс	см2, пл, п1	смл, смс		
19	<i>M. marginata</i> (Meneghini) Kützing, 1846		п1		б		
20	<i>Microcystis sp.</i>	б1, к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2, смл1, смл2, смс	см2, б1, пл, п1	б, п, смл, смс	см, б, п	б, п
21	<i>Phormidium chalybeum</i> (Mertens ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988		пл, смл1, смл2, смс	см2	смс		
22	<i>Ph. corallinae</i> (Gomont ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988				смс	см	
23	<i>Ph. limosum</i> (Dillwyn) P.C.Silva, 1996	пл	б2, пл, п2, смл1, смл2, смс	см2, б1, п1	смл, смс	см, б	б
24	<i>Ph. nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988		пл, п2, смл1, смл2, смс	см2, б1, пл, п1	смл, смс	см	б
25	<i>Ph. tanganyikae</i> (G.S.West) Anagnostidis & Komárek, 1988				смс		

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
26	<i>Pleurocapsa entophysaloides</i> Setchell & N.L.Gardner, 1918				б		
27	<i>Pseudophormidium battersii</i> (Gomont) Anagnostidis, 2001			пл		б	
28	<i>Schizothrix septentrionalis</i> Gomont, 1899		б1, пл	пл	б, п	б,	
29	<i>Spirulina tenuissima</i> Kützing, 1836		пл, смл1, смл2, смс	см2	смл, смс	см	
	Всього ціанопрокаріот	7 б1, 4 к, 4 пл, 4 пм, 4 п	7 б1, 9 б2, 15 пл, 10 п1, 10 п2, 9 смл1, 9 смл2, 15 смс	16 см2, 12 б1, 13 пл, 13 п1	11 б, 6 п, 9 смл, 16 смс	11 см, 11 б, 5 п	10 б, 3 п
Відділ Euglenophyta							
1	<i>Eutreptia lanovii</i> Steuer, 1904		п1, п2, смл1	пл, п1			
2	<i>Phacus papillaris</i> Stawiński, 1969				п, смл		
	Всього евгленових		1 п1, 1 п2, 1 смл1	1 пл, 1 п1	1 п, 1 смл		
Відділ Dinophyta							
1	<i>Akashiwo sanguinea</i> (K.Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup, 2000			п1			

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
2	<i>Amphidinium acutum</i> Lohmann, 1920			п1			
3	<i>Amphidinium sp.</i>			п1			
4	<i>Dinophyta sp.</i>	пл, п	смЛ1, смЛ2, смс	см2			
5	<i>Dinophysis recurva</i> Kofoid & Skogsberg, 1928		п2, смЛ1, смЛ2				
6	<i>D. sacculus</i> F.Stein, 1883		смЛ1	п1	смЛ		
7	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881		смЛ1		смЛ		
8	<i>Durinskia agilis</i> (Kofoid & Swezy) Saburova, Chomérat & Hoppenrath, 2012						п
9	<i>Gymnodinium kowalevskii</i> Pitzik, 1967		б2, смс			б, п	п
10	<i>G. lacustre</i> J.Schiller, 1933		п1				
11	<i>Kryptoperidinium triquetrum</i> (Ehrenberg) U.Tillmann, M.Gottschling, M.Elbrächter, W.H.Kusber & M.Hoppenrath, 2019		п2	пл, п1		см	п
12	<i>Lingulodinium polyedra</i> (F.Stein) J.D.Dodge, 1989	к			б		
13	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) T.H.Abé ex J.D.Dodge, 1975		смЛ2	п1			

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
14	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ost.) Dodge, 1976	б1, к, пм, п	б2, пл, п1, п2, смл1, смл2, смс	см2, б1, п1	б, п, смл	см	б, п
15	<i>P. micans</i> Ehrenberg, 1834		б1, смл1, смл2, смс	см2, б1, п1	смл, смс	см	б
16	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech, 1974				смл		
17	<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S. Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling, 2015	б1	б1, п2, смл1	п1	смс	см, п	п
18	<i>Triplos fusus</i> (Ehrenberg) F. Gómez, 2013		смл2				
	Всього дінофітових	2 б1, 2 к, 1 пл, 1 пм, 2 п	2 б1, 2 б2, 1 пл, 2 п1, 4 п2, 7 смл1, 6 смл2, 4 смс	3 см2, 2 б1, 1 пл, 9 п1	2 б, 1 п, 5 смл, 2 смс	4 см, 1 б, 2 п	2 б, 5 п
Відділ Cryptophyta							
1	<i>Hillea fusiformis</i> (J. Schiller) J. Schiller, 1925	б1, пл, п	б1, б2, пл, п1, смл1, смл2, смс	см2, б1, пл, п1	б, п, смл, смс	см, б, п	б, п

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	Всього криптофітових	1 б1, 1 пл, 1 п	1 б1, 1 б2, 1 пл, 1 п1, 1 смл1, 1 смл2, 1 смс	1 см2, 1 б1, 1 пл, 1 п1	1 б, 1 п, 1 смл, 1 смс,	1 см, 1 б, 1 п	1 б, 1 п
Відділ Chrysophyta							
1	<i>Acanthoica acanthos</i> J.Schiller, 1925			п1			
2	<i>Coccolithus sp.</i>	пм	б2, пл, п2, смл1, смл2, смс	см2, пл	п, смс	см	б, п
3	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler, 1967	б1, к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2, смл1, смл2, смс	см2, б1, пл, п1	б, п, смл, смс	см, б, п	б, п
4	<i>Syracolithus dalmaticus</i> (Kamptner) Leoblich Jr. & Tappan, 1966	б1, пл	п2, смс	см2, п1	смс, смл	см, б	
	Всього золотистих	2 б1, 1 к, 2 пл, 2 пм, 1 п	1 б1, 2 б2, 2 пл, 1 п1, 3 п2, 3 смс, 2 смл1, 2 смл2	3 см2, 1 б1, 2 пл, 3 п1	1 б, 2 п, 2 смл, 3 смс	3 см, 2 б, 1 п	2 б, 2 п
Відділ Bacillariophyta							
1	<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh, 1824	б1, к, пл	б1, б2, пл, смл1, смл2, смс	см2, б1, пл	смл, смс	см, б	б

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
2	<i>A. longipes</i> C.Agardh, 1824	б1, к, пл, пм	б2, пл, смл1, смл2, смс	см2, б1, пл	смл, смс	см	б
3	<i>A. lyrata</i> Proschkina-Lavrenko, 1961	к	п1, п2	п1	смс		п
4	<i>A. commutata</i> Grunow, 1880		п2		смс		
5	<i>A. graeffeana</i> Hendey, 1973			см2			
6	<i>A. laevis</i> Gregory, 1857		п2				
7	<i>A. libyca</i> Ehrenberg, 1840		смл1				
8	<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing, 1844		п1, п2, смл1, смл2, смс		п, смс		
9	<i>A. proschkiniana</i> Gusliakov, 1987	б1, пл, п	б1, п1, п2, смл1, смл2, смс	см2, п1	п, смл, смс	см, п	п
10	<i>A. proteus</i> Gregory, 1857	пм, п	пл, п1, п2, смл1, смл2, смс	см2, б1, п1	смл, смс	см	
11	<i>Amphora</i> sp.		п2				
12	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> E.Pfitzer, 1871		п2	см2, п1			
13	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979				смл		

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
14	<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F.Müller) T.Marsson, 1901		смЛ1, смЛ2	см2			б
15	<i>Berkeleya rutilans</i> var. <i>rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow, 1880	б1, к	смЛ1, смЛ2, смС		смЛ		
16	<i>Caloneis amphisbaena</i> var. <i>subsalina</i> (Donkin) Cleve, 1894	к		п1			
17	<i>C. liber</i> (W.Smith) Cleve, 1894	пл, пм, п	п1, смЛ1, смЛ2, смС	см2, п1	смС	см	
18	<i>Campylodiscus clypeus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing, 1844	к	п1				
19	<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg, 1845	пм					
20	<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G.Reid, 2012	пл, п					
21	<i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg, 1839	б1, к, пл, пм, п	б2, пл, п1, п2, смЛ1, смЛ2, смС	см2, пл, п1	п, смЛ, смС	см, п	
22	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve, 1889		смЛ1	п1			
23	<i>Ch. lorenzianus</i> Grunow, 1863	п					
24	<i>Ch. similis</i> f. <i>solitarius</i> Proschkina-Lavrenko, 1955		п1, п2	п1			
25	<i>Ch. subsecundus</i> (Grunow ex Van Heurck) Hustedt, 1927				смЛ		

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
26	<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory, 1855	к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2, смл1, смл2, смл2-а, смс, смс-а	см2, см2-а, б1, пл, п1	б, п, п-а, смл, смл-а, смс	см, п	п
27	<i>C. pediculus</i> Ehrenberg, 1838		смл1	п1			
28	<i>C. placentula</i> var. <i>placentula</i> Ehrenberg, 1838	к	смл2	см2, п1	смс		б
29	<i>C. scutellum</i> var. <i>scutellum</i> Ehrenberg, 1838	к, пл, пл-а	п2, смл1, смс	см2, п1	смл, смс	см, п	
30	<i>C. scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunow) Cleve, 1895	пл		см2	смл		
31	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg, 1840	пм					
32	<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i> Prasad, 1990	б1, к, пл, пм	б1, б2, пл, п1, смл1, смл2, смс	см2, п1	смл, смс	см	
33	<i>C. meneghiniana</i> Kützing, 1844		смс				
34	<i>Detonula confervacea</i> (Cleve) Gran, 1896	пм	пл				
35	<i>Diatoma tenue</i> C.Agardh, 1812	б1, к, пл, пм, п	смл1, смл2, смс	см2	п, смл, смс	см, п	п
36	<i>D. vulgaris</i> Bory de Saint-Vincent, 1824	б1 , к, пл, п	пл, смл1, смл2, смс	см2, б1, п1	смл, смс	см, п	б, п
37	<i>D. vulgaris</i> var. <i>breve</i> Grunow, 1862	б1 , к, пл	п1, смл1, смл2, смс	см2, б1, п1	смл, смс	см, п	п

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
38	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1853	к, пм	п1, п2, смс	см2, п1			
39	<i>D. crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1854				смс		
40	<i>D. oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve-Euler, 1922	п	п1	см2			
41	<i>D. smithii</i> (Brébisson) Cleve, 1894			п1			
42	<i>D. smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grunow) Hustedt, 1937	п	п1	п1			
43	<i>Entomoneis paludosa</i> (W.Smith) Reimer, 1975		смл2				
44	<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) A.J.Stickle & D.G.Mann, 1990		п2				
45	<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow, 1862		п2		смс		
46	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson, 1838		п2	п1			
47	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844	пл, пм	п1, п2, смл1, смл2, смс	см2, п1	смл, смс	см	
48	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst, 1853		смл1, смс	см2	смс		
49	<i>Halamphora angularis</i> (Gregory) Levkov, 2009			п1			
50	<i>Halamphora coffeaeformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009	б1, к, пл, пм, п	п1, п2, смс, смл1, смл2	см2, б1, пл, п1	смс	п	б, п

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
51	<i>H. cymbifera</i> (Gregory) Levkov, 2009	пл, пм, п	б2, п1, п2, смл1, смс	см2, п1	смл, смс		п
52	<i>H. eunotia</i> (Cleve) Levkov, 2009	к, пм	п1, п2, смл1	см2, п1	смл	п	
53	<i>H. hyalina</i> (Kützing) Rimet & R. Jahn in Rimet et al., 2018	б1, к, пл,	б2, пл, смс	б1			
54	<i>H. terroris</i> (Ehrenberg) Wang in Wang et al., 2014			п1			
55	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski, 1996		п1				
56	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow, 1879	пл	смс	см2	смл, смс	см	
57	<i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh, 1831		смл2, смс				
58	<i>L. ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow, 1867						б
59	<i>L. gracilis</i> (Ehr.) Grun., 1867	к, пл	смл1, смл2, см		смл	см	б
60	<i>L. ovulum</i> Mereschkovsky, 1902	б1, к, пл	смл1, смл2			п	п
61	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G.Mann, 1990		п1, п2				
62	<i>Lyrella atlantica</i> (Schmidt) D.G.Mann, 1990	п	п1, п2	см2, п1			п
63	<i>L. lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva, 1978	к, пм, п	п1, п2	п1			

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
64	<i>Mastogloia braunii</i> Grunow, 1863	ПМ	п2				
65	<i>M. crucicula</i> (Grunow) Cleve, 1895	ПМ					
66	<i>M. erythraea</i> Grunow, 1860			п1			
67	<i>M. pumila</i> Cleve, 1895	к, пл, ПМ	п2, смл1	п1			
68	<i>M. smithii</i> Thwaites ex W.Smith, 1856		п1	п1		п	
69	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh, 1824	б1, к, пл, ПМ	смс	см2	смл, смс		
70	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunow) Hustedt, 1927	к, пл, ПМ, п	п2, смл1, смл2, смс	см2	смс		
71	<i>Navicula cancellata</i> Donkin, 1872	к, п	п1, п2, смс	см2, п1			
72	<i>N. cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs, 1861						п
73	<i>N. cryptocephala</i> Kützing, 1844	к, пл, ПМ, п	пл, п1, п2, смл1, смл2, смс	см2, п1	п, смл	п	б
74	<i>N. digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs, 1861	ПМ, п					
75	<i>N. directa</i> (W.Smith) Ralfs in Pritchard, 1861	б1, к, пл, ПМ, п	смл1, смл2	см2, пл, п1	смл, смс	см	б
76	<i>N. palpebralis</i> Brébisson ex W.Smith, 1853	б1, к					

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
77	<i>N. pennata</i> A.Schmidt, 1876	б1, к, пл, пм, п	б2, пл, п2, смл1, смл2, смс	см2, б1, пл, п1	смл, смс	см	б
78	<i>N. peregrina</i> var. <i>peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844		пл, п2, смл1, смл2, смс	см2	смл, смс	см	б
79	<i>N. ramosissima</i> (C.Agardh) Cleve, 1895	б1, к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2, смл1, смл2, смс	см2, б1, пл, п1	б, п, смл, смс	см, б, п	б, п
80	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow, 1862					б	б
81	<i>N. communis</i> Rabenhorst, 1860		п1, смл1, смл2	см2			
82	<i>N. intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow, 1880		смл1				
83	<i>N. lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i> W.Smith, 1853	к	б1, б2, п1, смл2	б1, пл	смл	см, б	
84	<i>N. lanceolata</i> var. <i>minor</i> Grunow in Van Heurck 1881		б1, б2, смс	б1, пл		б	б
85	<i>N. longissima</i> (Brébisson) Ralfs, 1861		смс				
86	<i>N. ovalis</i> H.J.Arnott, 1880					б	б
87	<i>N. pusilla</i> Grunow, 1862			б1	смл, смс	б	
88	<i>N. sigma</i> (Kützing) W.Smith, 1853	к, пм	смл1, смл2				

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
89	<i>N. subtilis</i> var. <i>subtilis</i> (Kützing) Grunow in Cleve & Grunow, 1880		п1				
90	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch, 1860		смЛ1				
91	<i>N. vitrea</i> G.Norman, 1861		смЛ1, смЛ2			б	
92	<i>Nitzschia</i> sp.	ПЛ					
93	<i>Odontella mobilensis</i> (J. W. Bailey) Grunow, 1884		смЛ2				
94	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873	ПМ	п1, п2				
95	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J.Cox, 1988	к, ПЛ	б2, ПЛ, п2, смЛ1, смЛ2, смС	см2	смЛ, смС	см	б
96	<i>Petrodictyon gemma</i> (Ehrenberg) D.G.Mann, 1990	ПМ					
97	<i>Petroneis humerosa</i> (Brébisson ex W.Smith) A.J.Stickle & D.G.Mann, 1990	к, ПМ	п2	п1			
98	<i>Pinnularia quadratarea</i> (A.Schmidt) Cleve, 1895	ПЛ			смЛ, смС	см	
99	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round & Bukhtiyarova, 1996		п1, п2, смЛ1, смЛ2, смС	см2, п1	б, смЛ, смС	см, п	п
100	<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Bukhtiyarova, 1999		п1, п2, смЛ1	п1	смС	п	

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
101	<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith, 1852	ПЛ, ПМ	П2				
102	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928		СМС	б1			
103	<i>P. pungens</i> (Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993		ПЛ, П2, СМЛ1, СМЛ2, СМС		СМС		
104	<i>P. seriata</i> (Cleve) H.Peragallo, 1899		СМЛ2, СМС		СМЛ	СМ	
105	<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing, 1844		СМЛ1				
106	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange- Bertalot, 1980	К, ПЛ	б2, ПЛ, П1, СМЛ1, СМЛ2, СМС	СМ2, ПЛ	СМЛ, СМС	СМ, П	б
107	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873				СМЛ	СМ	
108	<i>Stauroneis simulans</i> (Donk.) Ross ex Hartley, 1986	б1, К, ПЛ	ПЛ, П1, СМЛ1, СМЛ2, СМС		СМЛ, СМС		
109	<i>Staurophora salina</i> (W.Smith) Mereschkowsky, 1903	К	ПЛ, СМЛ1, СМЛ2		СМС	СМ	П
110	<i>Stephanodiscus astraea</i> (Ehrenberg) Grunow, 1880	ПЛ					
111	<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1881	б1, К, П	П2	СМ2, б1, П1	П	П	П

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
112	<i>Synedra pulchella</i> Kützing, 1844		смс		смл		
113	<i>Surirella ovalis</i> Brébisson, 1838		п2				
114	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round, 1986	б1, к, пл, пм, п	п1, смл1, смл2, смс	см2, б1	смл, смс	см, б	б
115	<i>T. gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova, 1995	пл	смл1, смл2, смс	см2	смл, смс	см	
116	<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostenfeld, 1901		смл2, смс			см	
117	<i>Th. eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve, 1904			см2			
118	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894			п1			
119	<i>Tryblionella apiculata</i> Gregory, 1857		смл1				
120	<i>T. punctata</i> W.Smith, 1853	к	смл1				
121	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère in Jahn et al., 2001	б1, к, пл	смл1, смл2		смл, смс	см	б

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	Всього діатомових	21 б1, 41 к, 3 7 пл, 32 пм, 24 п	7 б1, 13 б2, 18 пл, 35 п1, 40 п2, 50 смл1, 43 смл2, 44 смс	42 см2, 16 б1, 11 пл, 41 п1,	3 б, 8 п, 39 смл, 41 смс	31 см, 9 б, 17 п	20 б, 15 п
Відділ Chlorophyta							
1	<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Tsarenko 2001		смл1				
2	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli in A.Braun, 1855		пл				
3	<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald, 2000		п2, смл2		смл		
4	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hindak, 1970	б1, к, пл	б2, пл, п1, смл1, смл2, смс	см2, пл, п1	п, смл, смс		
5	<i>M. griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová, 1969		смс				
6	<i>Oocystis borgei</i> J.W.Snow, 1903		п1				
7	<i>Selenastrum bibraianum</i> Reinsch, 1866		смс				

Кінець таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	Всього зелених	1 б1, 1 к, 1 пл	1 б2, 2 пл, 2 п1, 1 п2, 2 смл1, 2 смл2, 3 смс	1 см2, 1 пл, 1 п1	1 п, 2 смл, 1 смс		
Інші види							
1	<i>Flagellata sp.</i>	б1, к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2, смл1, смл2, смс	см2, б1, пл, п1	б, п, смл, смс	см, б, п	б
	Всього флагеллят	1 б1, 1 к, 1 пл, 1 пм, 1 п	1 б1, 1 б2, 1 пл, 1 п1, 1 п2, 1 смл1, 1 смл2, 1 смс	1 см2, 1 б1, 1 пл, 1 п1	1 б, 1 п, 1 смл, 1 смс	1 см, 1 б, 1 п	1 б, 1 п
	Разом видів мікрофітобентосу	35 б1, 50 к, 47 пл, 40 пм, 33 п	19 б1, 29 б2, 40 пл, 53 п1, 60 п2, 73 смл1, 64 смл2, 71 смс	67 см2, 33 б1, 31 пл, 70 п1	19 б, 21 п, 60 смл, 65 смс	51 см, 25 б, 27 п	36 б, 27 п