

УДК 504.45.058; 504.4.054; 504.064; 574.587(26): 574.64

КП 87.19.03

№ держреєстрації 0126U002522

Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІКИ, ДОВКІЛЛЯ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

НДУ “УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ”(УкрНЦЕМ)
65009, м. Одеса, Французький бульвар, 89; тел. (094) 946-87-21, (048) 743 57 21;
e-mail: accem@te.net.ua, сайт: www.sea.gov.ua



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор УкрНЦЕМ,

канд. геогр. наук, доцент

Олег ГРИБ

2025 р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Оцінка та діагноз стану морського довкілля України в межах територіальних вод і виключної морської економічної зони та уточнення критеріїв оцінки доброго екологічного стану морських регіонів у 2025 році

ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ МЕТОДАМИ
БІОТЕСТУВАННЯ ТА БІОІНДИКАЦІЇ

Том 4

Науковий керівник НДР:

Заступник директора УкрНЦЕМ з науки,
канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.

В. М. Коморін

2025

Рукопис закінчено 26 грудня 2025 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол
від 30 12 2025 р. № 9

СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальні виконавці:

Завідувачка сектору

біологічних методів

оцінки якості морських вод



26.12.2025

Л. Л. Красота

(вступ;

розділи 1, 2, 3, 4;

висновки)

Наук. співроб.

сектору біологічних методів

оцінки якості морських вод



26.12.2025

О. В. Рачинська

(розділи 1, 2, 5;

висновки;

додаток А)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР:106 стор., 32 табл., 18 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 2025 році і визначення відповідності характеристик стану середовища морських водних масивів критеріям доброго екологічного стану (ДЕС) за дескрипторами 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 2025 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 2010-2024 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 впродовж 2025 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.....	21
4.1 Оцінка якості морського середовища за показником стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи мідій.....	22
4.2 Оцінка якості морських вод за показником інтенсивності фільтрації води мідіями.....	24
4.3 Оцінка якості морського довкілля за показником інтенсивності дихання мідій.....	28
5 Біоіндикація якості довкілля Чорного моря за показниками стану мікрофітобентосу.....	33
5.1 Оцінка якості морського середовища за показниками розвитку бентосних мікрофітів	34
5.2 Оцінка екологічного стану довкілля у водному масиві CW5 за трофністю та сапробністю донних мікроводоростей.....	46
5.3 Ретроспективна оцінка якості довкілля прибережжя ПЗЧМ за станом мікрофітобентосу.....	49
Висновки.....	78
Перелік джерел посилання.....	81
Додаток А Таксономічний склад мікрофітобентосу чорноморського водного масиву CW5 у 2025 році.....	91

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 2025 рік;
- План науково-дослідних робіт УкрНЦЕМ на 2025-2029 роки;
- Розпорядження Кабінету Міністрів України (КМУ) «Про схвалення Морської природоохоронної стратегії України» від 11 жовтня 2021 р. № 1240-р [1];
- 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» від 05.01.2022 р. № 2 [2];
- Постанова КМУ «Про затвердження положення про Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України» від 25.06.2020 р. № 614 [3];
- Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019 р. № 2697-VIII [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» від 25.10.2017 р. № 1106 [5];
- Постанова КМУ від 07.10.2009 р. № 1307 «Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року» у Редакції станом на 03.11.2020 р. [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 і дешевші за хімічні. Біотестування та біоіндикація якості морського довкілля в цій роботі проведені за показниками стану бентосних організмів.

1 ОЦІНКА ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ МЕТОДАМИ БІОТЕСТУВАННЯ ТА БІОІНДИКАЦІЇ

Стан «здоров'я» гідробіонтів є своєрідним віддзеркаленням екологічного стану водного середовища, в якому вони мешкають [9]-[11]. Оцінка відгуку гідробіонтів на дію морського довкілля, яке містить біодоступні поллютанти, дає інформацію, котру неможливо отримати під час аналізів вмісту токсикантів в середовищі або в водних організмах. Прямі і непрямі взаємодії забруднювачів та їх метаболітів у водному довкіллі і організмі, синергічні та антагоністичні дії токсикантів знаходять своє 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 відчувають 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 молюсків, 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, котрі інтенсивно розвиваються на природних і штучних субстратах впродовж року і чітко відображують екологічний стан морського середовища під час його біоіндикації [20]-[23].

2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Впродовж літнього та осіннього періодів 2025 року у Дністровському районі (ShW2) ПЗЧМ (рис. 1) з прибережжя Одеського регіону (у водному масиві CW5) для оцінки та діагнозу якості морського довкілля за методами біотестування та біоіндикації були відібрані проби води, чорноморських мідій і мікрофітобентосу:

- з акваторії Чорноморського яхт-клубу (координати $46^{\circ}27,587'$ пн. ш. та $30^{\circ}45,909'$ сх. д.);
- у місці впливу дренажних вод на пляжі «Дельфін» (координати $46^{\circ}27,104'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,152'$ 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.).

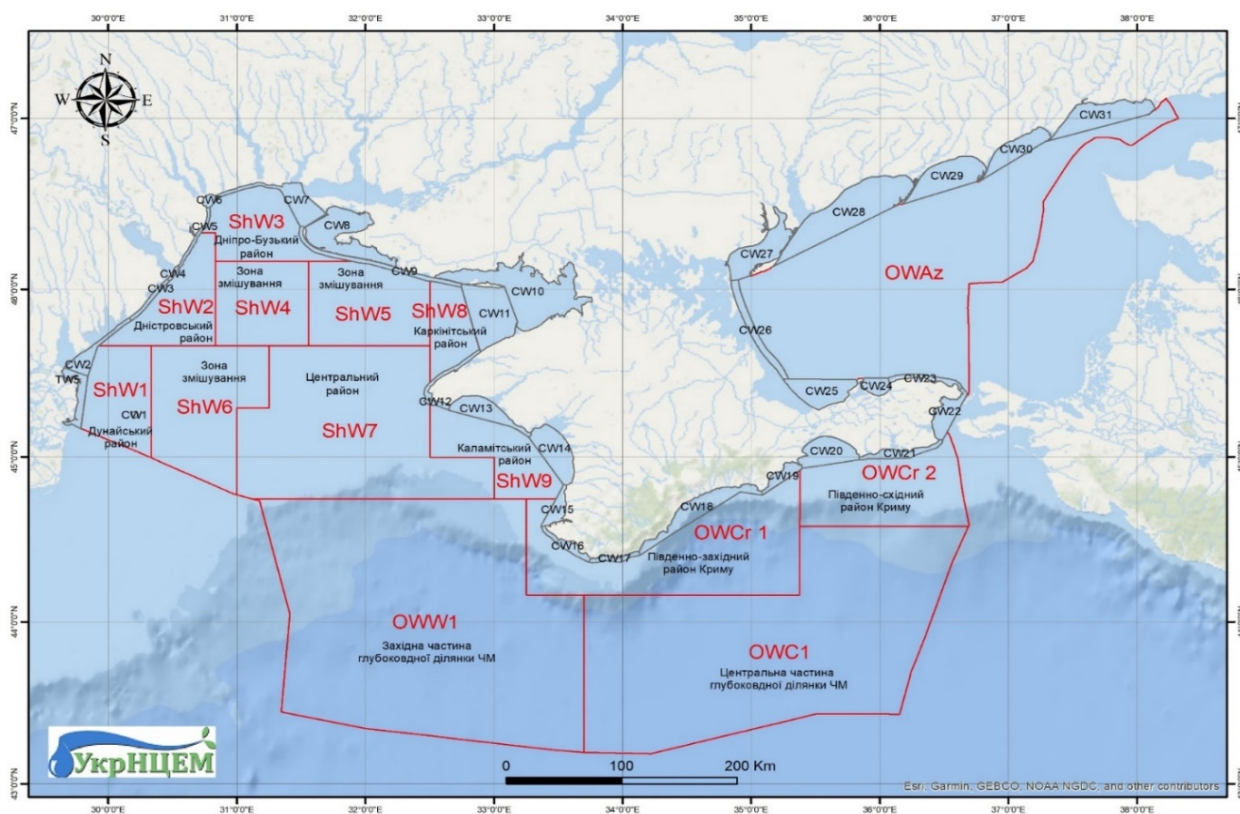


Рисунок 1 – Районування Чорного та Азовського морів [1]

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 високо ілюстративний, 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 продіссоконхів 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, %	≥90,0 - ≤100,0	≥50,0 - <90,0	≥15,0 - <50,0	≥5,0 - <15,0	≥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 (піщаний ґрунт) та твердих (бетон, камінь, 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	≥200,00·10 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 – ранній ембріогенез [52]. Влітку та восени 2025 року було проведено біотестування якості вод, як антропогенно навантажених 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 по показниках розвитку личинок мідій за «Методикою оцінки якості морської води з використанням ранніх стадій розвитку ембріонів чорноморських мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» [14] (див. 2).

Проби вод для біотестування їх якості були відібрані з акваторії Чорноморського яхт-клубу, у місці впливу дренажних вод на пляжі «Дельфін», біля мису Малий Фонтан та з значно рекреаційно навантаженого пляжу «Аркадія».

В літній сезон поточного року температура досліджуваних прибережних поверхневих вод становила 18,5-21,0 °С, а в осінній – 15,0-16,0°С. Солоність цих вод влітку і восени була 15,501-15,714 ‰ та 15,461-15,745 ‰ (відповідно).

Отже, впродовж 2025 року вищенаведені найважливіші гідрологічні показники морського довкілля, що впливають на розвиток гідробіонтів, в усі періоди досліджень перебували (як і у попередньому році) в межах екологічної норми для чорноморських організмів.

Від дорослих чорноморських мідій з прибережжя мису Малий Фонтан (тобто з умовно-чистої у минулі роки ділянки моря Одеського регіону [14], [22]) було отримано статеві продукти. З відібраних якісних продуктів були одержані здорові личинки і проведено біотестування досліджуваних вод. Проби личинок мідій (перших двох стадій розвитку) було зафіксовано та мікроскопічно оброблено.

Результати біотестування якості довкілля водного масиву CW5 влітку та восени 2025 року на личинках мідій представлені у таблицях 5 та 6.

Таблиця 5 – Розвиток личинок *Mytilus galloprovincialis* при біотестуванні якості чорноморського довкілля водного масиву CW5 влітку 2025 року (у %)

Личинки мідій		Літній період року							
		Пляж «Дельфін»		Чорноморський яхт-клуб		Мис Малий Фонтан		Пляж «Аркадія»	
		$\bar{x} \pm \sigma$	с.в.	$\bar{x} \pm \sigma$	с.в.	$\bar{x} \pm \sigma$	с.в.	$\bar{x} \pm \sigma$	с.в.
Трохофори	нормальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	аномальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	28,2 ± 0,21	0,74	28,5 ± 0,21	0,74	30,8 ± 0,13	0,42	39,7 ± 0,29	0,73
	аномальні	69,2 ± 0,42	0,61	69,1 ± 0,38	0,55	64,8 ± 0,13	0,20	57,1 ± 0,59	1,03
	мертві	2,6 ± 0,50	19,23	2,4 ± 0,21	8,75	4,4 ± 0,25	5,68	3,2 ± 0,63	19,69
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Таблиця 6 – Розвиток личинок *Mytilus galloprovincialis* при біотестуванні якості чорноморського довкілля водного масиву CW5 восени 2025 року (у %)

Личинки мідій		Осінній період року							
		Пляж «Дельфін»		Чорноморський яхт-клуб		Мис Малий Фонтан		Пляж «Аркадія»	
		$\bar{x} \pm \sigma$	с.в.	$\bar{x} \pm \sigma$	с.в.	$\bar{x} \pm \sigma$	с.в.	$\bar{x} \pm \sigma$	с.в.
Трохофори	нормальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	аномальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	57,6 ± 0,38	0,66	58,9 ± 0,55	0,93	66,0 ± 0,21	0,32	51,1 ± 1,60	3,13
	аномальні	35,8 ± 0,76	2,12	40,3 ± 0,50	1,24	29,4 ± 0,17	0,58	46,5 ± 1,93	4,15
	мертві	6,6 ± 0,71	10,76	0,8 ± 0,04	5,00	4,6 ± 0,29	6,30	2,4 ± 0,34	14,17
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Під час досліджень 100 % трохофор у всіх протестованих водах перетворилися у протісоконхів.

У водах з акваторій водного масиву CW5 за період експозиції в умовах лабораторії влітку загинуло личинок від 2,4 % до 4,4 % у пробах води з акваторій Чорноморського яхт-клубу та біля мису Малий Фонтан, відповідно (див. табл. 5). Тоді ж кількість личинок мідій нормальної морфології, що розвинулися при біотестуванні якості досліджуваних морських середовищ, була доволі значною і коливалася від 28,2 % до 39,7 % у водах з пляжів «Дельфін» та «Аркадія», відповідно.

Біотестування улітку 2025 року, здійснене для морського прибережжя Одеського регіону (CW5) на личинках мідій ранніх стадій розвитку, виявило, що всі досліджені ділянки моря, як і минулого року, відповідали екологічному класу стану вод «задовільний», тому що кількість нормально розвинених тест-об'єктів перебувала в межах від 15,0 % до 50,0 % (табл. 7).

В осінній сезон цього року під час біотестування якості довкілля водного масиву CW5 кількість мертвих личинок коливалася від 0,8 % у пробі води з яхт-клубу (що було на 1,6 % менше за показник, отриманий влітку) до 6,6 % у воді з пляжу «Дельфін», тобто на 4,0 % більше, ніж у літній сезон (див. табл. 5 та 6).

Проведена восени оцінка екологічного стану довкілля CW5 під час біотестування якості водних мас з місць із різним антропогенним навантаженням на личинках мідій (як більш чутливих за дорослих моллюсків до впливу морських вод різного ступеню забруднення) виявила, що екологічні властивості досліджених вод покращувалися в ряду: пляж «Аркадія» → пляж «Дельфін» → Чорноморський яхт-клуб → мис Малий Фонтан. Більш гарним, ніж влітку, екологічним станом (за показником відсотку утворених личинок мідій нормальної морфології) характеризувалося довкілля моря, як біля мису Малий Фонтан (66,0 %), так і інших: Чорноморського яхт-клубу (58,9 %), пляжів «Дельфін» (57,6 %) та «Аркадія» (51,1 %). Всі вищенаведені середовища ділянок CW5 відповідали екологічному класу стану вод «добрий», тому що кількість нормально розвинених в їх водах тест-об'єктів перебувала у діапазоні від 50,0 % до 90,0 % (див. табл. 7).

Таблиця 7 – Оцінка екологічного стану довкілля акваторій водного масиву CW5 за результатами біотестування якості їх вод на личинках чорноморських мідій у 2021-2025 роках (у %)

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	2021	2023	2024	2025	2021	20223	2024	2025	2021	20223	2024	2025	2021	2023	2024	2025	2021	2022	2024	2025
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Пляж «Аркадія» (CW5)	Літо									49,2		33,9	39,7								
	Осінь								51,1		27,3	43,6		14,1							
Мис Малий Фонтан (CW5)	Літо					55,4						32,9	30,8								
	Осінь							65,2	66,0	30,4	29,4										
Прибережжя санаторію ім. Чкалова (CW5)	Літо					53,2															
	Осінь													11,2							
Пляж «Дельфін» (CW5)	Літо									46,8		30,1	28,2								
	Осінь							55,4	57,6	21,5											
Чорноморський яхт-клуб (CW5)	Літо											27,9	28,5								
	Осінь							54,2	58,9		24,5										

Під час регулярних моніторингових досліджень якості водного довкілля ПЗЧМ з 2010 по 2025 рік нечасто доводилося реєструвати високі показники утворення морфологічно нормальних личинок мідій другої стадії розвитку цих тест-об'єктів, тобто продісоконхів.

Вперше це було встановлено при біотестуванні якості поверхневих вод влітку 2016 року, коли досліджували воду, доставлену з району материкового схилу ПЗЧМ (ОWW1) (див. рис. 1). Кількість продісоконхів нормальної морфології, що утворилися в цій чорноморській воді з відкритої частини моря, становила 59,1 % (рис. 2). Це дозволило віднести досліджене водне довкілля до класу екологічного стану вод «добрий».

У 2020 році під час біотестування якості чорноморських вод на личинках мідій вперше був встановлений екологічний стан «добрий» для поверхневих вод CW5. Тоді у досліджуваних водах розвинулася значна кількість нормально сформованих продісоконхів. Під час лабораторної експозиції у водах з прибережжя мису Малий Фонтан утворилося 65,2 %, з пляжу «Дельфін» – 64,3 % та з пляжу «Аркадія» – 61,6 % нормальних личинок. Наразі сталася (як і у 2024 році) подібна ситуація для всіх досліджених акваторій CW5 (див. рис. 2).

Але, порівняно з результатами біотестування стану чорноморських вод CW5 у осінній сезон 2010 року (з використанням личинок мідій ранніх стадій розвитку) восени 2025 року спостерігалось значне покращення екологічних властивостей дослідженого прибережного довкілля: від 22 разів (коло мису Малий Фонтан) до 51 разу (на рекреаційно навантаженому пляжі «Аркадія»).

Отже, біотестування якості довкілля водного масиву CW5 ПЗЧМ з використанням личинок чорноморських мідій ранніх стадій розвитку дозволило встановити, що впродовж 2025 року суттєво покращилися екологічні властивості водних середовищ чотирьох акваторій: прибережжя мису Малий Фонтан, Чорноморського яхт-клубу, пляжів «Дельфін» та «Аркадія» (від класу екологічного стану вод «задовільний» влітку до класу – «добрий» – восени). У цьому році акваторія, прилегла до мису Малий Фонтан, вкотре залишилась умовно чистою в досліджуваному водному масиві CW5.

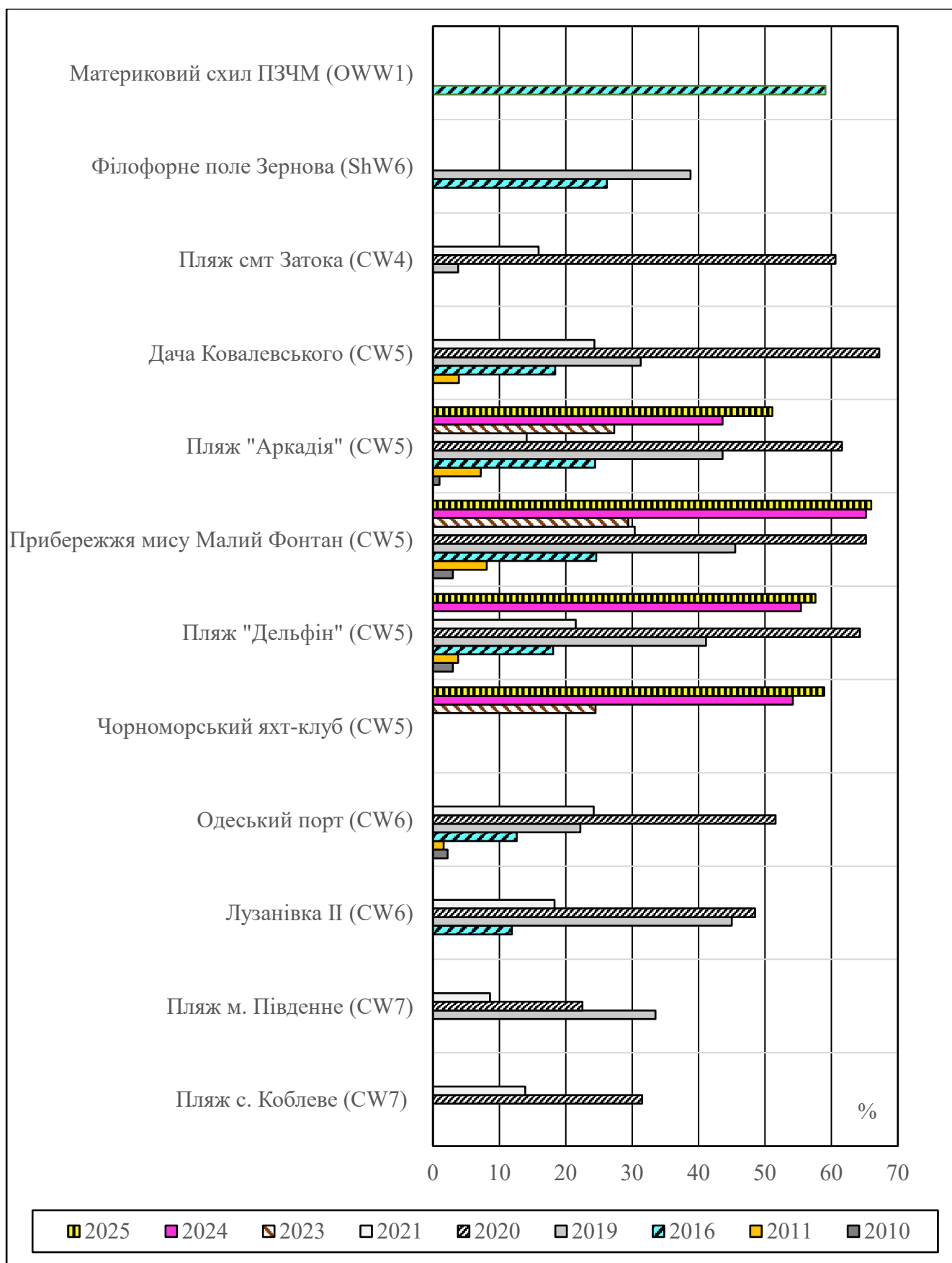


Рисунок 2 – Розвиток нормальних протісоконхів мідій при біотестуванні якості морських вод ПЗЧМ у 2010-2025 роках (у %)

4 БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТАНУ ДОРΟΣЛИХ МІДІЙ

Колосальну за масштабами функцію біологічного фільтру, що осаджує різні зависі з водного середовища від урізу води до меж сірководневої зони здійснюють двостулкові молюски родини мітілід (*Mytilidae Rafinesque*) – провідний компонент донних фільтраторів Чорного моря, [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.

Дуже виділяються серед мітілід чорноморські мідії як біофільтратори, які пропускають крізь себе щодобово величезну кількість морської води, що забезпечує їх життєдіяльність за рахунок відфільтровування компонентів оточуючого середовища. Мідії здатні накопичувати у своєму організмі забруднюючі речовини з водного довкілля. Тому 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].

Влітку та восени 2025 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 у другій декаді червня та в першій половині жовтня.

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

Влітку та восени 2025 року було проведено біотестування якості вод прибережних акваторій у водному масиві CW5 району ShW2 ПЗЧМ, як умовно-чистих, так і антропогенно навантажених, з метою оцінки та діагнозу їх екологічного стану за «Методикою оцінки якості морської води з використанням показника часу утримання нейтрального червоного лізосомами клітин гемолімфи мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» (див. 2).

Проби морських вод на біотестування якості були відібрані у водному масиві CW5 з акваторії Чорноморського яхт-клубу та 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 докільця водного масиву CW5 ПЗЧМ у літній та осінній сезони 2025 року перебували в межах екологічної норми для розвитку чорноморських гідробіонтів (зокрема, мідій).

Для біотестування були використані дорослі чорноморські мідії, що мешкали на вертикальних поверхнях берегозахисних бетонних споруд ділянки моря, прилеглої до мису Малий Фонтан, що була визнана впродовж досліджень попередніх років умовно-чистою.

Стан «здоров'я» дорослих *M. galloprovincialis* та водного середовища акваторій масиву CW5 (за часом утримання нейтрального червоного мембранами лізосом гемолімфи мідій при здійсненому влітку та восени у 2025 році біотестуванні якості морського докільця) відповідав наступним екологічним класам вод (табл. 8):

– «добрий» (у Чорноморському яхт-клубі, у воді якого стабільність лізосомальних мембран тест-об'єктів восени тривала лише 138 хвилин, що на 3 хвилини довше, ніж у 2024 році);

– «відмінний» (у воді з прибережжя мису Малий Фонтан реєстрований показник гемолімфи молюсків перевищував 150-хвилинний поріг на 12-21 хвилину (як у минулому році), а у воді з Чорноморського яхт-клубу влітку – тільки на 3 хвилини).

Екологічний стан довкілля водних масивів ПЗЧМ (CW5, CW6, CW7) впродовж 2021 та 2023-2025 років, здебільшого, відповідав класу «відмінний». Це було встановлено при біотестуванні якості морського довкілля прибережних морських акваторій за показником стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи дорослих мідій, тому що для життєдіяльності цих молюсків-фільтраторів якість водного середовища була щорічно доволі стабільно високою (див. табл. 8).

Біотестування якості морського довкілля за показником часу утримання нейтрального червоного мембранами лізосом клітин гемолімфи *M. galloprovincialis* показало, що влітку та восени 2025 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).

Отже, акваторія, прилегла до мису Малий Фонтан, залишилася умовно-чистою порівняно з іншими дослідженими прибережними ділянками моря (CW5-CW7), тому що її водне довкілля було найсприятливішим для життєдіяльності дорослих чорноморських мідій [14], [22].

4.2 Оцінка якості морських вод за показником інтенсивності фільтрації води мідіями

Чорноморська мідія відноситься до найбільш зручних об'єктів для дослідження екологічного стану прибережного морського середовища, тому що є

активним фільтратором морських вод та численним компонентом різноманітних зооценозів Чорного моря [14], [35], [37], [53]-[54]. Фільтраційна активність – одна з основних характеристик процесів метаболізму в організмах мітілід, яка є важливою характеристикою реакції їх на зміни якості оточуючого морського довкілля під впливом природних та антропогенних факторів. Фізіолого-морфологічні показники організму, за якими оцінюються екологічні умови його існування, займають особливе місце серед продукційних характеристик виду.

Стан «здоров'я» цих двостулкових бентосних організмів дзеркально відображує якість морського довкілля місця їхнього мешкання, тому що вони ведуть осілий спосіб життя і не можуть залишити своє місцеперебування під час змін екологічних умов у навколишньому середовищі.

У літній та осінній сезони 2025 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 влітку та восени цього року перебували в межах екологічної норми для розвитку двостулкових молюсків (див. 3).

При біотестуванні якості води з прибережжя мису Малий Фонтан в літній та осінній періоди 2025 року фільтраційна активність молюсків на 4-ту годину спостережень становила 47,9 % і 67,6 % (до можливого) і перевищувала інтенсивність фільтрації цими тест-об'єктами води з Чорноморського яхт-клубу на 15,2 % та 12,5 %, відповідно (табл. 9).

Ретроспективне порівняння результатів досліджень процесу фільтрації мідіями морської води з різних прибережних районів ПЗЧМ показало, що в літні сезони 2020-2021 та 2024 років фільтраційна активність мідій (на 4-ту годину спостережень) при біотестуванні якості водних середовищ CW6-CW7 за

Таблиця 9 – Інтенсивність фільтрації води чорноморськими мідіями при біотестуванні якості довкілля водного масиву CW5 у 2025 році (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.
Літній період року						
0,5	10	16,4 ± 3,94	24,03	10	27,0 ± 4,87	18,04
1,0	10	24,2 ± 7,19	29,71	10	40,0 ± 5,66	14,15
1,5	10	29,0 ± 7,57	26,10	10	46,0 ± 5,60	12,17
2,0	10	32,1 ± 7,33	22,83	10	49,6 ± 5,47	11,03
2,5	10	32,6 ± 6,63	20,34	10	51,9 ± 5,17	9,96
3,0	10	34,8 ± 6,15	17,67	10	50,7 ± 4,81	9,49
3,5	10	33,3 ± 5,96	17,90	10	48,6 ± 4,44	9,14
4,0	10	32,7 ± 5,47	16,73	10	47,9 ± 4,37	9,12
Осінній період року						
0,5	10	15,9 ± 5,04	31,70	10	24,9 ± 4,26	17,11
1,0	10	32,2 ± 7,58	23,54	10	48,0 ± 4,21	8,77
1,5	10	44,8 ± 8,47	18,91	10	62,3 ± 3,37	5,41
2,0	10	52,1 ± 8,42	16,16	10	71,3 ± 1,86	2,61
2,5	10	57,7 ± 8,00	13,86	10	72,9 ± 0,91	1,25
3,0	10	58,2 ± 7,64	13,13	10	72,4 ± 0,54	0,75
3,5	10	56,9 ± 7,39	12,99	10	70,6 ± 0,30	0,43
4,0	10	55,1 ± 6,61	12,00	10	67,6 ± 0,29	0,43

отриманими показниками була, здебільшого, нижчою за результати досліджень якості вод CW5 (рис. 3).

Порівняно з осіннім показником фільтраційної активності мідіями води з ділянки моря біля мису Малий Фонтан у 2024 році – 68,8 %, восени 2025 року зареєстровано деяке зниження цього показника – на 1,2 % (до можливого) (рис. 4).

Слід відзначити, що порівняно з осіннім показником фільтраційної активності мідіями води з прибережжя мису Малий Фонтан у 2021 році – 70,1 %, в осінні сезони 2023-2025 років було зареєстровано найменше зниження цього показника на 1,3 % у 2024 році, а найбільше – на 7,1 % у 2023 році (до можливого) (див. рис. 4).

Але, порівняно з осіннім показником фільтраційної активності мідіями води з прибережної ділянки моря, прилеглої до мису Малий Фонтан у 2023 році – 63,0 %, у 2024 році – 68,8 %, а в 2025 році – 68,8 %.

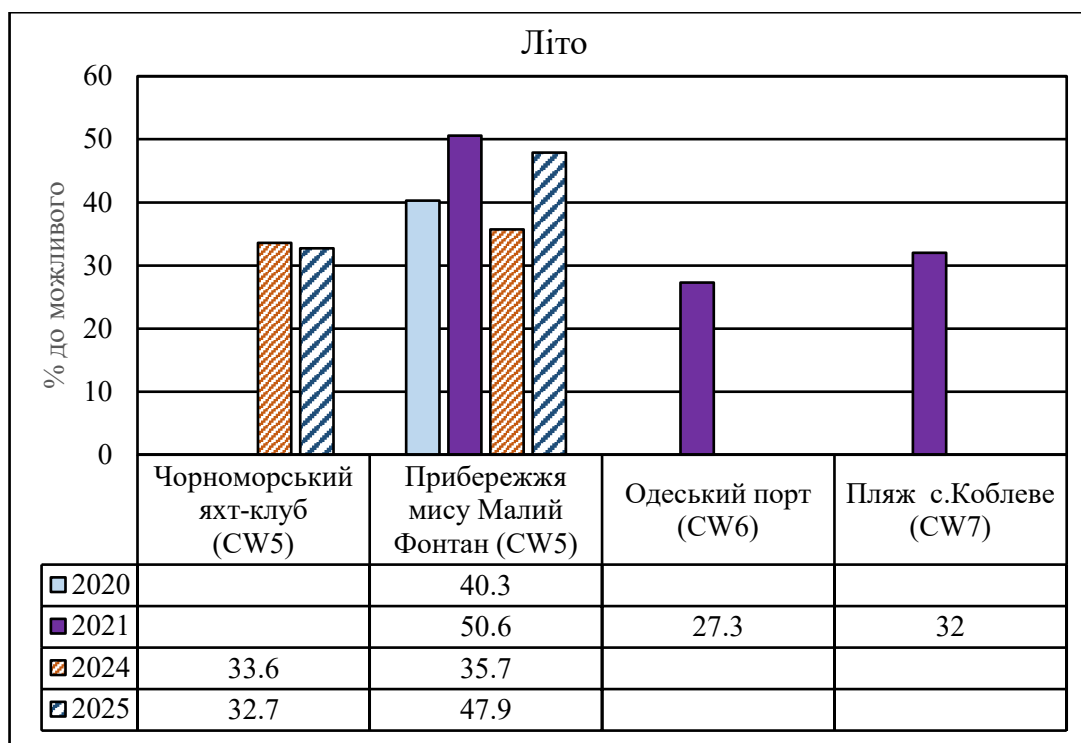


Рисунок 3 – Фільтраційна активність мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ в літні сезони 2020-2021 та 2024-2025 років (на 4-ту годину спостережень)

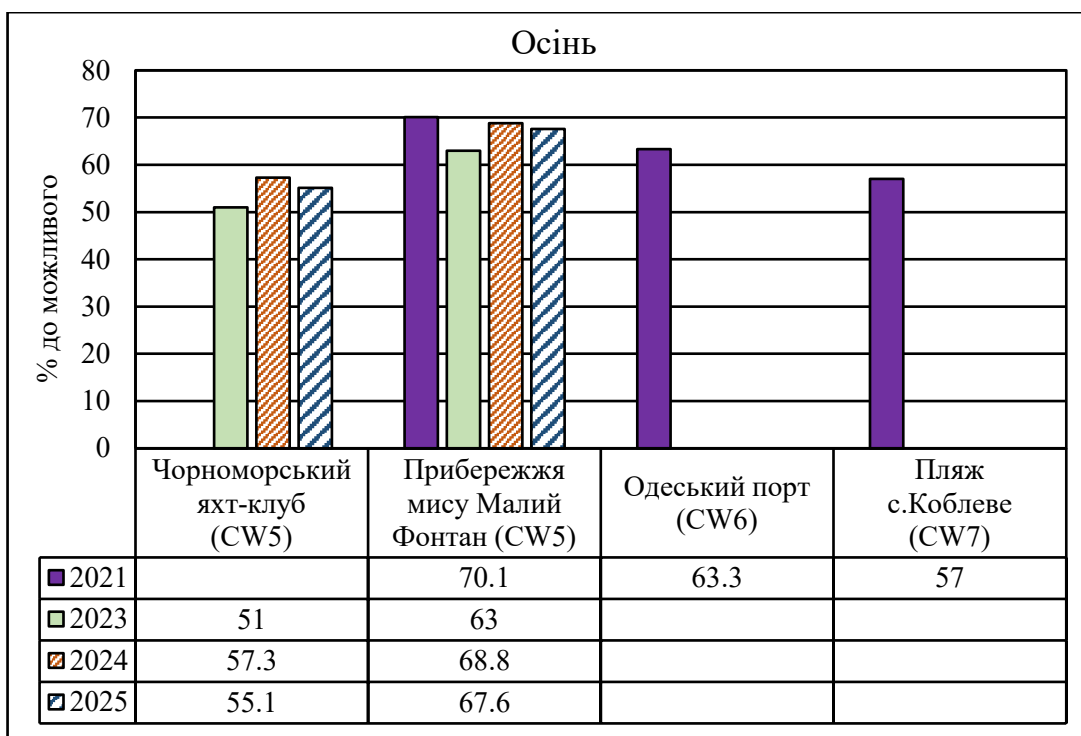


Рисунок 4 – Фільтраційна активність мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ в осінні сезони 2021 та 2023-2025 років (на 4-ту годину спостережень)

осінню 2024 року зареєстровано зростання цього показника на 5,8 %, а у 2025 році – на 4,6 % (до можливого).

Прибережна акваторія коло мису Малий Фонтан, що перебуває лише під незначним антропогенним тиском (за рахунок рекреаційного навантаження) і, як показали осінні показники фільтраційної активності тест-об'єктів (*M. galloprovincialis*) у 2025 році, вона залишається умовно-чистою 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]. За оцінкою інтенсивності дихання (показника швидкості обміну речовин у них) можна зробити висновок щодо фізіологічного стану організму в цілому [38].

Різноманітні фактори, такі як температура і солоність води, присутність забруднюючих речовин, інтенсивність харчування, наявність короточасної або тривалої гіпоксії, пора року та інші, впливають на процес дихання *Bivalvia* [57]-[63]. Температура води – один з основних факторів, що впливає на процес дихання у мідій [64]-[65]. На активність цього процесу впливає стадія розвитку статевих продуктів, тощо [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]. Обмін речовин у молюсків знижується після нересту, хоча температура води продовжує зростати [35]. Мідія здатна проявляти постійну інтенсивність обміну речовин у достатньо широкому діапазоні концентрацій кисню у воді.

Проведені нами багаторічні дослідження сезонних змін показників обміну речовин у чорноморських мідій за показником інтенсивності споживання цими

двостулковими розчиненого у воді кисню збіглися з висновками інших дослідників [16], [35], [68]-[70].

Влітку та восени 2025 року в прибережжі Дністровського району (ShW2) ПЗЧМ (у водному масиві CW5 на акваторіях Чорноморського яхт-клубу та в прибережжі 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).

При біотестуванні водного середовища з району мису Малий Фонтан інтенсивність дихання мідій в літній та осінній періоди 2025 року була значною і становила 0,85 мл O₂/особину в годину та 0,62 мл O₂/особину в годину (відповідно) (табл. 10).

Таблиця 10 – Інтенсивність дихання чорноморських мідій при біотестуванні якості довкілля водного масиву CW5 у 2025 році (у мл O₂/особину в годину)

Місце відбору проб води	Кількість повторів (n)	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Літній період року			
Чорноморський яхт-клуб	10	0,29 ± 0,055	18,97
Мис Малий Фонтан	10	0,85 ± 0,083	9,76
Осінній період року			
Чорноморський яхт-клуб	10	0,46 ± 0,066	14,35
Мис Малий Фонтан	10	0,62 ± 0,091	14,68

В літній сезон досліджень 2025 року споживання розчиненого у воді кисню дорослими чорноморськими мідіями суттєво перевищило показники попередніх років: 2020 року – у 2,4, 2021 – у 2,1 та 2024 – у 3,4 рази (рис. 5).

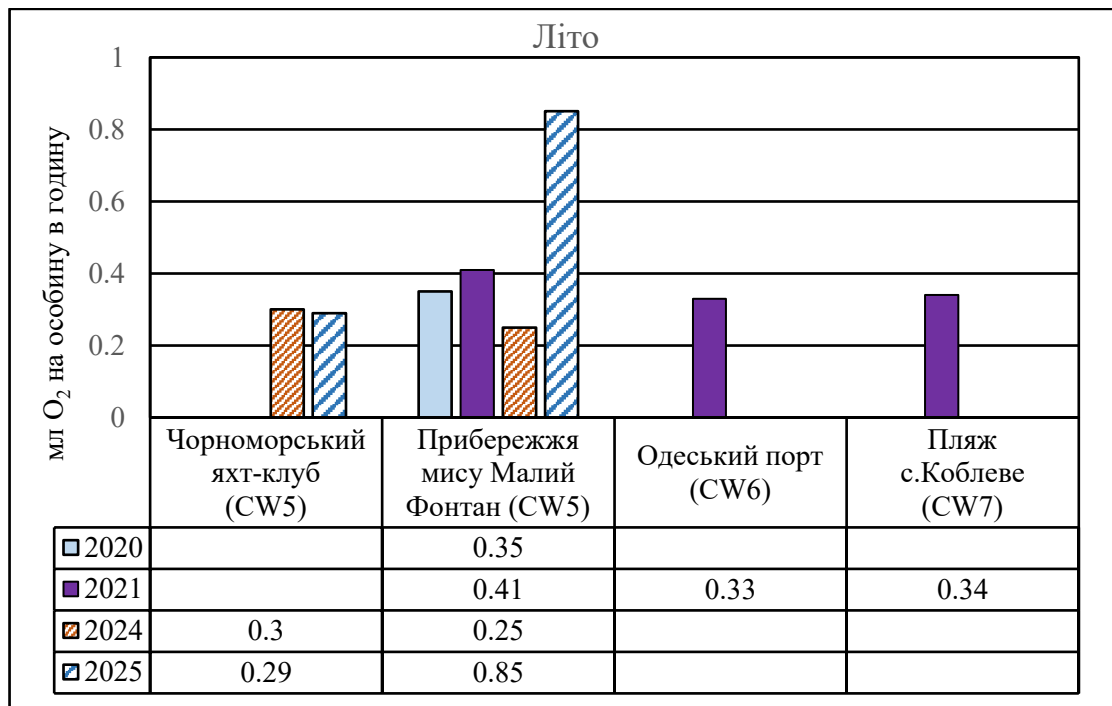


Рисунок 5 – Дихання мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ в літні сезони 2020-2021 і 2024-2025 років (в мл O_2 /особину в годину)

Восени 2025 року споживання молюсками розчиненого у воді кисню під час тестування якості водних мас з яхт-клубу було більш ніж у 1,8 рази гіршим за показник інтенсивності дихання мітілід у воді з прибережжя мису Малий Фонтан, а саме становило 0,46 мл O_2 /особину в годину. Такий показник у тест-об'єктів характеризує водне середовище яхт-клубу як значно гіршої якості, ніж умовно-чистої у попередні роки акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан (рис.6 та див. табл. 10).

В осінній сезон попереднього року інтенсивність дихання мідій при біотестуванні якості води з району мису Малий Фонтан становила 0,28 мл O_2 /особину в годину, тобто була вдвічі меншою (в середньому) за значення

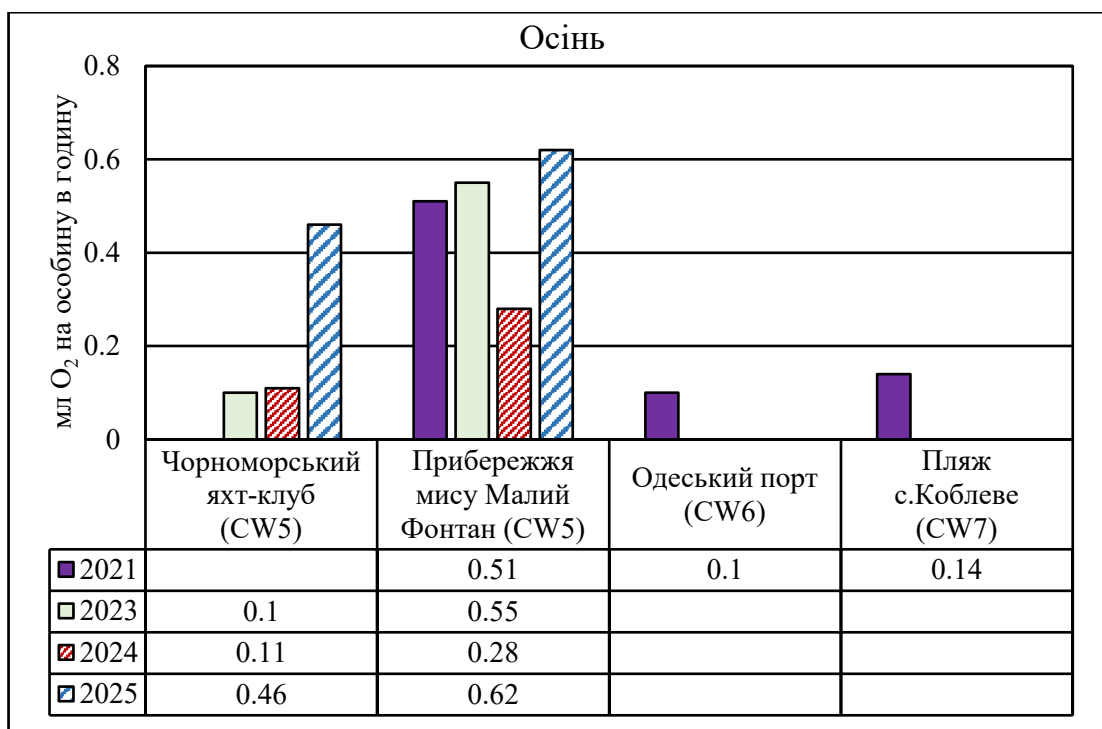


Рисунок 6 – Дихання мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ в осінні сезони 2021 і 2023-2025 років (в мл O_2 /особину в годину)

даного показника, встановленого для досліджених акваторій CW5 у всі інші роки.

А споживання молюсками розчиненого у воді кисню під час тестування якості водних мас з яхт-клубу в осінній сезон 2023 року було більш ніж у 5 разів гіршим порівняно з інтенсивністю дихання мідій, що перебували в умовах лабораторії у воді з акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан.

Ретроспективний аналіз змін екологічного стану прибережного довкілля водного масиву CW5 за показником інтенсивності дихання мідій при біотестуванні якості водного середовища досліджуваних акваторій показав, що в осінній сезон 2025 року споживання розчиненого у воді кисню дорослими *M. galloprovincialis* зросло (порівняно з попереднім роком): більш ніж в 2 рази у воді з прибережжя мису Малий Фонтан та більш ніж у 4 рази у воді з яхт-клубу (див. рис. 6).

Проведені у 2020-2021 і 2023-2025 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 екологічним класам вод «відмінний» та «добрий» для дорослих *M. galloprovincialis* (див. 4.1), а для більш чутливих тест-об'єктів – личинок мідій на перших двох стадіях розвитку – класам «добрий» та «задовільний» (див. 3).

Впродовж 2025 року, як і у попередні більш ніж 20 років спостережень, 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.

5 БІОІНДИКАЦІЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТАНУ МІКРОФІТОБЕНТОСУ

Контурні біотопи, населені організмами обростань, представлені природними та штучними морськими субстратами (такими, як каміння, пісок, бетонні, стулки молюсків, тощо). Для цих водних оселищ характерні різноманітний видовий склад, високі показники чисельності та біомаси гідробіонтів. Оскільки дані угруповання малорухливих та прикріплених організмів перебувають 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 мікрводоростей [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. Більш інтенсивне забруднення місцеперебування спільнот бентосних мікрводоростей поступово призводить до зниження їхніх систематичних та кількісних показників.

5.1 Оцінка якості морського середовища за показниками розвитку бентосних мікрофітів

Впродовж 2025 року була проведена оцінка якості чорноморського довкілля методом біоіндикації за систематичними, кількісними, морфологічними, галобіонтними та сапробіонтними показниками розвитку мікрофітобентосу з поверхонь субстратів, як твердих (бетонних пірсів, прибережних каменів, стулок мідій), так і піщаних (у зоні заплеску). Проби відбирали в різних за антропогенним навантаженням акваторіях водного масиву CW5 ПЗЧМ: Чорноморського яхт-клубу, прибережжя мису Малий Фонтан, пляжів «Дельфін» та «Аркадія». У досліджених ділянках моря було знайдено 136 видів водоростей (Додаток А), які належали до 8 класів (рис. 7).

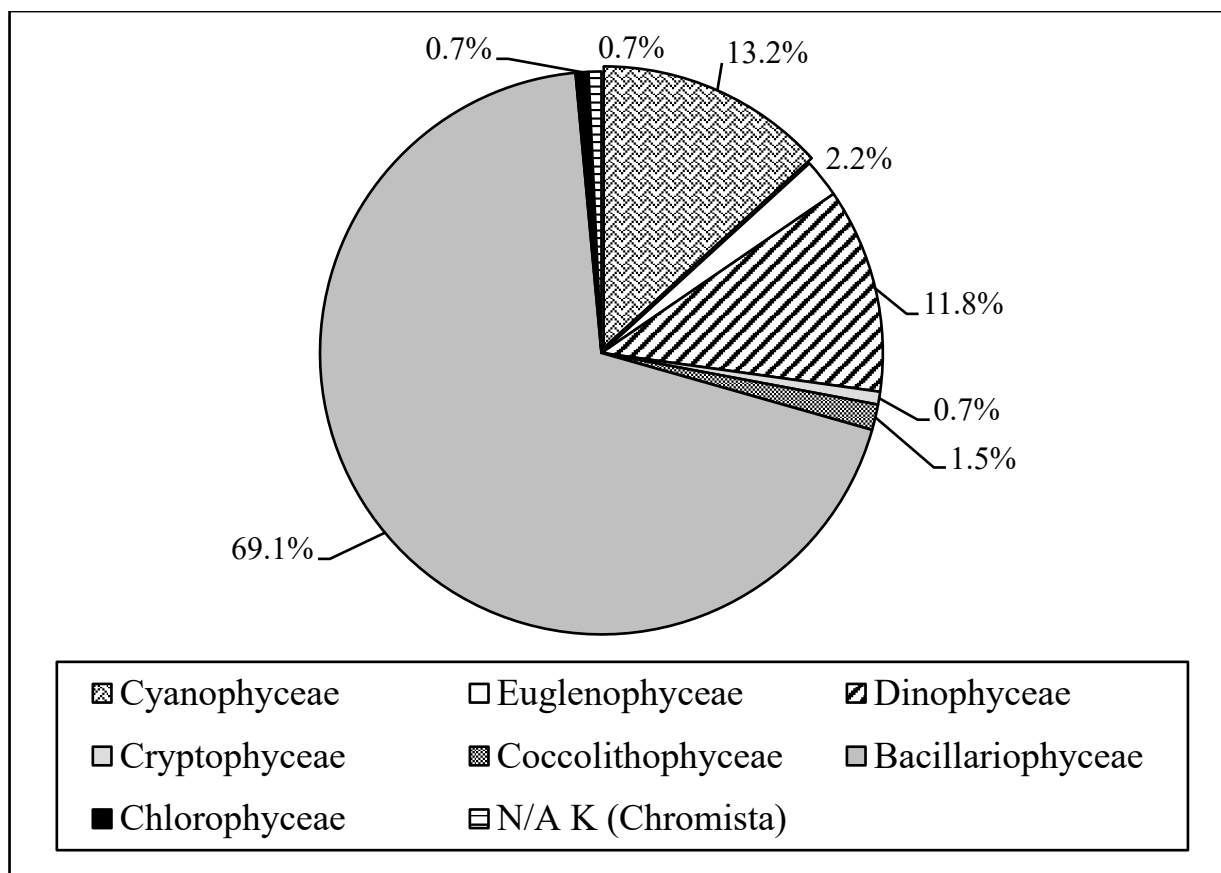


Рисунок 7 – Таксономічний склад мікрофітобентосу водного масиву CW5 у 2025 році (% від кількості знайдених видів)

Переважали діатомеї (69,1 % від загальної кількості знайдених видів). Також широко були представлені синьо-зелені (13,2 %) та дінофітові водорості (11,8 %). Серед знайдених мікробіодоростей було 8 потенційно токсичних видів, здебільшого серед дінофітових (*Phalacroma rotundatum*, *Scrippsiella acuminata* і види роду *Prorocentrum*) та синьо-зелених роду *Microcystis*. Порівняно з минулим роком таких видів стало в 1,5 рази менше.

У складі мікрофітобентосу більшість становили діатомеї родів *Nitzschia* – 10 видів, *Navicula*– 9, *Halamphora*–5, *Amphora* і *Cocconeis*– по 4. Менше було ціанопрокаріот роду *Merismopedia* (4 види) та дінофітових водоростей родів *Gymnodinium* та *Prorocentrum* – по 3.

Стосовно місцеперебування в угрупованнях бентосних мікрофітів переважали представники обростань – 40,9 % (рис. 8).

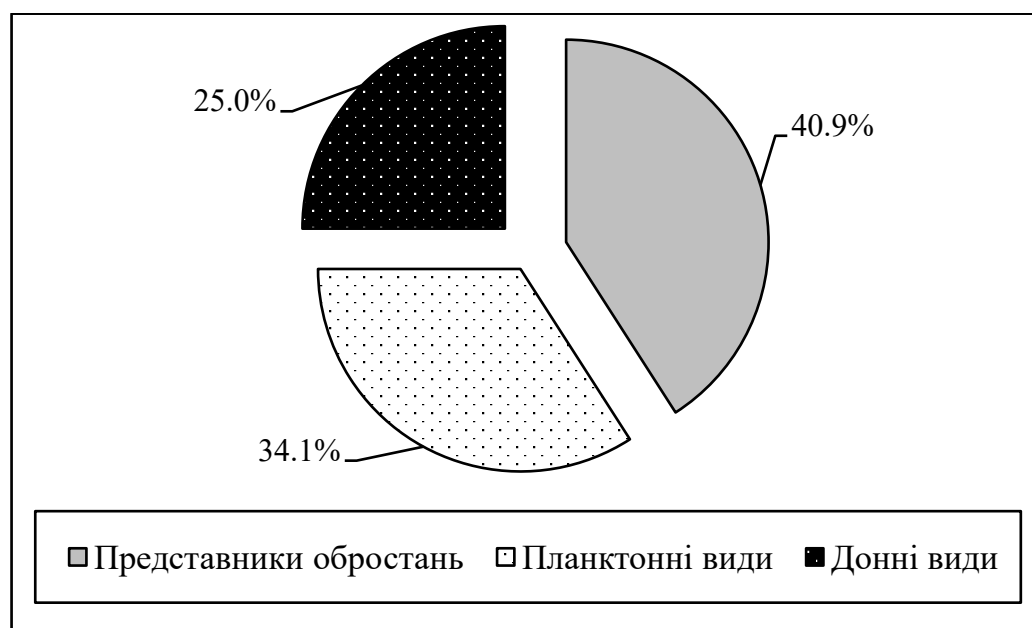


Рисунок 8 – Життєві форми мікрофітобентосу водного масиву CW5 у 2025 році (% від кількості знайдених видів)

Це синьо-зелені водорості родів *Calothrix*, *Lyngbya*, *Leptolyngbya*, діатомеї родів *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Licmophora*. Планктонних водоростей було 34,1 %. Вони були представлені ціанопрокаріотами (родів *Chroococcus*, *Merismopedia*, *Microcystis*), евгленовими, дінофітовими,

кокколітовими та зеленими водоростями, а також діатомеями (родів *Chaetoceros*, *Cyclotella*, *Pseudo-nitzschia*). Менше було донних форм – 25,0 %. Серед них більшість становили діатомеї (родів *Amphora*, *Diploneis*, *Halamphora*).

Як і торік, стосовно солоності води знайдені види бентосних мікрофітів були, здебільшого, полі- та мезогалобами – 46,2 % та 28,2 %, відповідно (рис. 9 (а)).

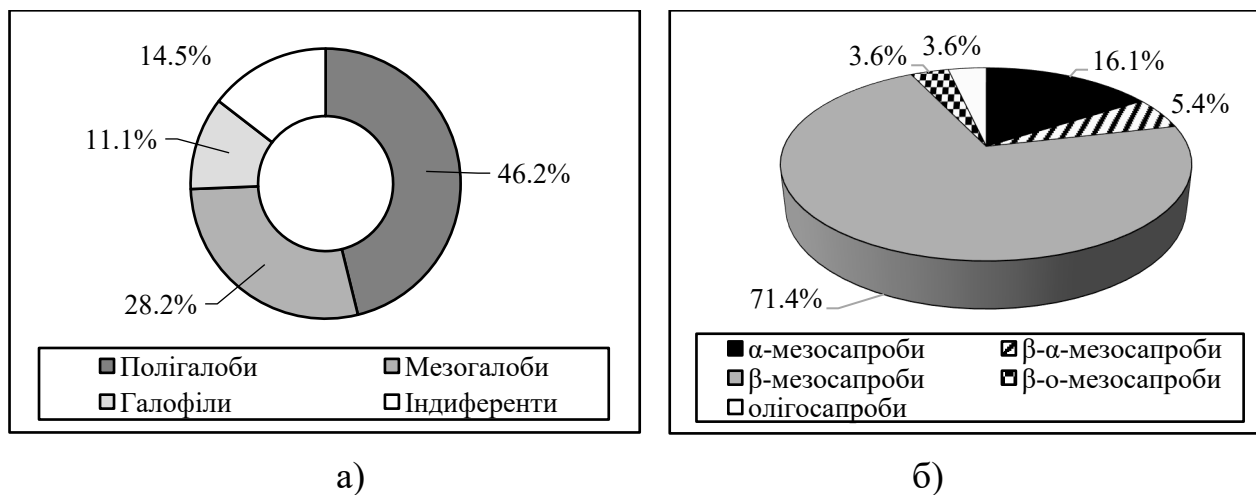


Рисунок 9 – Галобіонтний (а) та сапробіонтний (б) склад мікрофітобентосу водного масиву CW5 у 2025 році (% від кількості знайдених видів)

Серед полігалобів переважали діатомеї родів *Achnanthes*, *Amphora*, *Cocconeis*, серед мезогалобів – види родів *Navicula* і *Nitzschia*. До мезогалобів належали й ціанопрокаріоти родів *Lyngbya*, *Leptolyngbya*, діатомеї роду *Tabularia*. Серед галофілів переважали синьо-зелена водорість *Phormidium nigroviride* та діатомові *Planothidium delicatulum* і види роду *Diatoma*, серед індиферентів – ціанопрокаріоти *Oscillatoria limosa* і види родів *Chroococcus* та *Merismopedia*.

Відносно органічного забруднення води серед зареєстрованих водоростей переважали β-мезосапроби – 71,4 % (рис. 9 (б)). Наймасовішими з них були діатомеї: *Cylindrotheca closterium*, *Parlibellus delognei*, *P. delicatulum*, *P. lanceolatum*, *Achnanthes brevipes* і види родів *Nitzschia* та *Stauroneis*. Серед решти сапробіонтів найбільш інтенсивно вегетували α-мезосапробні діатомеї *Tabularia fasciculata* і види роду *Melosira* та ціанопрокаріота *O. limosa*, β-α-мезосапробні

синьо-зелені водорості *Merismopedia glauca* і *M. tenuissima* та β -о-мезосапробні *Leptolyngbya fragilis* і *Merismopedia elegans*.

Загальна кількість сапробіонтних видів у мікрофітобентосі водного масиву CW5 дещо зменшилася порівняно з минулими роками, переважно, за рахунок представників β -мезосапробів (рис. 10).

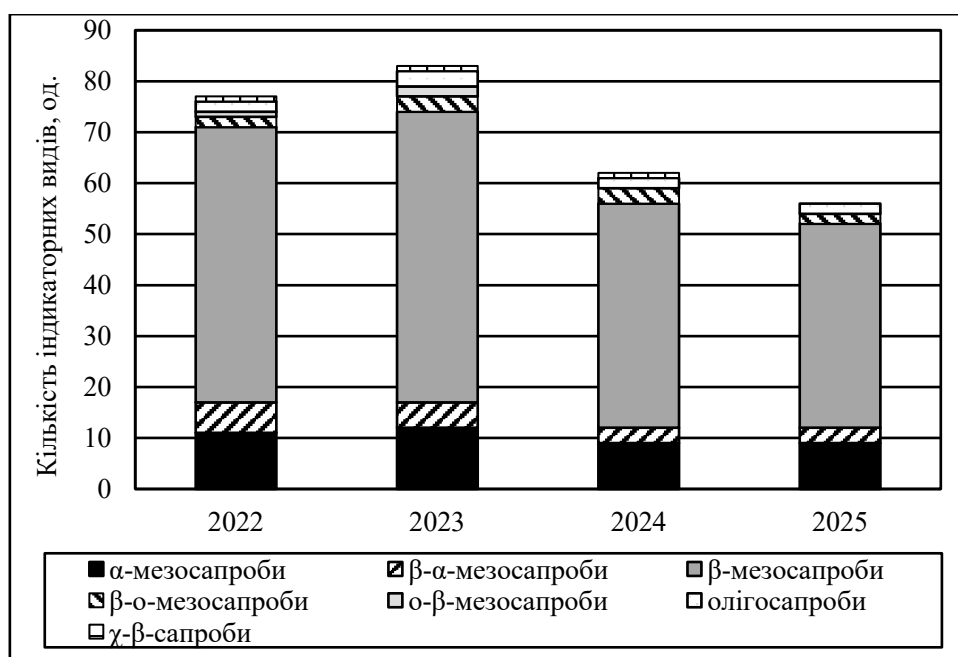


Рисунок 10 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу Одеського прибережжя в 2022-2025 роках

На відміну від минулих років, цього року не було знайдено аномальних клітин діатомей, що може свідчити про деяке покращення екологічної ситуації в цілому.

В літній період на твердих субстратах з акваторій CW5 кількість знайдених видів мікрофітів варіювала від 13 до 43 (табл. 11). А в осінній сезон вона зросла в 1,2-2,1 рази. На піщаних ґрунтах влітку їх було від 19 до 49 видів, а восени їх кількість збільшилась в 1,2-1,5 рази (табл. 12).

Влітку систематичні показники мікрowodоростей були найвищими на піску та стулках мідій в акваторії яхт-клубу, а восени – на піску в яхт-клубі та на мідіях з прибережжя мису Малий Фонтан. Основу видового складу донної альгофлори на всіх досліджених субстратах становили діатомеї.

Таблиця 11 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 у 2025 році

Місце відбору проб	Класи водоростей								Всього
	Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	N/A К (Chromista)	
Літо									
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	7	-	-	1	1	27	-	1	37
Чорноморський яхт-клуб (стулки мідій)	7	-	1	1	1	32	-	1	43
Пляж «Дельфін» (бетон)	7	-	1	1	1	8	-	1	19
Пляж «Дельфін» (черепашник)	6	-	1	1	1	19	1	1	30
Мис Малий Фонтан (бетон)	5	-	-	1	1	5	-	1	13
Мис Малий Фонтан (стулки мідій)	5	-	2	1	1	23	-	1	33
Пляж «Аркадія» (бетон)	5	2	3	1	2	14	-	1	28
Осінь									
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	10	-	2	1	1	31	-	1	46
Чорноморський яхт-клуб (стулки мідій)	6	1	1	1	1	31	-	1	42
Пляж «Дельфін» (бетон)	5	-	-	1	1	21	-	1	29
Пляж «Дельфін» (черепашник)	8	-	-	1	1	18	-	1	29
Мис Малий Фонтан (бетон)	8	-	1	1	1	16	-	1	28
Мис Малий Фонтан (стулки мідій)	8	-	-	1	1	40	-	1	51
Пляж «Аркадія» (бетон)	6	1	1	1	1	30	1	1	43

Таблиця 12 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу піщаних субстратів у водному масиві CW5 у 2025 році

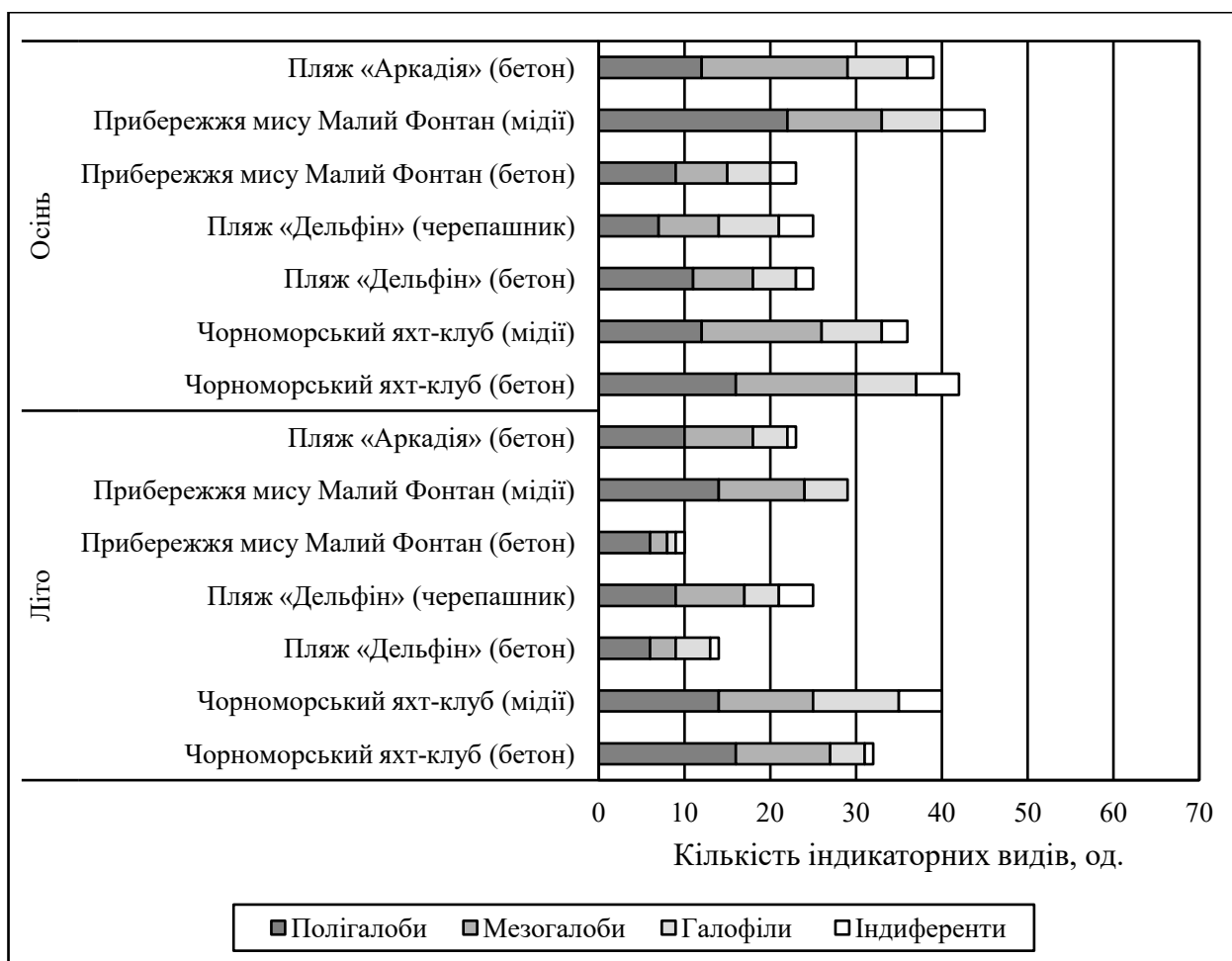
Місце відбору проб	Класи водоростей								Всього
	Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	N/A К (Chromista)	
Літо									
Чорноморський яхт-клуб	9	1	4	1	1	32		1	49
Пляж «Дельфін»	5	-	2	1	1	20	1	1	31
Мис Малий Фонтан	2	1	4	1	2	7	1	1	19
Пляж «Аркадія»	2	-	4	1	1	11	-	1	20
Осінь									
Чорноморський яхт-клуб	10	1	10	1	1	50	-	1	74
Пляж «Дельфін»	3	-	3	1	1	14	1	1	24
Мис Малий Фонтан	5	-	4	1	1	12	-	1	24
Пляж «Аркадія»	6	1	8	1	2	24	1	1	44

У галобіонтному складі угруповань мікрофітобентосу всіх досліджених акваторій переважали полі- та мезогалобні види водоростей. Найбільше їх було впродовж року в ділянках моря в яхт-клубі та восени на мідях біля мису Малий Фонтан. Галофіли та індиференти цього року були також найширше представлені в акваторії Чорноморського яхт-клубу (рис. 11).

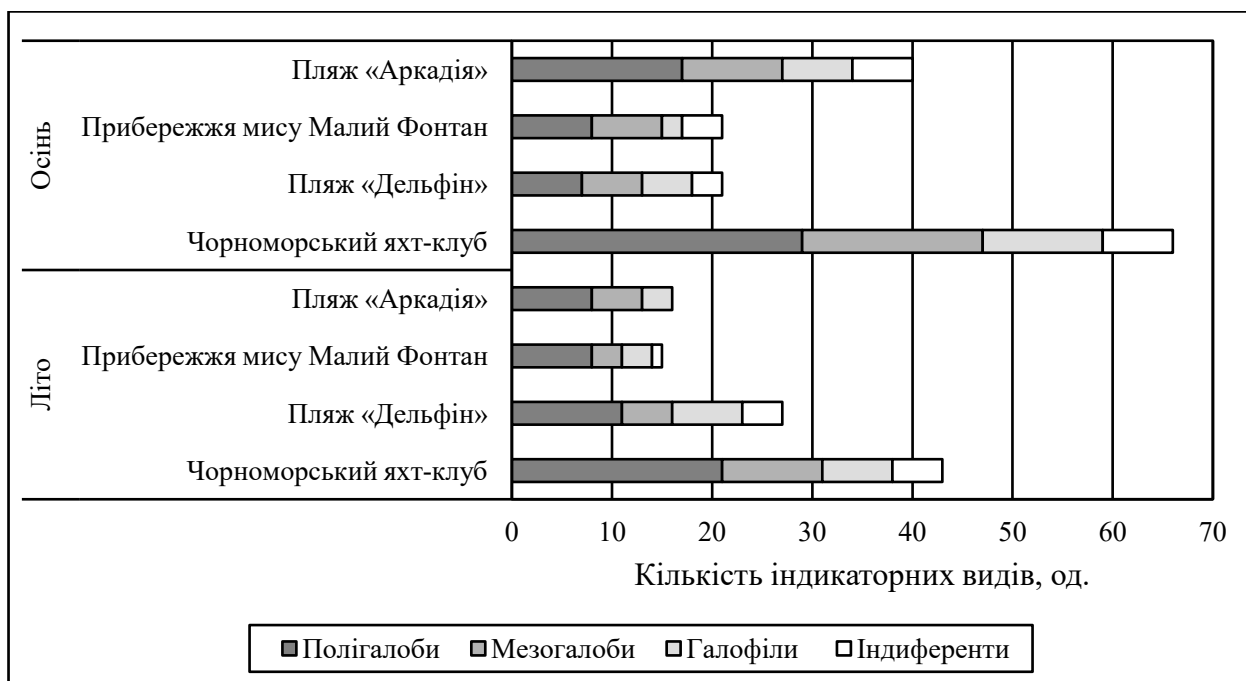
Водорості-сапробіонти, зокрема α -мезосапроби та β - α -мезосапроби, найбільш інтенсивно розвивалися впродовж року в антропогенізованій та евтрофікованій акваторії яхт-клубу і восени на бетонних спорудах пляжу «Аркадія». Водночас, впродовж року α -мезосапроби були відсутні на піску та бетоні в ділянці моря, прилеглій до мису Малий Фонтан (рис. 12).

Чисельність мікрофітобентосу на твердих субстратах влітку дорівнювала 335,85-2 434,03 млн. кл./м², а восени вона збільшилась в 1,5-1,7 рази, переважно, за рахунок синьо-зелених та діатомових водоростей (табл. 13). На піску в літній сезон вона становила 674,94-11 799,69 млн. кл./м², а в осінній – була 1 661,86-7 092,00 млн. кл./м² (табл. 14). Впродовж року найвищі показники чисельності мікроводоростей відмічені на бетоні та на піску в яхт-клубі, а найнижчі – на бетоні в акваторіях пляжу «Аркадія» та біля мису Малий Фонтан. Основу чисельності повсюдно формували ціанопрокаріоти, найчисленнішими були *L. fragilis*, *Lyngbya confervoides*, *O. limosa* і види роду *Microcystis*.

Біомаса мікрофітів на твердих субстратах влітку коливалася від 22,75 до 304,75 мг/м², а протягом року – збільшилась у 2,0-3,1 рази (табл. 15). На піску в літній період вона становила 59,16-3 484,41 мг/м², а восени – 46,98-4 862,08 мг/м² (табл. 16). Майже скрізь її формували крупноклітинні діатомеї. Наймасовішими вони були улітку на бетоні та впродовж року на піску в акваторії яхт-клубу і восени на бетонних спорудах пляжу «Аркадія». Суттєву роль у формуванні біомаси мікрофітів на піску в осінній сезон відігравали також дінофітові водорості. Ціанопрокаріоти домінували за біомасою впродовж року на бетоні та черепашнику пляжу «Дельфін» і влітку на бетоні біля мису Малий Фонтан.

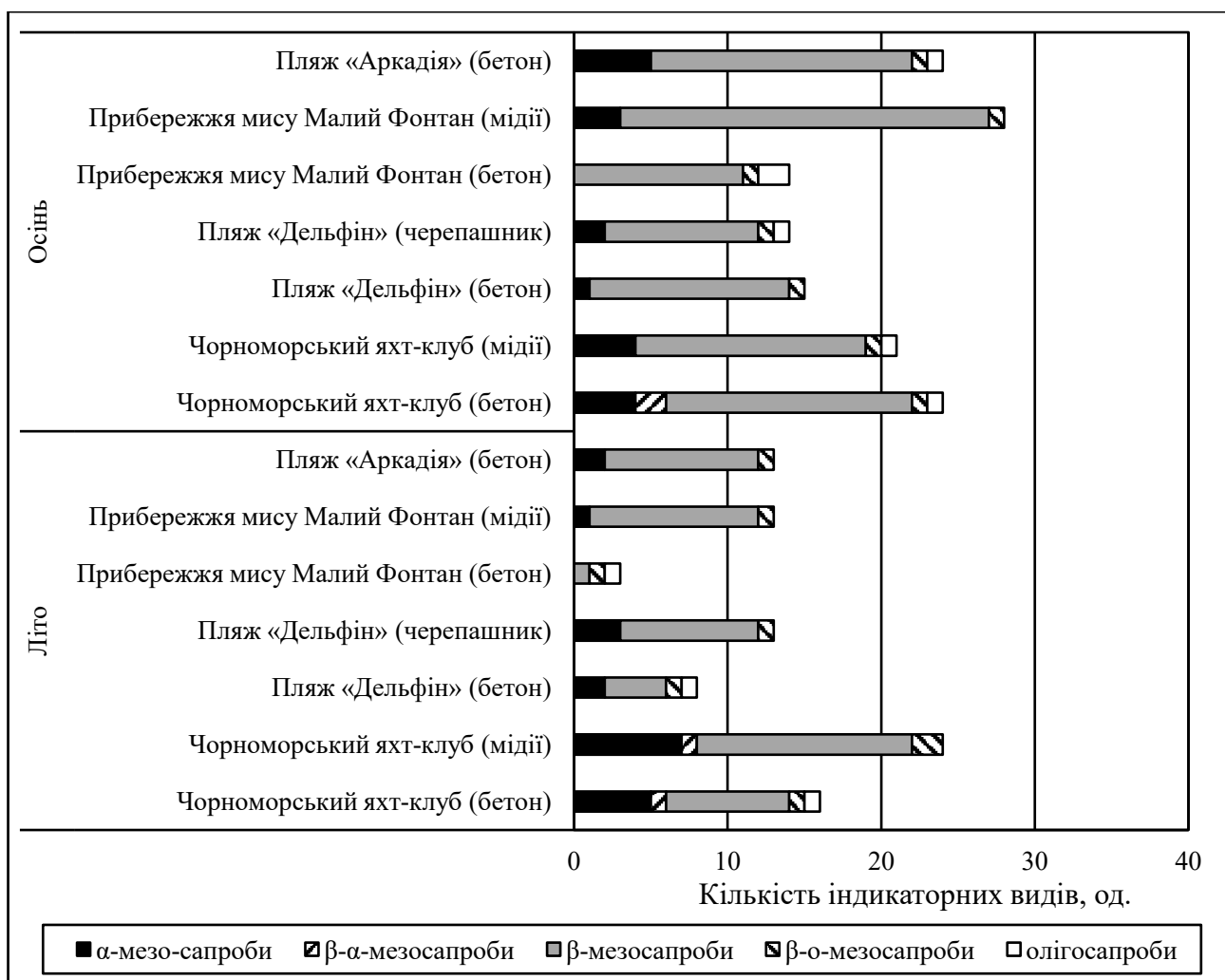


а)

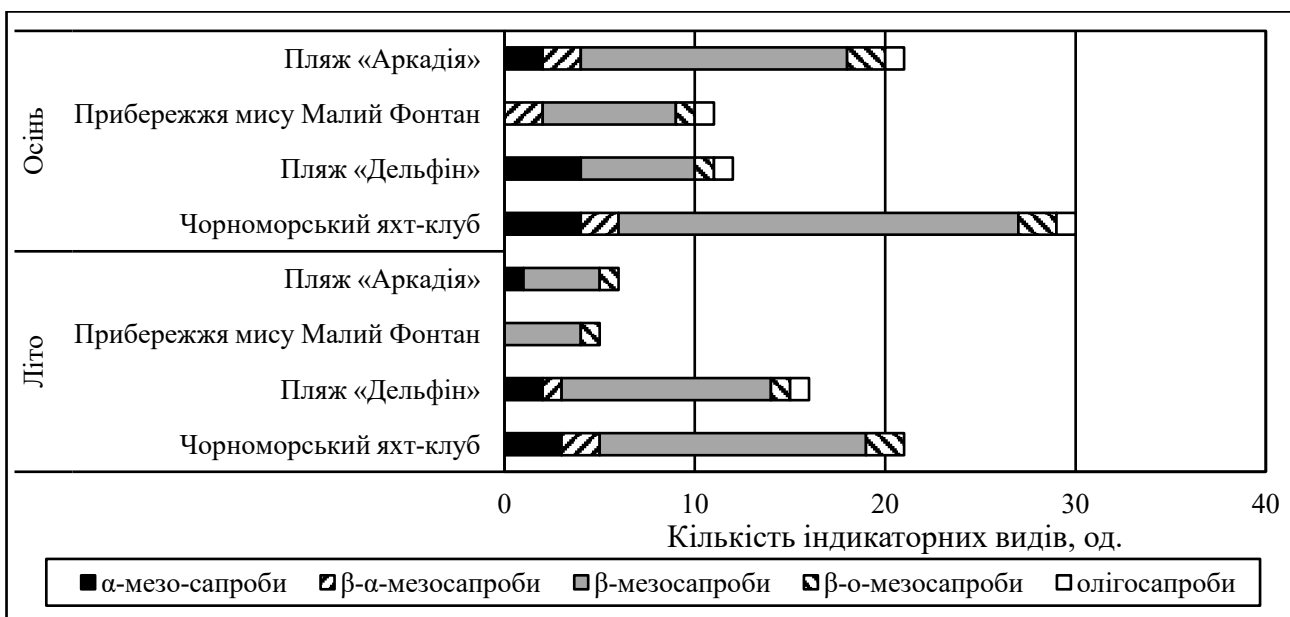


б)

Рисунок 11 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу твердих (а) та піщаних (б) субстратів водного масиву CW5 у 2025 році



а)



б)

Рисунок 12 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу твердих (а) та піщаних (б) субстратів водного масиву CW5 у 2025 році

Таблиця 13 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 у 2025 році

Місце відбору проб	Класи водоростей								Всього
	Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	N/A K (Chromista)	
Літо									
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2 389,50	-	-	1,47	0,80	39,04	-	3,33	2 434,03
Чорноморський яхт-клуб (стулки мідій)	1 645,82	-	0,09	0,55	1,10	44,60	-	2,00	1 694,16
Пляж «Дельфін» (бетон)	835,73	-	0,27	0,40	1,47	5,86	-	2,67	846,40
Пляж «Дельфін» (черепашник)	600,93	-	0,27	0,53	1,60	41,74	0,27	2,13	647,47
Мис Малий Фонтан (бетон)	527,47	-	-	1,10	2,67	4,43	-	2,00	537,67
Мис Малий Фонтан (стулки мідій)	370,05	-	0,17	0,11	0,68	49,92	-	1,00	421,93
Пляж «Аркадія» (бетон)	292,67	2,13	0,53	2,27	10,13	24,92	-	3,20	335,85
Осінь									
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	3 768,44	-	0,54	2,53	0,53	304,18	-	5,60	4 081,82
Чорноморський яхт-клуб (стулки мідій)	883,19	0,11	0,22	2,57	3,13	51,88	-	5,14	946,24
Пляж «Дельфін» (бетон)	1 225,07	-	-	1,60	1,47	50,78	-	2,80	1 281,72
Пляж «Дельфін» (черепашник)	1 113,08	-	-	1,20	1,60	48,83	-	2,80	1 167,51
Мис Малий Фонтан (бетон)	1 424,93	-	0,13	1,87	0,93	76,79	-	3,10	1 507,75
Мис Малий Фонтан (стулки мідій)	457,03	-	-	0,51	0,62	34,00	-	1,41	493,57
Пляж «Аркадія» (бетон)	1 527,74	0,27	0,13	0,67	1,33	377,77	0,13	6,00	1 914,04

Таблиця 14 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу піщаних субстратів у водному масиві CW5 у 2025 році

Місце відбору проб	Класи водоростей								Всього
	Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	N/A K (Chromista)	
Літо									
Чорноморський яхт-клуб	10 795,02	3,14	5,64	17,51	2,50	962,73	-	13,15	11 799,69
Пляж «Дельфін»	1 954,94	-	5,62	6,24	10,00	127,06	1,26	17,52	2 122,64
Мис Малий Фонтан	1 660,09	0,62	4,40	13,11	14,39	20,02	2,50	21,92	1 737,05
Пляж «Аркадія»	622,23	-	4,38	2,00	8,13	28,81	-	9,39	674,94
Осінь									
Чорноморський яхт-клуб	5 495,80	0,62	21,26	17,54	11,28	1 509,16	-	36,34	7 092,00
Пляж «Дельфін»	1 619,32	-	6,24	5,64	7,52	57,64	2,50	10,00	1 708,86
Мис Малий Фонтан	1 611,16	-	3,12	5,00	5,00	24,42	-	13,16	1 661,86
Пляж «Аркадія»	2 361,30	0,62	18,14	11,28	4,38	62,62	1,88	15,66	2 475,88

Таблиця 15 – Біомаса (мг · м⁻²) мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 у 2025 році

Місце відбору проб	Класи водоростей								Всього
	Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Soccolithophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	N/A K (Chromista)	
Літо									
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	97,64	-	-	0,14	0,05	206,70	-	0,22	304,75
Чорноморський яхт-клуб (стулки мідій)	67,49	-	0,68	0,05	0,07	147,85	-	0,13	216,27
Пляж «Дельфін» (бетон)	30,17	-	0,09	0,04	0,10	28,75	-	0,17	59,32
Пляж «Дельфін» (черепашник)	41,79	-	0,50	0,05	0,10	75,20	0,06	0,14	117,84
Мис Малий Фонтан (бетон)	15,05	-	-	0,10	0,17	7,30	-	0,13	22,75
Мис Малий Фонтан (стулки мідій)	9,52	-	1,26	0,01	0,04	104,79	-	0,07	115,69
Пляж «Аркадія» (бетон)	7,94	3,66	2,18	0,21	0,72	125,84	-	0,21	140,76
Осінь									
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	224,55	-	6,04	0,24	0,03	392,21	-	0,37	623,44
Чорноморський яхт-клуб (стулки мідій)	20,87	0,12	0,41	0,24	0,20	69,53	-	0,34	91,71
Пляж «Дельфін» (бетон)	34,33	-	-	0,15	0,10	35,99	-	0,18	70,75
Пляж «Дельфін» (черепашник)	147,89	-	-	0,11	0,10	61,86	-	0,18	210,14
Мис Малий Фонтан (бетон)	67,13	-	0,41	0,18	0,06	239,53	-	0,20	307,51
Мис Малий Фонтан (стулки мідій)	28,56	-	-	0,05	0,04	113,40	-	0,09	142,14
Пляж «Аркадія» (бетон)	43,42	0,28	0,09	0,06	0,15	416,73	0,03	0,39	461,15

Таблиця 16 – Біомаса (мг · м⁻²) мікрофітобентосу піщаних субстратів у водному масиві CW5 у 2025 році

Місце відбору проб	Класи водоростей								
	Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	N/A K (Chromista)	Всього
Літо									
Чорноморський яхт-клуб	699,98	4,83	43,19	1,65	0,16	2 733,74	-	0,86	3 484,41
Пляж «Дельфін»	25,17	-	12,32	0,59	0,65	209,11	0,32	1,15	249,31
Мис Малий Фонтан	13,40	5,84	14,85	1,24	3,03	18,74	0,63	1,43	59,16
Пляж «Аркадія»	2,86	-	29,15	0,19	0,53	39,01	-	0,61	72,35
Осінь									
Чорноморський яхт-клуб	552,07	0,58	233,47	1,65	0,74	4 071,19	-	2,38	4 862,08
Пляж «Дельфін»	15,94	-	11,09	0,54	0,49	38,09	0,63	0,66	67,44
Мис Малий Фонтан	9,54	-	5,82	0,47	0,33	29,96	-	0,86	46,98
Пляж «Аркадія»	24,04	0,70	112,52	1,06	0,57	230,07	0,47	1,00	370,43

Максимальні показники біомаси на всіх досліджених субстратах нинішнього року спостерігалися в акваторії яхт-клубу.

За отриманими показниками біомаси мікрофітобентосу як на твердих, так і на піщаних субстратах (відповідно до характеристики трофності водних об'єктів України [50]), докільля більшості досліджених ділянок ПЗЧМ впродовж 2025 року належало, переважно, до класів «оліготрофне» та «мезотрофне». Лише на піщаних ґрунтах в акваторії Чорноморського яхт-клубу воно і влітку, і восени належало до класу «евтрофне».

Отже, впродовж 2025 року в досліджених морських ділянках водного масиву CW5 спостерігалися помірні систематичні та кількісні показники розвитку мікрофітобентосу. Його видовий склад на різних субстратах тут формували, здебільшого, полі- та мезогалобні і β -мезосапробні діатомеї. Рідше спостерігалися β -о-мезосапробні та олігосапробні ціанопрокаріоти і β -мезосапробні дінофітові водорості. Більш інтенсивний розвиток видів α -мезосапробів був притаманний антропогенізованій акваторії Чорноморського яхт-клубу.

5.2 Оцінка екологічного стану докільля у водному масиві CW5 за трофністю та сапробністю донних мікрководоростей

У 2025 році була проведена оцінка екологічного стану докільля водного масиву CW5 за шкалами та класами трофності [50] та сапробності [17] по показниках загальної чисельності клітин водоростей (див. табл. 13) та кількості видів α -мезосапробів (див. рис. 12 (а)) в угрупованнях мікрофітобентосу твердих субстратів, як індикаторних характеристик відгуків цих чутливих організмів-моніторів на умови мешкання у різних досліджених ділянках ПЗЧМ (табл. 17-18).

За показниками загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів досліджені морські акваторії були, здебільшого, мезотрофними, що цілком відповідає «доброму» екологічному стану вод.

Таблиця 17 – Оцінка екологічного стану довкілля у водному масиві CW5 у 2025 році за шкалою та класами трофності [77] за чисельністю 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)	Погааний (bad)
Місце відбору проб	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Класи трофності	Оліготрофний	Мезотрофний	Евтрофний	Політрофний	Гіпертрофний
	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
Чорноморський яхт-клуб (бетонний пірс)	Літо		2,43·10 ³			
	Осінь		4,08·10 ³			
Чорноморський яхт-клуб (мідії з бетонного пірсу)	Літо		1,69·10 ³			
	Осінь		0,95·10 ³			
Пляж «Дельфін» (бетонний пірс)	Літо		0,85·10 ³			
	Осінь		1,28·10 ³			
Пляж «Дельфін» (черепашник)	Літо		0,65·10 ³			
	Осінь		1,17·10 ³			
Мис М. Фонтан (бетонний пірс)	Літо		0,53·10 ³			
	Осінь		1,51·10 ³			
Мис М. Фонтан (мідії з бетонного пірсу)	Літо	0,42·10 ³				
	Осінь	0,49·10 ³				
Пляж «Аркадія» (бетонний пірс)	Літо	0,34·10 ³				
	Осінь		1,91·10 ³			

Виняток становили низькі чисельності мікрофітів впродовж року на мідіях біля мису Малий Фонтан та влітку на бетоні пляжу «Аркадія», де екологічний стан довкілля водного масиву CW5 відповідав класу «відмінний». Восени на пляжі «Аркадія» вона зростає в 5,6 рази, і стан довкілля тут змінився на «добрий».

Таблиця 18 – Оцінка екологічного стану довкілля у водному масиві CW5 у 2025 році за шкалою та рівнем сапробності [21] за кількістю видів α -мезосапробів у мікрофітобентосі твердих субстратів

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
	Рівень сапробності	Олігосапробний	β -мезосапробний	α -мезосапробний	Полісапробний	Гіперсапробний
	Кількість α -мезосапробних видів, од.	0,0-1,0	2,0-4,0	5,0-7,0	8,0-10,0	$\geq 11,0$
Чорноморський яхт-клуб (бетонний пірс)	Літо			5		
	Осінь		4			
Чорноморський яхт-клуб (мідії з бетонного пірсу)	Літо			7		
	Осінь		4			
Пляж «Дельфін» (бетонний пірс)	Літо		2			
	Осінь	1				
Пляж «Дельфін» (черепашник)	Літо		3			
	Осінь		2			
Мис М. Фонтан (бетонний пірс)	Літо	0				
	Осінь	0				
Мис М. Фонтан (мідії з бетонного пірсу)	Літо	1				
	Осінь		3			
Пляж «Аркадія» (бетонний пірс)	Літо		2			
	Осінь			5		

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 водного масиву CW5.

За вмістом α -мезосапробів на твердих субстратах у 2025 році досліджені морські ділянки, здебільшого, були β - і α -мезосапробних рівнів (див. рис. 12 (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 знижувався у більшості досліджених морських ділянок, за винятком акваторії пляжу «Аркадія» (на бетоні) та прибережжя мису Малий Фонтан (на стулках мідій). Тут впродовж року екологічний стан змінювався з «доброго» на «задовільний» і з «відмінного» на «добрий».

Найвища кількість видів α -мезосапробів (показників значного органічного забруднення) була влітку 2025 року на мідях з пірсу яхт-клубу і там же на самому бетонному пірсі, а також восени на бетоні в акваторії пляжу «Аркадія», що є показником «задовільного» екологічного стану даних акваторій. А всього по 1 представнику цієї екологічної групи було знайдено восени на бетоні в акваторії пляжу «Дельфін» та влітку на мідях в прибережжі мису Малий Фонтан. Вони були відсутні в літній та осінній періоди на бетоні в прибережжі мису Малий Фонтан. Це свідчить про те, що дана ділянка моря залишається умовно чистою акваторією водного масиву CW5.

5.3. Ретроспективна оцінка якості довкілля прибережжя ПЗЧМ за станом мікрофітобентосу

Порівняно з минулим роком в літній та осінній сезони кількість видів бентосних мікрофітів на твердих субстратах у більшості досліджених прибережних акваторій водного масиву CW5 дещо зменшилася за рахунок не тільки діатомових, а ще й синьо-зелених водоростей.

Максимальна кількість видів мікроводоростей була зареєстрована влітку 2023 року на стулках мідій в акваторії Чорноморського яхт-клубу. У 2025 році вона тут була в 1,7 рази меншою (табл. 19).

Таблиця 19 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 в літні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей										
		Суанопhyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Dictyochophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	Trebouxiophyceae	N/A K (Chromista)	Всього
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	12	-	2	1	2	-	36	-	-	1	54
	2023	7	-	2	1	1	-	7	-	-	1	19
	2024	8	-	8	1	1	-	27	-	-	1	46
	2025	7	-	-	1	1	-	27	-	-	1	37
Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу)	2023	15	-	4	1	3	-	44	3	-	1	71
	2024	5	-	3	1	2	-	28	1	-	1	41
	2025	7	-	1	1	1	-	32	-	-	1	43
Пляж «Дельфін» (бетон)	2021	10	1	2	1	1	-	14	1	-	1	31
	2024	6	-	4	1	1	-	32	1	-	1	46
	2025	7	-	1	1	1	-	8	-	-	1	19
Пляж «Дельфін» (черепашник)	2021	9	-	2	1	-	-	9	1	-	1	23
	2025	6	-	1	1	1	-	19	1	-	1	30
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	7	-	2	1	1	-	3	-	-	1	15
	2023	11	-	2	1	1	-	3	-	-	1	19
	2024	9	-	4	1	2	-	14	1	-	1	32
	2025	5	-	-	1	1	-	5	-	-	1	13
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	7	-	2	1	1	-	44	1	-	1	57
	2023	16	-	2	1	3	-	41	1	-	1	65
	2024	6	-	2	1	1	-	28	1	-	1	40
	2025	5	-	2	1	1	-	23	-	-	1	33
Пляж «Аркадія» (бетон)	2021	9	1	1	1	1	-	22	1	-	1	37
	2024	7	-	9	1	1	-	15	-	-	1	34
	2025	5	2	3	1	2	-	14	-	-	1	28

Восени максимальна кількість видів мікрофітів була знайдена у 2022 році на бетоні також в акваторії яхт-клубу. Впродовж наступних років вона зменшилась в 1,7 рази, а на мідіях тут вона була в 1,6 рази нижчою, ніж у 2024 році (табл. 20).

Таблиця 20 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 в осінні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей								Всього
		Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	N/A K (Chromista)	
Чорноморський яхт-клуб (бетон)	2022	10	-	3	1	1	65	-	1	81
	2023	12	-	2	1	1	16	-	1	33
	2024	11	1	2	1	1	12	-	1	29
	2025	10	-	2	1	1	31	-	1	46
Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу)	2023	16	-	3	1	3	42	1	1	67
	2024	11	-	6	1	1	36	-	1	56
	2025	6	1	1	1	1	31	-	1	42
Пляж «Дельфін» (бетон)	2021	8	-	5	-	1	42	1	1	58
	2025	5	-	-	1	1	21	-	1	29
Пляж «Дельфін» (черепашиник)	2021	8	-	4	1	1	11	-	1	26
	2024	7	1	2	1	1	19	-	1	32
	2025	8	-	-	1	1	18	-	1	29
Мис Малий Фонтан (бетон)	2021	10	-	3	1	1	23	1	1	40
	2023	11	-	1	1	2	9	-	1	25
	2024	11	-	1	1	1	10	-	1	25
	2025	8	-	1	1	1	16	-	1	28
Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	2021	8	-	7	1	1	50	1	1	69
	2023	11	-	4	1	3	31	-	1	51
	2024	12	-	6	1	2	36	-	2	59
	2025	8	-	-	1	1	40	-	1	51
Пляж «Аркадія» (бетон)	2021	9	-	4	1	1	22	-	1	38
	2023	10	-	2	1	2	20	-	1	36
	2024	10	-	3	1	1	12	-	1	28
	2025	6	1	1	1	1	30	1	1	43

Така ж ситуація спостерігалася у водному масиві CW5 і влітку на пухких ґрунтах. Найбільше видів мікрофітів було в 2022 році на мулистому субстраті в акваторії Одеського порту, дещо менше – на піску в яхт-клубі, де у 2025 році їхня кількість скоротилася в 1,5 рази порівняно з минулорічними показниками (табл. 21).

Таблиця 21 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу пухких субстратів у водних масивах CW5 та CW6 в літні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей										Всього
		Суанопhyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Dictyochophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	Trebouxiophyceae	N/A K (Chromista)	
Одеський порт, CW6 (мул)	2022	11	-	3	1	2	1	74	5	1	1	99
Чорноморський яхт-клуб, CW5 (пісок)	2022	11	1	8	1	2	-	57	1	-	1	82
	2023	10	1	2	1	1	-	35	1	1	1	53
	2024	9	1	5	1	2	-	53	-	1	1	73
	2025	9	1	4	1	1	-	32	-	-	1	49
Пляж «Дельфін», CW5 (пісок)	2021	4	1	1	1	1	-	29	1	-	1	39
	2024	6	-	4	1	1	-	35	-	-	1	48
	2025	5	-	2	1	1	-	20	1	-	1	31
Мис Малий Фонтан, CW5 (пісок)	2021	2	-	-	1	1	-	11	-	-	1	16
	2023	6	1	1	1	2	-	8	1	-	1	21
	2024	3	-	3	1	2	-	6	-	-	1	16
	2025	2	1	4	1	2	-	7	1	-	1	19
Пляж «Аркадія», CW5 (пісок)	2021	3	1	2	1	1	-	17	-	-	1	26
	2024	4	1	3	1	2	-	11	1	-	1	24
	2025	2	-	4	1	1	-	11	-	-	1	20

А восени тут кількість знайдених видів мікрофітів, навпаки, зросла в 1,5-1,8 рази порівняно з минулим 2024 роком, здебільшого, також внаслідок розвитку не тільки діатомей, а ще й ціанопрокаріот (табл. 22).

Таблиця 22 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу пухких субстратів у водному масиві CW5 в осінні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей								Всього
		Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	N/A K (Chromista)	
Чорноморський яхт-клуб (пісок)	2022	9	1	7	1	1	58	1	1	79
	2023	13	1	9	1	3	41	1	1	70
	2024	4	-	7	1	2	27	-	1	42
	2025	10	1	10	1	1	50	1	1	74
Пляж «Дельфін» (пісок)	2021	3	1	3	1	1	30	1	1	41
	2024	6	-	5	1	1	23	-	1	37
	2025	3	-	3	1	1	14	1	1	24
Мис Малий Фонтан (пісок)	2021	4	-	4	1	2	12	1	1	25
	2023	5	-	2	1	1	17	-	1	27
	2024	2	-	4	1	1	7	-	1	16
	2025	5	-	4	1	1	12	-	1	24
Пляж «Аркадія» (пісок)	2021	8	-	5	1	2	20	1	1	38
	2023	3	-	5	1	2	15	-	1	27
	2024	2	-	6	1	1	5	-	1	16
	2025	6	1	8	1	2	24	1	1	44

Впродовж 2021-2025 років у складі мікрофітобентосу прибережжя ПЗЧМ повсюдно переважали полі- та мезогалоби. Найбільше полігалобів було влітку 2021 року на твердих субстратах (на мідях) у прибережжі мису Малий Фонтан (рис. 13) і восени 2022 року на бетоні в акваторії Чорноморського яхт-клубу (рис. 14). Влітку на пухких субстратах їх було найбільше в 2022 році на мулі в акваторії Одеського порту і на піску в Чорноморському яхт-клубі (рис. 15 (а)). Восени 2025 року вона була максимальною на піску в акваторії яхт-клубу (рис. 15 (б)). Їхня кількість на всіх досліджених субстратах повсюдно зменшувалась у 2023 році (внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС), а у 2024-2025 – навпаки, зростала. Водночас, в 2023 році на більшості досліджених акваторій вміст галофілів та індіферентів

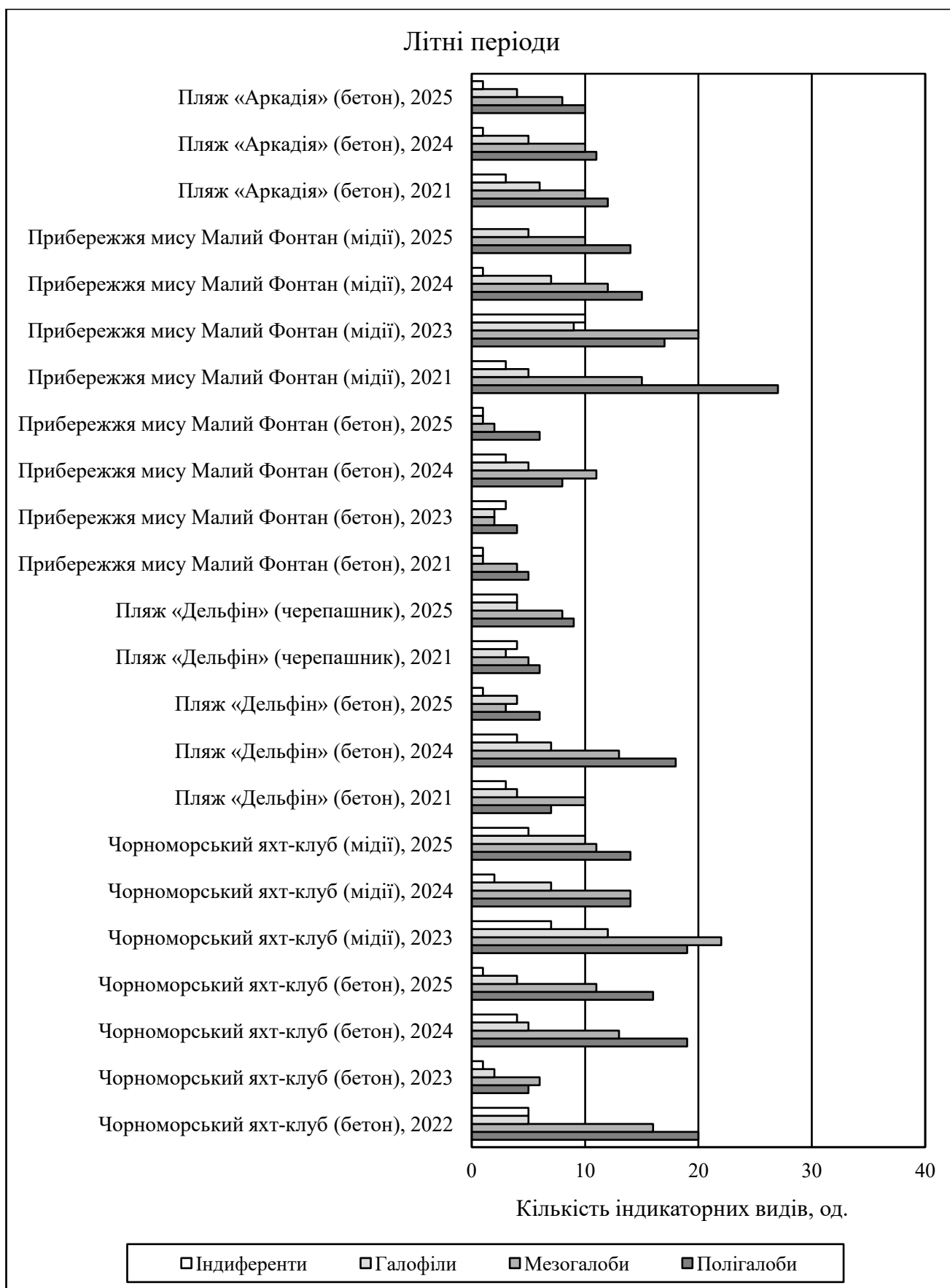


Рисунок 13 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу твердих субстратів водного масиву CW5 у літні періоди 2021-2025 років

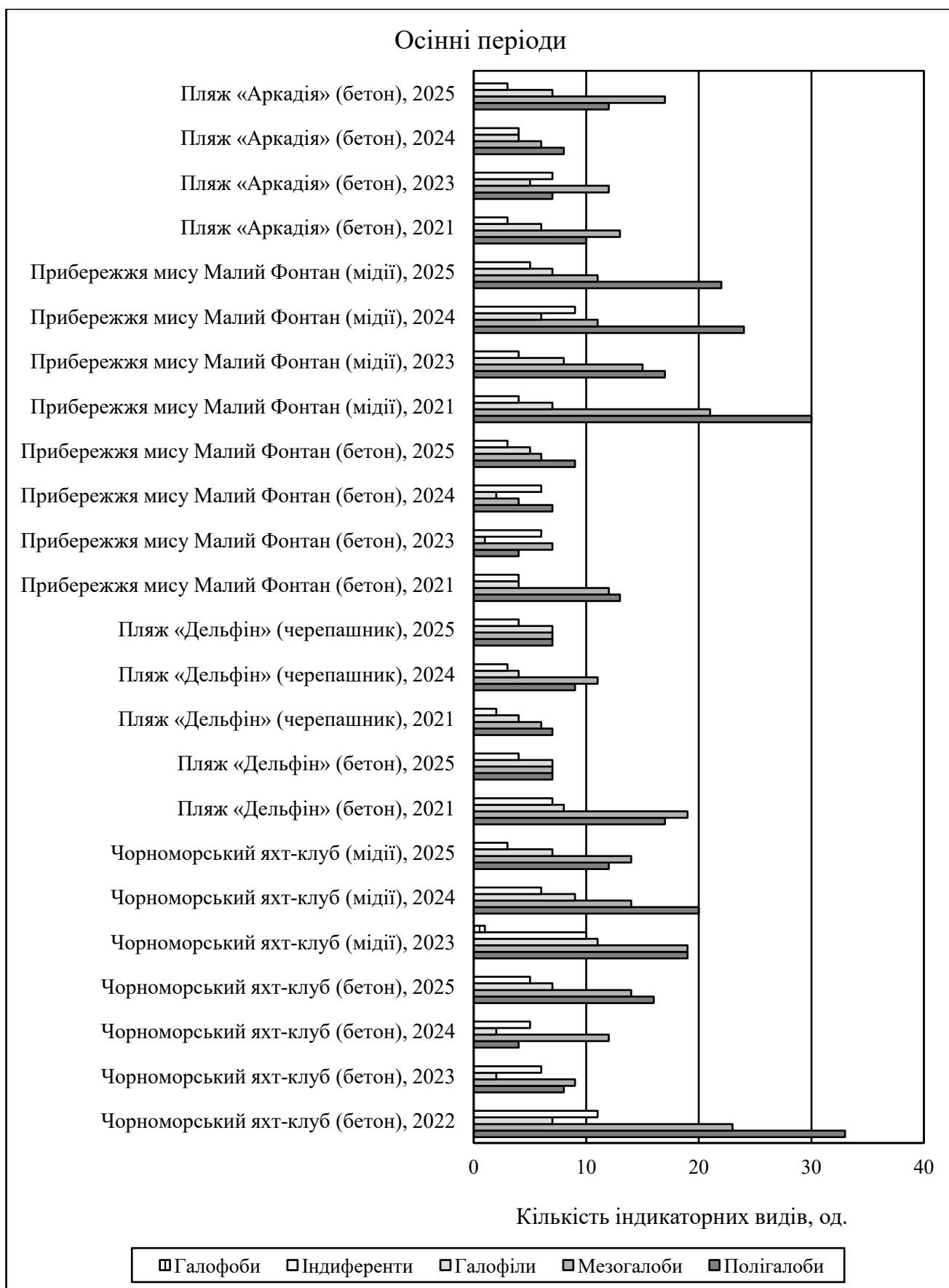
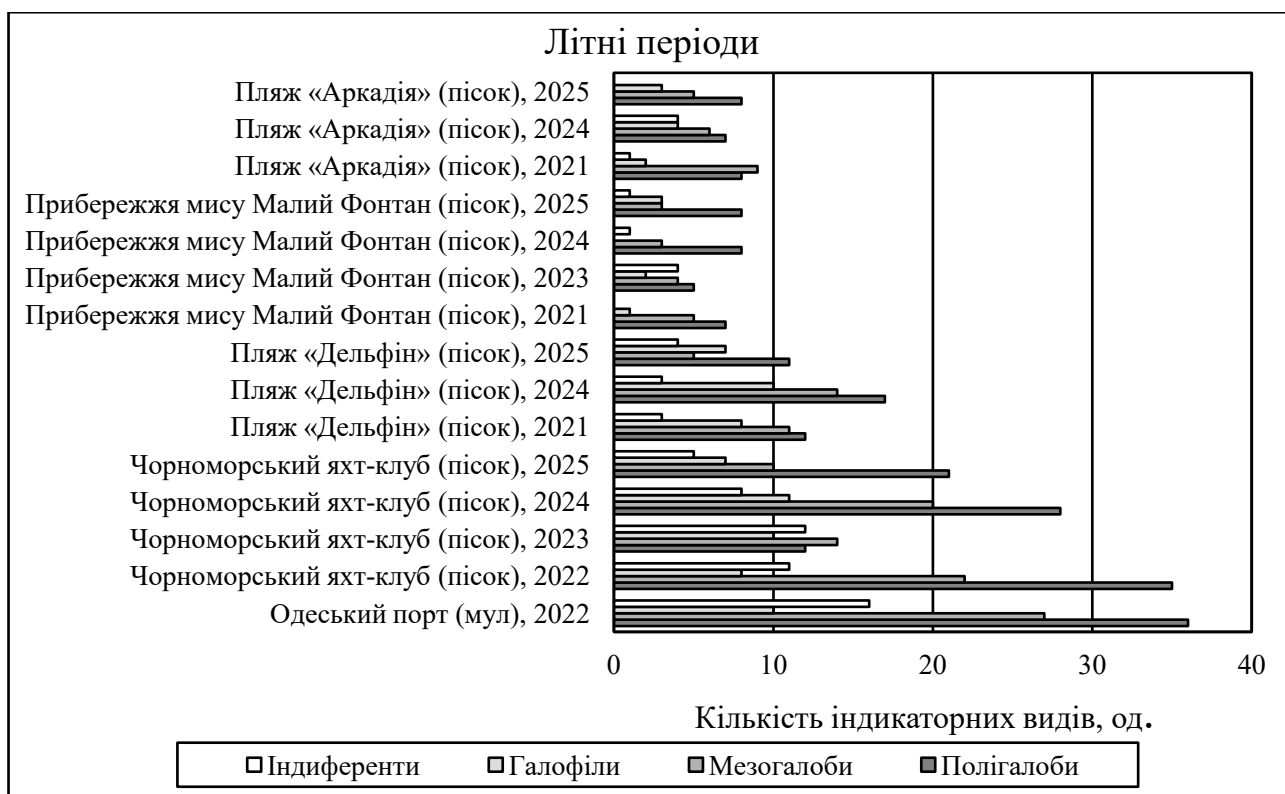
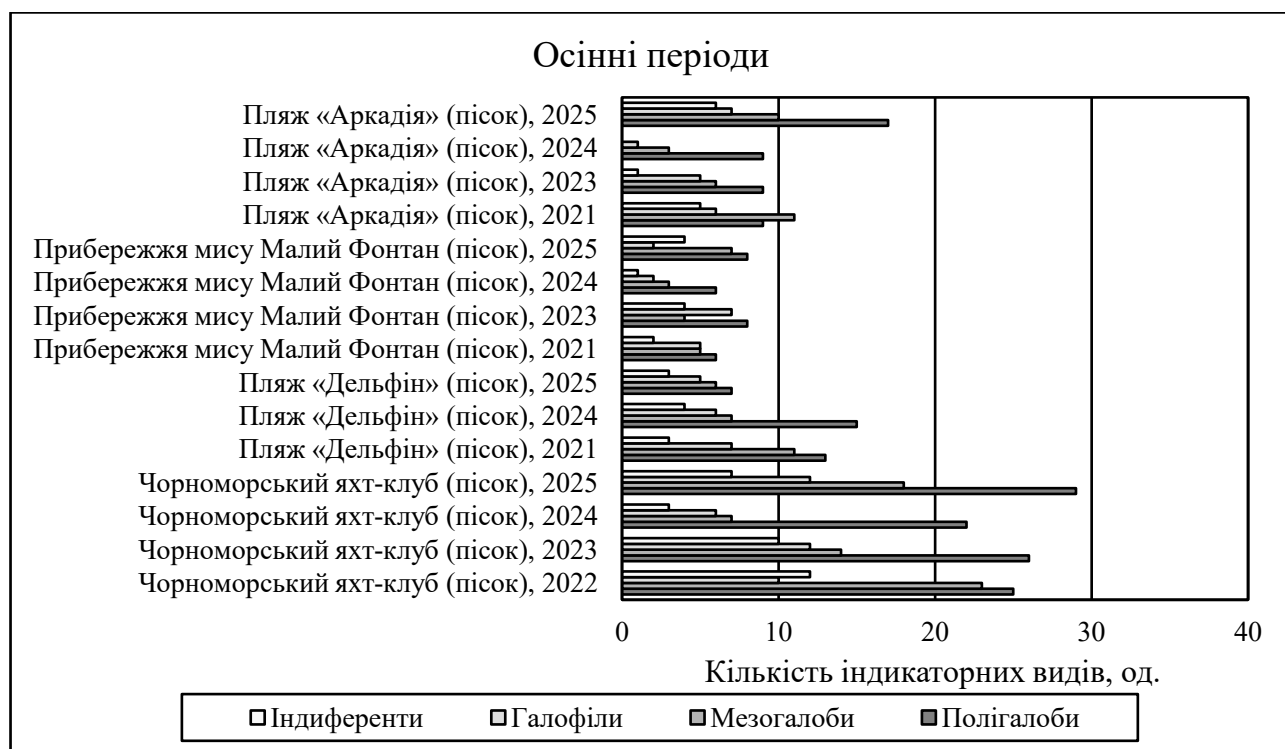


Рисунок 14 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу твердих субстратів водного масиву CW5 в осінні періоди 2021-2025 років



а)



б)

Рисунок 15 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу пухких субстратів водних масивів CW5 та CW6 в літні (а) та осінні (б) періоди 2021-2025 років

зріс порівняно з 2021 та 2022 роками. А у 2024-2025 роках сталося деяке зменшення кількості олігогалобних видів (тобто, саме галофілів та індіферентів як показників опріснення води).

У сапробіонтному складі мікрофітобентосу досліджених акваторій повсюдно переважали β -мезосапроби. Вони були відсутні лише влітку 2023 року на бетоні біля мису Малий Фонтан (рис. 16). Максимальна кількість сапробіонтів, зокрема α -мезосапробів, була знайдена в цей час в акваторії Чорноморського яхт-клубу на стулках мідій, а восени 2025 року – там же на бетоні (рис. 17). На пухких субстратах найбільше сапробіонтів було влітку 2022 року на мулистому ґрунті в акваторії Одеського порту (рис. 18 (а)), а восени того ж року – на піску в Чорноморському яхт-клубі (рис. 18 (б)). Впродовж 2024-2025 років вміст сапробіонтів майже повсюдно суттєво зменшився.

Мінімальна кількість сапробіонтів за відсутності α -мезосапробів була притаманна угрупованням водоростей мікрофітобентосу прибережжя мису Малий Фонтан у 2024-2025 роках (на бетоні та на піску), як у літні, так і в осінні періоди досліджень.

Порівняно з минулим роком улітку показники чисельності мікрофітів на твердих субстратах були в 1,2-2,3 (табл. 23), а восени – в 2,5-2,9 рази меншими (табл. 24). Влітку 2025 року на піску в акваторії Чорноморського яхт-клубу чисельність мікрководоростей була в 2,6 рази вищою, ніж торік, тоді як в інших ділянках моря вона зменшувалась (табл. 25). Восени на піску, навпаки, чисельність мікрофітів в 1,4-2,3 рази перевищувала минулорічні результати досліджень (табл. 26).

У порівнянні з попереднім роком біомаса мікрофітів на твердих ґрунтах в літній сезон 2025 року скоротилася в 3,1-7,5 (табл. 27), а в осінній – в 2,6-7,6 рази (табл. 28). На піску вона була в 1,2-2,7 меншою улітку (табл. 29), а восени, навпаки, в 1,7-7,5 рази вищою, ніж минулоріч (табл. 30).

У 2025 році, порівняно з 2024, суттєво зменшилися систематичні показники розвитку мікрофітобентосу, зокрема, за рахунок діатомей, ціанопротистів та зелених водоростей. Водночас, кількість видів евгленових та дінофітових дещо

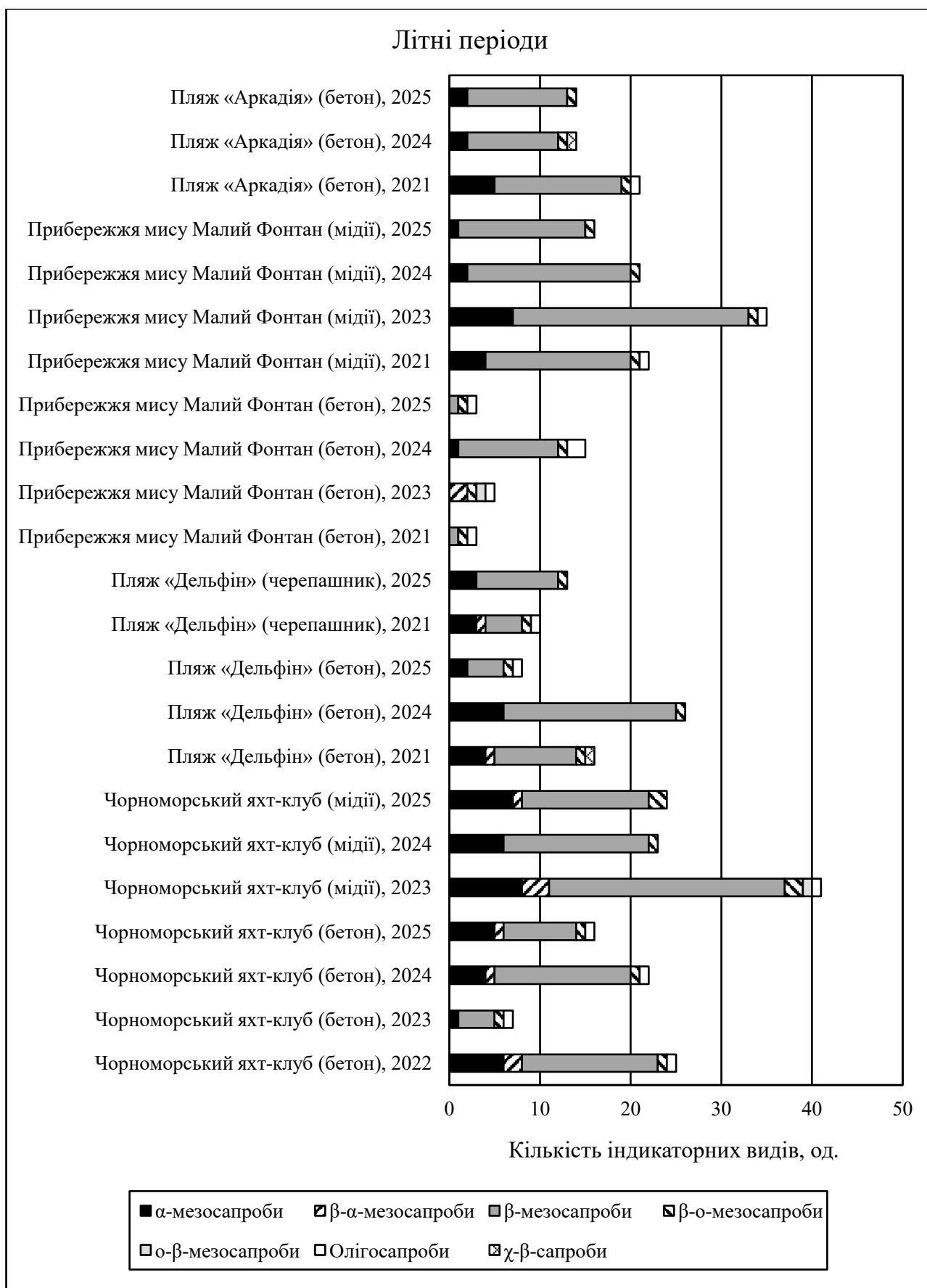


Рисунок 16 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу твердих субстратів водного масиву CW5 у літні періоди 2021-2025 років

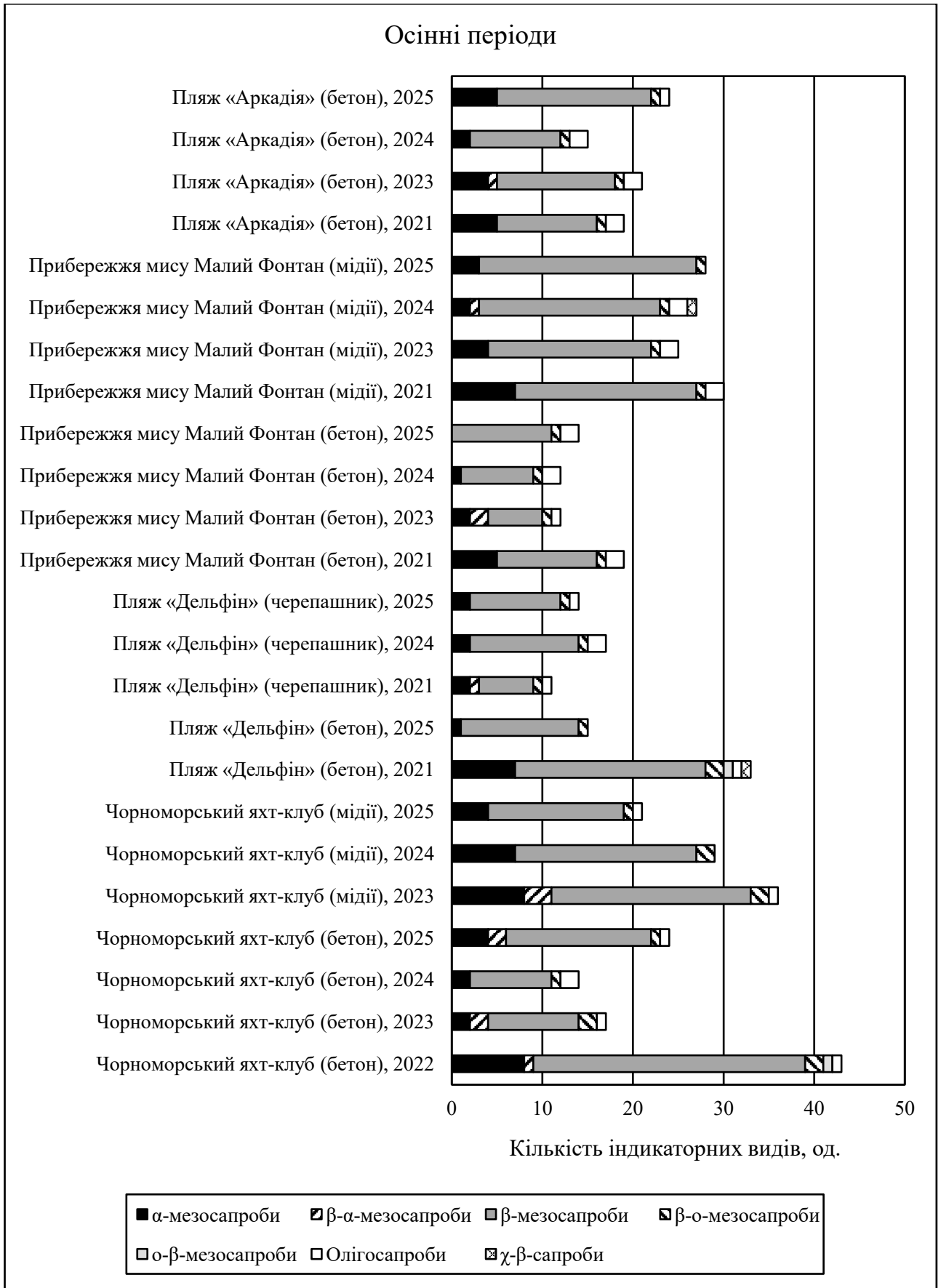


Рисунок 17 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу твердих субстратів водного масиву CW5 в осінні періоди 2021-2025 років

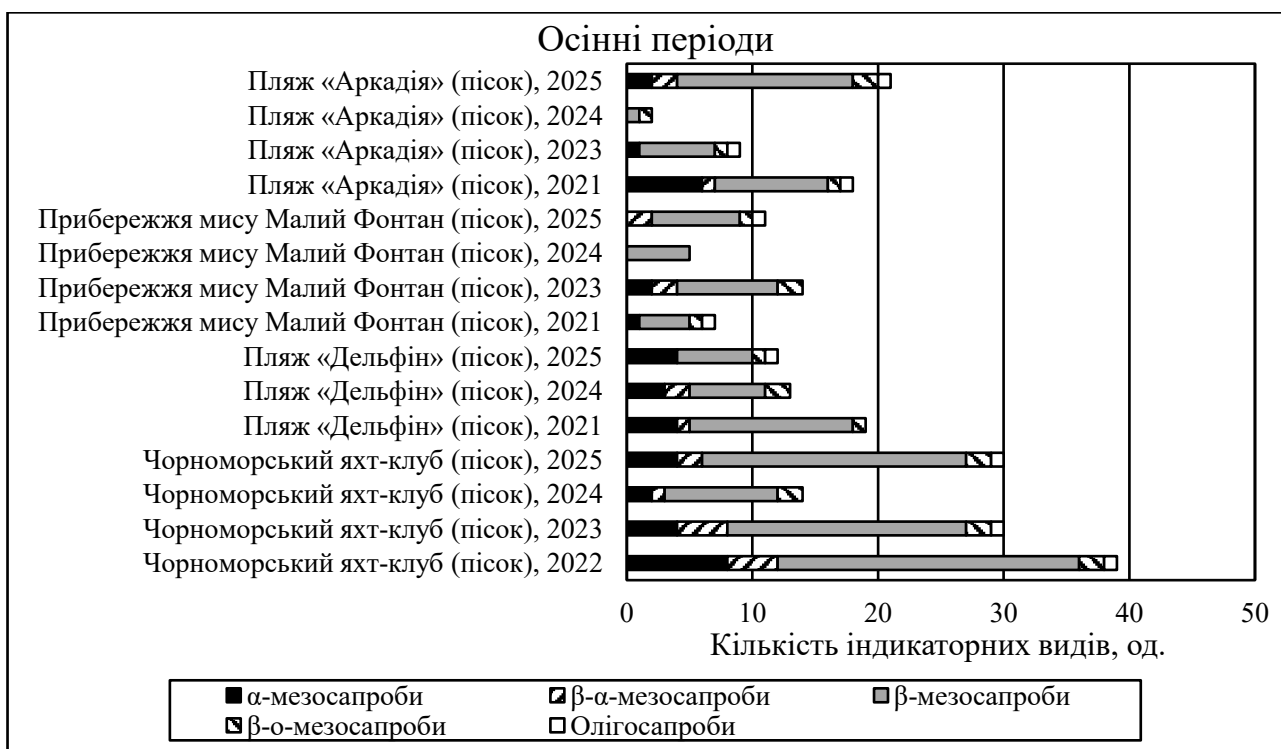
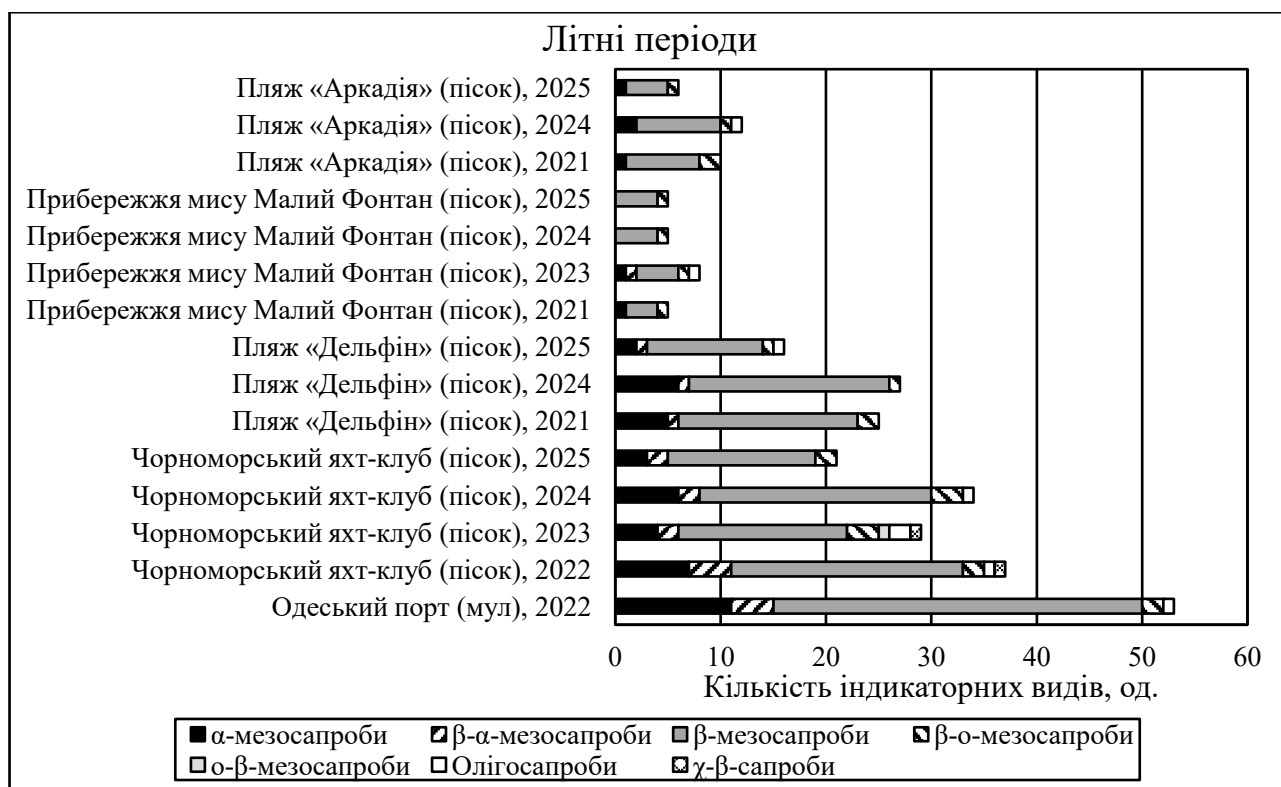


Рисунок 18 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу пухких субстратів водних масивів CW5 та CW6 в літні (а) та осінні (б) періоди 2021-2025 років

Таблиця 23 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 у літні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей										Всього
		Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Dictyochophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	Trebouxiophyceae	N/A K (Chromista)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
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
	2024	1 619,50	-	4,26	3,33	2,67	-	102,22	-	-	6,00	1 738,58
	2025	2 389,50	-	-	1,47	0,80	-	39,04	-	-	3,33	2 434,03
Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу)	2023	1 826,84	-	1,08	0,54	2,41	-	147,59	6,20	-	4,24	1 988,90
	2024	399,53	-	2,20	0,77	1,48	-	63,09	0,09	-	1,63	468,79
	2025	1 645,82	-	0,09	0,55	1,10	-	44,60	-	-	2,00	1 694,16
Пляж «Дельфін» (бетон)	2021	5 631,07	0,13	0,26	1,33	0,53	-	82,18	0,27	-	2,13	5 717,90
	2024	650,54	-	1,89	0,13	2,00	-	349,62	0,13	-	3,10	1 007,41
	2025	835,73	-	0,27	0,40	1,47	-	5,86	-	-	2,67	846,40

Кінець таблиці 23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Пляж «Дельфін» (черепашник)	2021	1 725,34	-	0,26	0,27	-	-	18,40	0,13	-	1,73	1 746,13
	2025	600,93	-	0,27	0,53	1,60	-	41,74	0,27	-	2,13	647,47
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
	2024	3 029,07	-	0,93	0,93	2,00	-	284,78	0,53	-	3,47	3 321,71
	2025	527,47	-	-	1,10	2,67	-	4,43	-	-	2,00	537,67
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
	2024	318,19	-	2,00	0,40	1,62	-	21,56	0,10	-	1,67	345,54
	2025	370,05	-	0,17	0,11	0,68	-	49,92	-	-	1,00	421,93
Пляж «Аркадія» (бетон)	2021	7 448,00	0,27	0,40	0,13	1,20	-	33,67	0,27	-	3,10	7 487,04
	2024	5 489,86	-	2,25	0,67	1,33	-	18,66	-	-	2,27	5 515,04
	2025	292,67	2,13	0,53	2,27	10,13	-	24,92	-	-	3,20	335,85

Таблиця 24 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5
в осінні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей								Всього
		Суанophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Soccolithophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	N/A K (Chromista)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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
	2024	10 075,56	0,13	0,93	0,40	2,13	37,20	-	5,10	10 121,45
	2025	3 768,44	-	0,54	2,53	0,53	304,18	-	5,60	4 081,82
Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу)	2023	1 510,74	-	1,75	0,19	3,41	128,30	0,09	2,58	1 647,06
	2024	1 249,36	-	1,47	1,16	1,62	186,47	-	7,50	1 447,58
	2025	883,19	0,11	0,22	2,57	3,13	51,88	-	5,14	946,24
Пляж «Дельфін» (бетон)	2021	8 275,59	-	0,65	-	0,53	721,44	0,13	4,27	9 002,61
	2025	1 225,07	-	-	1,60	1,47	50,78	-	2,80	1 281,72

Кінець таблиці 24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пляж «Дельфін» (черепашник)	2021	1 523,74	-	1,46	1,10	0,53	9,75	-	7,10	1 543,68
	2024	1 434,96	0,13	4,00	0,53	1,47	967,86	-	4,13	2 413,08
	2025	1 113,08	-	-	1,20	1,60	48,83	-	2,80	1 167,51
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
	2024	4 477,48	-	0,13	0,80	2,13	89,74	-	3,60	4 573,88
	2025	1 424,93	-	0,13	1,87	0,93	76,79	-	3,10	1 507,75
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
	2024	1 735,15	-	0,91	2,30	2,03	173,05	-	8,59	1 922,03
	2025	457,03	-	-	0,51	0,62	34,00	-	1,41	493,57
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
	2024	9 863,17	-	3,90	0,93	4,13	5,72	-	4,27	9 882,12
	2025	1 527,74	0,27	0,13	0,67	1,33	377,77	0,13	6,00	1 914,04

Таблиця 25 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу пухких субстратів у водних масивах CW5 та CW6 в літні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей										Всього
		Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Dictyochophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	Trebouxiophyceae	N/A K (Chromista)	
Одеський порт, CW6 (мул)	2022	8 046,33	-	3,74	19,40	18,13	0,62	949,57	446,28	7,51	76,38	9 567,96
Чорноморський яхт-клуб, CW5 (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	2,50	3,14	13,77	7 681,94
	2024	2 646,06	21,92	9,38	16,90	16,90	-	1 824,04	-	2,50	46,33	4 584,03
	2025	10 795,02	3,14	5,64	17,51	2,50	-	962,73	-	-	13,15	11 799,69
Пляж «Дельфін», CW5 (пісок)	2021	1 894,84	3,14	1,24	6,90	2,50	-	182,09	1,26	-	13,15	2 105,12
	2024	2 828,11	-	10,66	8,13	11,89	-	859,52	-	-	18,16	3 736,47
	2025	1 954,94	-	5,62	6,24	10,00	-	127,06	1,26	-	17,52	2 122,64
Мис Малий Фонтан, CW5 (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
	2024	1 549,27	-	3,14	4,38	8,13	-	15,03	-	-	8,77	1 588,72
	2025	1 660,09	0,62	4,40	13,11	14,39	-	20,02	2,50	-	21,92	1 737,05
Пляж «Аркадія», CW5 (пісок)	2021	1 404,71	3,76	12,50	9,40	4,38	-	82,63	-	-	10,00	1 527,38
	2024	1 915,75	0,62	5,64	6,89	4,40	-	35,01	0,62	-	11,27	1 980,20
	2025	622,23	-	4,38	2,00	8,13	-	28,81	-	-	9,39	674,94

Таблиця 26 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу пухких субстратів у водному масиві CW5
в осінні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей								
		Суано- phyceae	Eugleno- phyceae	Dino- phyceae	Crypto- phyceae	Coccolitho- phyceae	Bacillario- phyceae	Chloro- phyceae	N/A K (Chromista)	Всього
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
	2024	2 742,54	-	36,94	7,51	11,91	241,59	-	13,77	3 054,26
	2025	5 495,80	0,62	21,26	17,54	11,28	1 509,16	-	36,34	7 092,00
Пляж «Дельфін» (пісок)	2021	2 466,35	0,62	6,88	2,50	0,62	72,00	0,62	16,28	2 565,87
	2024	2 542,07	-	26,27	2,50	5,63	108,95	-	8,77	2 694,19
	2025	1 619,32	-	6,24	5,64	7,52	57,64	2,50	10,00	1 708,86
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
	2024	1 256,96	-	5,00	3,76	7,51	10,62	-	10,65	1 294,50
	2025	1 611,16	-	3,12	5,00	5,00	24,42	-	13,16	1 661,86
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
	2024	1 173,71	-	8,14	8,77	5,00	6,88	-	10,00	1 212,50
	2025	2 361,30	0,62	18,14	11,28	4,38	62,62	1,88	15,66	2 475,88

Таблиця 27 – Біомаса ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$) мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 у літні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей										Всього
		Cyanophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Dictyochophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	Trebouxiophyceae	N/A K (Chromista)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
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
	2024	77,67	-	44,31	0,31	0,17	-	235,20	-	-	0,39	358,05
	2025	97,64	-	-	0,14	0,05	-	206,70	-	-	0,22	304,75
Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу)	2023	93,64	-	8,58	0,05	0,30	-	367,42	1,74	-	0,28	472,01
	2024	7,44	-	15,67	0,07	0,27	-	114,91	0,03	-	0,11	138,50
	2025	67,49	-	0,68	0,05	0,07	-	147,85	-	-	0,13	216,27
Пляж «Дельфін» (бетон)	2021	494,01	0,10	0,29	0,13	0,03	-	1 502,39	0,06	-	0,14	1 997,15
	2024	13,11	-	15,22	0,01	0,13	-	2 251,06	0,03	-	0,20	2 279,76
	2025	30,17	-	0,09	0,04	0,10	-	28,75	-	-	0,17	59,32

Кінець таблиці 27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Пляж «Дельфін» (черепашник)	2021	171,88	-	0,65	0,03	-	-	26,35	0,03	-	0,11	199,05
	2025	41,79	-	0,50	0,05	0,10	-	75,20	0,06	-	0,14	117,84
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
	2024	111,30	-	4,73	0,09	0,66	-	203,68	0,13	-	0,23	320,82
	2025	15,05	-	-	0,10	0,17	-	7,30	-	-	0,13	22,75
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
	2024	9,37	-	0,66	0,04	0,11	-	60,07	0,03	-	0,11	70,39
	2025	9,52	-	1,26	0,01	0,04	-	104,79	-	-	0,07	115,69
Пляж «Аркадія» (бетон)	2021	1 615,80	0,21	0,74	0,01	0,08	-	48,62	0,06	-	0,20	1 665,72
	2024	263,29	-	17,81	0,06	0,09	-	77,34	-	-	0,15	358,74
	2025	7,94	3,66	2,18	0,21	0,72	-	125,84	-	-	0,21	140,76

Таблиця 28 – Біомаса ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$) мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 в осінні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей								Всього
		Суанophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Cryptophyceae	Coccolithophyceae	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	N/A K (Chromista)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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
	2024	1 052,94	0,10	5,22	0,04	0,14	106,48	-	0,33	1 165,25
	2025	224,55	-	6,04	0,24	0,03	392,21	-	0,37	623,44
Чорноморський яхт-клуб (мідії з пірсу)	2023	276,96	-	27,19	0,02	0,66	237,08	0,02	0,17	542,10
	2024	94,64	-	15,09	0,11	0,11	1 165,16	-	0,49	1 275,60
	2025	20,87	0,12	0,41	0,24	0,20	69,53	-	0,34	91,71
Пляж «Дельфін» (бетон)	2021	2 089,98	-	4,94	-	0,03	1 125,32	0,02	0,28	3 220,57
	2025	34,33	-	-	0,15	0,10	35,99	-	0,18	70,75

Кінець таблиці 28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пляж «Дельфін» (черепашник)	2021	83,07	-	4,41	0,10	0,03	4,18	-	0,46	92,25
	2024	1 581,92	-	0,66	0,09	0,27	18,59	-	0,28	1 601,81
	2025	147,89	-	-	0,11	0,10	61,86	-	0,18	210,14
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
	2024	438,51	-	0,78	0,08	0,14	264,12	-	0,24	703,87
	2025	67,13	-	0,41	0,18	0,06	239,53	-	0,20	307,51
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
	2024	202,74	-	4,43	0,22	0,27	1 150,95	-	0,60	1 359,21
	2025	28,56	-	-	0,05	0,04	113,40	-	0,09	142,14
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
	2024	1 581,92	-	0,66	0,09	0,27	18,59	-	0,28	1 601,81
	2025	43,42	0,28	0,09	0,06	0,15	416,73	0,03	0,39	461,15

Таблиця 29 – Біомаса ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$) мікрофітобентосу пухких субстратів у водних масивах CW5 та CW6 у літні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей										Всього
		Cyano- phyceae	Euglenop- hyceae	Dino- phyceae	Crypto- phyceae	Coccolitho- phyceae	Dictyocho- phyceae	Bacillario- phyceae	Chloro- phyceae	Trebouxio- phyceae	N/A K (Chromista)	
Одеський порт, CW6 (мул)	2022	266,02	-	3,54	1,83	4,91	1,22	15 279,31	103,34	0,98	5,00	15 666,15
Чорноморський яхт-клуб, CW5 (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	0,63	0,59	0,90	1 163,38
	2024	78,80	22,91	46,79	1,59	1,61	-	9 087,61	-	1,31	3,00	9 243,62
	2025	699,98	4,83	43,19	1,65	0,16	-	2 733,74	-	-	0,86	3 484,41
Пляж «Дельфін», CW5 (пісок)	2021	36,62	2,80	2,28	0,65	0,16	-	1 013,00	0,30	-	0,86	1 056,67
	2024	54,67	-	49,90	0,77	0,78	-	4 106,72	-	-	1,19	4 214,03
	2025	25,17	-	12,32	0,59	0,65	-	209,11	0,32	-	1,15	249,31
Мис Малий Фонтан, CW5 (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
	2024	10,80	-	12,41	0,41	0,81	-	46,29	-	-	0,57	71,29
	2025	13,40	5,84	14,85	1,24	3,03	-	18,74	0,63	-	1,43	59,16
Пляж «Аркадія», CW5 (пісок)	2021	11,64	5,16	19,27	0,90	0,29	-	90,74	-	-	0,65	128,65
	2024	19,00	0,49	6,22	0,65	0,87	-	36,38	0,16	-	0,74	64,51
	2025	2,86	-	29,15	0,19	0,53	-	39,01	-	-	0,61	72,35

Таблиця 30 – Біомаса ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$) мікрофітобентосу пухких субстратів у водному масиві CW5 в осінні періоди 2021-2025 років

Місце відбору проб	Роки	Класи водоростей								
		Суано- phyceae	Eugleno- phyceae	Dino- phyceae	Crypto- phyceae	Coccolitho- phyceae	Bacillario- phyceae	Chloro- phyceae	N/A K (Chromista)	Всього
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
	2024	51,81	-	224,65	0,71	1,36	572,05	-	0,90	651,48
	2025	552,07	0,58	233,47	1,65	0,74	4 071,19	-	2,38	4 862,08
Пляж «Дельфін» (пісок)	2021	31,12	0,47	15,90	0,24	1,33	166,12	0,15	1,10	216,43
	2024	29,08	-	93,17	0,24	0,37	455,62	-	0,57	579,05
	2025	15,94	-	11,09	0,54	0,49	38,09	0,63	0,66	67,44
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
	2024	8,97	-	8,96	0,35	0,49	8,02	-	0,70	27,49
	2025	9,54	-	5,82	0,47	0,33	29,96	-	0,86	46,98
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
	2024	9,02	-	28,35	0,83	0,33	8,42	-	0,65	47,60
	2025	24,04	0,70	112,52	1,06	0,57	230,07	0,47	1,00	370,43

зросла. Показники чисельності та біомаси мікрофітів на твердих субстратах впродовж 2025 року та на піщаних ґрунтах улітку дещо зменшилися за рахунок синьо-зелених водоростей (відносно минулорічних даних).

У 2021-2025 роках також була проведена оцінка екологічного стану довкілля водного масиву CW5 за шкалами та класами трофності [50] і сапробності [19] по показниках загальної чисельності клітин водоростей (див. табл. 23, 24) та кількості видів α -мезосапробів (див. рис. 16, 17) у мікрофітобентосі твердих субстратів, як індикаторних характеристик відгуків цих чутливих організмів-моніторів на умови мешкання у різних ділянках моря (табл. 31, 32).

Встановлено, що за чисельністю мікрофітобентосу твердих субстратів переважна більшість досліджених акваторій у 2021-2025 роках належала до класу «мезотрофний» і характеризувалася «добрим» екологічним станом.

«Оліготрофний» клас та «відмінний» екологічний стан були відмічені в акваторіях біля Чорноморського яхт-клубу і мису Малий Фонтан за показниками розвитку мікрофітів на стулках мідій у 2024 році, а також впродовж 2025 року на мідіях біля мису Малий Фонтан та влітку на бетоні пляжу «Аркадія», де стан довкілля водного масиву CW5 відповідав класу «відмінний».

Покращення екологічного стану від «задовільного» до «доброго» спостерігалось в осінній період 2024 року на бетоні біля мису Малий Фонтан.

Чисельність мікробіотичних водоростей у 2023 році зростала порівняно з даними 2021-2022 років, що було результатом впливу опріснення та забруднення вод акваторії Чорного моря після руйнування гідровузла Каховської ГЕС внаслідок воєнних дій. Впродовж 2024 і 2025 років зменшилися не тільки чисельність мікрофітів, а й відсоток олігогалобів (галофілів та індіферентів) порівняно з показниками 2023 року (див. табл. 31 та див. рис. 13, 14).

За вмістом α -мезосапробів у переважній більшості досліджених акваторій також спостерігалось підвищення класу сапробності від « α -мезосапробного» до « β -мезосапробного», екологічного стану – від «задовільного» до «доброго», а в акваторії мису Малий Фонтан – і до «олігосапробного» та «відмінного» (див. табл. 32).

Таблиця 31 – Оцінка екологічного стану довкілля водного масиву CW5 за шкалою та класами трофності [77] по загальній чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів у 2021-2025 роках (млрд. кл. · м⁻²)

Клас екологічного стану вод		Відмінний (high)				Добрий (good)				Задовільний (moderate)				Посередній (poor)				Поганий (bad)			
Місце відбору проб	Кольоровий код	синій				зелений				жовтий				оранжевий				червоний			
	Класи трофності	Оліготрофний				Мезотрофний				Евтрофний				Політрофний				Гіпертрофний			
	Шкала трофності, млрд.кл. · м ⁻²	0,10-0,49				0,50-14,99				15,00-49,99				50,00-199,99				≥200,00			
	Роки	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025
Сезони	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Чорноморський яхт-клуб (бетонний пірс)	Літо						4,82	1,74	2,43												
	Осінь						12,74	10,12	4,08												
Чорноморський яхт-клуб (мідії з бетонного пірсу)	Літо			0,47			1,99		1,69												
	Осінь						1,65	1,45	0,95												

Таблиця 32 – Оцінка екологічного стану довкілля водного масиву CW5 за шкалою та рівнем сапробності [21]
по кількості видів α -мезосапробів у мікрофітобентосі твердих субстратів у 2021-2025 роках

Клас екологічного стану вод		Відмінний (high)				Добрий (good)				Задовільний (moderate)				Посередній (poor)				Поганий (bad)			
Місце відбору проб	Кольоровий код	синій				зелений				жовтий				оранжевий				червоний			
	Рівень сапробності	Олігосапробний				β -мезосапробний				α -мезосапробний				Полісапробний				Гіперсапробний			
	Кількість α -мезосап. видів, од.	0-1				2-4				5-7				8-10				≥ 11			
	Роки Сезони	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025	2021	2023	2024	2025
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Чорноморський яхт-клуб (бетонний пірс)	Літо		1					4					5								
	Осінь						2	2	4												
Чорноморський яхт-клуб (мідії з бетонного пірсу)	Літо											6	7		8						
	Осінь								4			7			8						
Пляж «Дельфін» (бетонний пірс)	Літо					4			2			6									
	Осінь				1						7										
Пляж «Дельфін» (черепашник)	Літо					3			3												
	Осінь					2		2	2												
Мис М. Фонтан (бетонний пірс)	Літо	0	0	1	0																
	Осінь			1	0		2				5										
Мис М. Фонтан (мідії з бетонного пірсу)	Літо				1	4		2			7										
	Осінь						4	2	3		7										
Пляж «Аркадія» (бетонний пірс)	Літо							2	2		5										
	Осінь						4	2			5		5								

Влітку та восени 2025 року, порівняно з 2021-2024 роками, суттєво скоротилися систематичні показники розвитку мікроводоростей, зокрема, за рахунок діатомей, ціанопротистів та зелених водоростей. Водночас, кількість видів дінофітових дещо збільшилась. Біомаси мікрофітів на всіх типах субстратів улітку зменшувались порівняно з минулими роками, а восени, навпаки, зростали. Також дещо зменшилися показники розвитку синьо-зелених водоростей. Отже, впродовж 2025 року в досліджених акваторіях ПЗЧМ спостерігалися помірні систематичні та кількісні показники розвитку мікрофітобентосу.

Оцінка та діагноз екологічного стану довкілля водного масиву CW5 ПЗЧМ, здійснені у 2025 році за методом біоіндикації з використанням систематичних, морфологічних, кількісних, галобіонтних і сапробіонтних показників розвитку мікрофітобентосу виявили, що впродовж року екологічні властивості досліджених вод на осінь сягнули високих рівнів у всіх прибережних ділянках: на акваторіях Чорноморського яхт-клубу, пляжів «Дельфін» та «Аркадія» (їм був встановлений екологічний стан довкілля «добрий»). Біля мису Малий Фонтан екологічний стан середовища був, здебільшого, «відмінним». Як і у попередні більш ніж 17 років спостережень, ділянці моря, прилеглій до мису Малий Фонтан, були притаманні, здебільшого, найкращі результати досліджень екологічного стану морського довкілля CW5. Таким чином, впродовж 2025 року ця акваторія Одеського прибережжя залишилася умовно-чистою в даному морському регіоні.

ВИСНОВКИ

Впродовж 2025 року були проведені оцінка та діагноз екологічного стану довкілля акваторій ПЗЧМ у водному масиві CW5, а саме Чорноморського яхт-клубу, прибережжя мису Малий Фонтан, пляжів «Дельфін» та «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 дренажних та зливових вод, тощо) і природні (температура та солоність водних мас, припливно-відпливні коливання і штормові явища та інші), так і наслідки воєнних дій, зокрема забруднювачів, що надійшли з прісними водами внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС влітку 2023 року. Ці фактори відобразились на реєстрованих показниках розвитку тест-об'єктів (статевозрілих чорноморських мідій та їх личинок) і організмів-моніторів (водоростей мікрофітобентосу), чутливість яких до якості морських вод зростала в ряду: дорослі мідії → водорості мікрофітобентосу → личинки мідій.

При біотестуванні якості водного середовища акваторій CW5, встановлено, що впродовж 2025 року кращими серед водних об'єктів за екологічними властивостями для життєдіяльності дорослих мітілід були води прибережжя мису Малий Фонтан, що відповідали екологічному класу стану вод «відмінний» (за показником часу утримання нейтрального червоного мембранами лізосом клітин гемолімфи мідій, тому що цей показник в досліджених водах перевищував, як і минулого року, 150-хвилинний поріг на 12-21 хвилину). У попередні роки ця акваторія була визнана умовно-чистою серед ділянок водних масивів CW5-CW7.

Під час біоіндикації якості довкілля водного масиву CW5 було знайдено 136 видів водоростей, що належали до 8 класів. Переважали діатомеї (69,1 % від загальної кількості знайдених видів).

Серед знайдених мікрowodоростей було 8 потенційно токсичних видів. Порівняно з минулим роком їх кількість зменшилася у 1,5 рази.

Кількість полігалобних видів мікрофітобентосу на всіх досліджених акваторіях зазнала суттєвого зменшення у 2023 році (внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС під час воєнних дій), а впродовж 2024-2025 років поступово зросла. При цьому сталося скорочення кількості олігогалобних видів (тобто, саме галофілів та індиферентів як показників опріснення води).

Загальна кількість сапробіонтів зменшилася порівняно з 2023-2024 роками переважно за рахунок β -мезосапробів. Впродовж 2025 року вміст α -мезосапробів (показників значного органічного забруднення) характеризував екологічний стан довкілля CW5 як «добрий». У прибережжі мису Малий Фонтан вони були відсутні.

На відміну від минулих років, не було знайдено аномальних клітин діатомей, що може свідчити про покращення екологічної ситуації в цілому.

Біотестування, здійснене для морського прибережжя Одеського регіону (CW5) на личинках мідій ранніх стадій розвитку улітку 2025 року, виявило, що всі досліджені ділянки моря відповідали екологічному класу стану вод «задовільний», тому що кількість нормально розвинених тест-об'єктів становила 28,2-39,7 % (тобто перебувала в межах від 15,0 % до 50,0 %).

Проведена восени оцінка екологічного стану довкілля CW5 під час біотестування якості водних мас з місць із різним антропогенним навантаженням на личинках мідій (як більш чутливих за дорослих моллюсків до впливу морських вод різного ступеню забруднення) виявила, що екологічні властивості досліджених вод покращувалися в ряду: пляж «Аркадія» → пляж «Дельфін» → Чорноморський яхт-клуб → мис Малий Фонтан. Більш гарним, ніж влітку, екологічним станом (за показником відсотку утворених личинок мідій нормальної морфології) характеризувалося довкілля моря, як біля мису Малий Фонтан (66,0 %), так і інших: Чорноморського яхт-клубу (58,9 %), пляжів «Дельфін» (57,6 %) та «Аркадія» (51,1 %). Всі ці середовища ділянок CW5 відповідали екологічному класу стану чорноморського довкілля «добрий», тому що кількість нормально розвинених в їх водах тест-об'єктів перебувала у діапазоні від 50,0 % до 90,0 %. Тобто, порівняно з

2020 роком, коли вперше за останнє двадцятиріччя під час біотестування якості вод з використанням личинок мідій для CW5 був встановлений екологічний стан «добрий», наразі сталася подібна ситуація для всіх вищеназваних акваторій CW5.

Але, порівняно з результатами біотестування стану вод CW5 у 2010 році (з використанням личинок мідій ранніх стадій розвитку) восени 2025 року спостерігалось покращення екологічних властивостей дослідженого прибережного довкілля від 22 разів (коло мису Малий Фонтан) до 51 разу (на пляжі «Аркадія»).

Проведені у 2020-2021 і 2023-2025 роках оцінка та діагноз екологічного стану довкілля ПЗЧМ за 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, переважно, екологічному класу вод «відмінний» для дорослих мітілід, для донних мікрофітів – здебільшого, класу «добрий», а для личинок мідій – влітку класу «задовільний», а восени класу «добрий».

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 Одеського прибережжя залишилася умовно-чистою у водному масиві CW5 і у 2025 році.

Актуальність роботи 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, 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>. – 29.12.2025. – 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>. – 29.12.2025. – 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>. – 29.12.2025. – 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>. – 29.12.2025. – 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-p>. – 29.12.2025. – 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>. – 25.12.2025.

– 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. – 26.12.2025. – 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 // Мониторинг навколишнього середовища. Науково-методичне, нормативне, технічне, програмне забезпечення : матеріали наук.-практ. конф. (18-22 вересня 2006 р., АР Крим, м. Коктебель). – Коктебель : НПП «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 Оксийук О. П. Методологические принципы оценки экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу [Текст] / О. П. Оксийук, 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 Рачинская А. В. Диатомовые водоросли микрофитобентоса как индикаторы качества морской среды (район г. Ильичевска) [Текст] / А. В. Рачинская // Екологічні проблеми Чорного моря : зб. матеріалів до 6-го міжнародного симпозіуму (11-12 листопада, 2004, Одеса). – Одеса : ОЦНТІ, 2004. – С. 357-362.

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 XXI 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. – 29.12.2025. – 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>. – 29.12.2025. – 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 ЧОРНОМОРСЬКОГО ВОДНОГО МАСИВУ CW5
У 2025 РОЦІ**

Таблиця А.1 – Видовий склад мікрофітобентосу водного масиву CW5 ПЗЧМ у 2025 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, ч – черепашник, см – стулки мідій, п – пісок.

№ з/п	Види та різновиди	Яхт-клуб		Пляж «Дельфін»		Мис Малий Фонтан		Пляж «Аркадія»	
		Літо	Осінь	Літо	Осінь	Літо	Осінь	Літо	Осінь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Клас Суанорфусеае									
1	<i>Calothrix scopulorum</i> C.Agardh ex Bornet&Flahault, 1886	б		б, ч	б, ч		б	б	
2	<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli, 1849	б	б, см, п	б, п	ч, п	б	б, п		б, п
3	<i>Ch. turgidus</i> (Kützing) Nägeli, 1849						б		
4	<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thuret) Geitler ex Komárek, 1993	б, см	б, см, п	б, ч	б, ч	б, см	б, см	б	б, п

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	<i>Jaaginema kisselevii</i> (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988	п		п			см		б
6	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	б, см, п	б, см, п	б, ч, п	б, ч, п	б, см, п	б, см, п	б, п	б, п
7	<i>Lyngbya confervoides</i> C. Agardh ex Gomont, 1892	б, см	б, см, п	б	б, ч	б, см	б, см	б	б
8	<i>Merismopedia elegans</i> A. Braun ex Kützing, 1849	см, п	п						п
9	<i>M. glauca</i> (Ehrenberg) Kützing, 1845	см, п	б, п	п			п		п
10	<i>M. tenuissima</i> Lemmermann, 1898		б				п		
11	<i>M. tranquilla</i> (Ehrenberg) Trevisan, 1845	п							
12	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846	п	п						
13	<i>Microcystis sp.</i>	б, см, п	б, см, п	б, ч, п	б, ч, п	б, см, п	б, см, п	б, п	б, п

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S. Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling, 2015		п		п	п	п	б, п	п
	Всього дінофітових	1 см, 4 п	2 б, 1 см, 10 п	1 б, 1 ч, 2 п	3 п	2 см, 4 п	1 б, 4 п	3 б, 4 п	1 б, 1 п
Клас Cryptophyceae									
1	<i>Hillea fusiformis</i> (J. Schiller) J. Schiller, 1925	б, см, п	б, см, п	б, ч, п	б, ч, п	б, см, п	б, см, п	б, п	б, п
	Всього криптофітових	1 б, 1 см, 1 п	1 б, 1 см, 1 п	1 б, 1 ч, 1 п	1 б, 1 ч, 1 п	1 б, 1 см, 1 п	1 б, 1 см, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п
Клас Coccolithophyceae									
1	<i>Gephyrocapsa huxleyi</i> (Lohmann) P. Reinhardt, 1972	б, см, п	б, см, п	б, ч, п	б, ч, п	б, см, п	б, см, п	б, п	б, п
2	<i>Syracolithus dalmaticus</i> (Kamptner) Leoblich Jr. & Tappan, 1966					п		б	б, п
	Всього кокколітових	1 б, 1 см, 1 п	1 б, 1 см, 1 п	1 б, 1 ч, 1 п	1 б, 1 ч, 1 п	1 б, 1 см, 2 п	1 б, 1 см, 1 п	2 б, 1 п	2 б, 2 п

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Клас Bacillariophyceae									
1	<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh, 1824	б, п	б, см, п	б, п	б, ч	б, см	б, см, п	б	б
2	<i>A. longipes</i> C.Agardh, 1824	б	б	б, ч, п	ч	см	см	б	
3	<i>A. lyrata</i> Proschkina- Lavrenko, 1961	б	п						б
4	<i>Achnanthes sp.</i>		п						
5	<i>Amphora commutata</i> Grunow, 1880	б, п							
6	<i>Amphora ovalis</i> (Küt- zing) Kützing, 1844		п		б, ч				п
7	<i>A. proschkiniana</i> Gusliakov, 1987	б, см	б, см, п	ч,	б, ч, п	б, см, п	б, см	п	б
8	<i>A. proteus</i> Gregory, 1857	б,	б, см, п				см, п		б, п
9	<i>Anomoeoneis sphaero- phora</i> E.Pfitzer, 1871	б, п	п						п
10	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979			ч					
11	<i>Auricula insecta</i> (Grunow) A.Schmidt, 1894	п							

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	<i>Berkeleya rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow, 1880								б
13	<i>Caloneis liber</i> (W.Smith) Cleve, 1894		б, см, п				см		б
14	<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G.Reid,2012	см					см		
15	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey, 1937			ч					
16	<i>Chaetoceros borgei</i> Lemmermann, 1904								п
17	<i>Ch. peruvianus</i> Brightwell 1856	п			б				
18	<i>Ch. similis</i> f. <i>solitarius</i> Proschkina-Lavrenko, 1955		см, п						
19	<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory, 1855	б, см, п	б, см, п	б, ч, п	б, ч, п	б, см, п	б, см, п	б, п	б, п
20	<i>C. pediculus</i> Ehrenberg, 1838	см	п	п					
21	<i>C. scutellum</i> Ehrenberg, 1838	б, п	см, п		б, п	см	б, см		
22	<i>C. scutellum</i> f. <i>parva</i> Grunow, 1880						см		
23	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg, 1840	п							

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) D.G.Mann, 1990		п				см		
25	<i>Cyclotella choctawhat- cheeana</i> Prasad, 1990		см, п	ч	п		см		
26	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin, 1964	б, см, п	б, см, п	ч, п	б, ч, п	см	б, см, п	б, п	б, п
27	<i>Cymbella</i> sp.		п						
28	<i>Diatoma tenuis</i> C.Agardh, 1812	см	б, см, п	б, ч, п		см, п	см, п	б, п	б, п
29	<i>D. vulgaris</i> Bory de Saint-Vincent, 1824	б, см, п	б, см, п	б, п	б, ч,	см, п	б, см	б,	б, п
30	<i>D. vulgaris</i> var. <i>brevis</i> f. <i>typical</i> Mayer, 1940	б, см, п	б, см, п	п	б, ч, п	см, п	б, см	б, п	б, п
31	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1853		п						
32	<i>D. oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve-Euler, 1922						см		
33	<i>D. smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grunow) Hustedt, 1937		п				см		

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
34	<i>Entomoneis paludosa</i> (W.Smith) Reimer, 1975	п							
35	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844		п				см	б	п
36	<i>Halamphora coffeaeformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009	б, см, п	б, см, п		п			п	б, п
37	<i>H. cymbifera</i> (Gregory) Levkov, 2009	см, п	б, см, п	п			см		п
38	<i>H. eunotia</i> (Cleve) Levkov, 2009	см, п	п		п				
39	<i>H. hyalina</i> (Kützing) Rimet & R. Jahn in Rimet et al., 2018	б, см, п				б			
40	<i>H. terroris</i> (Ehrenberg) Wang in Wang et al., 2014		п						
41	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow, 1879 †								б
42	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve, 1889	б		ч					

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
43	<i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh, 1831						см		
44	<i>L. gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow, 1867	б, см, п	б		б	см	б, см	б, п	б
45	<i>L. ovulum</i> Mereschkovsky, 1902					см			
46	<i>Lyrella atlantica</i> (Schmidt) D.G.Mann, 1990	б, п	б, см, п						п
47	<i>L. lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva, 1978	п	п				см		п
48	<i>Mastogloia braunii</i> Grunow, 1863		п						
49	<i>M. pumila</i> Cleve, 1895		п	п				п	п
50	<i>Melosira moniliformis</i> (Müller)C.Agardh,1824	б, см	б	б				б	б
51	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunow) Hustedt, 1927	б, см							б
52	<i>Navicula cancellata</i> Donkin, 1872	п	п	п	ч, п			п	п
53	<i>N. cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs, 1861	см							
54	<i>N. cryptocephala</i> Kützing, 1844	б, см, п	б, см, п	б, п	б, ч, п				б, п

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
55	<i>N. digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs, 1861		б						
56	<i>N. directa</i> (W.Smith) Ralfs in Pritchard, 1861	см, п	б, см, п	ч	б, ч	см	см		б
57	<i>N. palpebralis</i> Brébisson ex W.Smith, 1853		п						
58	<i>N. pennata</i> A.Schmidt, 1876	см, п	б, см, п	ч	б, ч	см	см		б
59	<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	см, п	б, см, п	ч	б, ч		п		б, п
60	<i>N. ramosissima</i> (C.Agardh) Cleve, 1895	б, см, п	б, см, п	б, ч, п	б, ч, п	б, см, п	б, см, п	б, п	б, п
61	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow, 1862			ч					
62	<i>N. angularis</i> W.Smith, 1853						б		
63	<i>N. hybrida</i> Grunow		п		б		п		б, п
64	<i>N. hybrida f. hyalina</i> Proschkina-Lavrenko, 1963		п						п
65	<i>N. lanceolata</i> W.Smith, 1853		см				б, см		б

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
66	<i>Nitzschia lanceolata</i> <i>f. minor</i> Grunow in Van Heurck, 1881		б, см		б,	см	б, см		
67	<i>N. lorenziana</i> Grunow, 1879						см		
68	<i>N. parvula</i> W.Smith, 1853		п						
69	<i>N. pusilla</i> Grunow, 1862		см				б		
70	<i>N. sigma</i> (Kützing) W.Smith, 1853						см		
71	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873				п				
72	<i>Parlibellus delognei</i> (VanHeurck) E.J.Cox, 1988	см	б, см, п	ч	ч	см	б, см		б
73	<i>Petroneis humerosa</i> (Brébisson ex W.Smith) A.J.Stickle &D.G.Mann, 1990	б	п						п
74	<i>Plagiotropis</i> <i>lepidoptera</i> (Gregory) Kuntze, 1898		п						

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
75	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round & Bukhtiyarova, 1996	см, п	б, см, п	п	б, ч, п		б, см, п	п	б, п
76	<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Bukhtiyarova, 1999	см, п	б, см, п	п	б, ч, п		см, п		б, п
77	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) W.Smith, 1852	см	п	ч			см		
78	<i>P. elongatum</i> W.Smith, 1852					см			
79	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928		п			см	п	б	
80	<i>P. pungens</i> (Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993						см		
81	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot, 1980	см	см, п	ч	б	см	б, см		б
82	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873	б, см							
83	<i>Stauroneis simulans</i> (Donk.) Ross ex Hartley, 1986		б, см	ч	ч	см	см		б

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
84	<i>Staurophora salina</i> (W.Smith) Mereschkowsky, 1903		б, см			см	см		б
85	<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1881	б, см, п	б, см, п	п	б	п	см		
86	<i>S. interrupta</i> (Ehrenberg) Heiberg, 1863	б							
87	<i>S. unipunctata</i> (Lyngbye) C.Agardh, 1832	б, см, п		п					
88	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams&Round, 1986	см	б, см	ч, п		см	см	б	б
89	<i>T. gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova, 1995		б			см	см		
90	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky, 1902	см		п					
91	<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostenfeld, 1901	б, п		п			п		

Кінець таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
92	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	п	б, п						
93	<i>Tryblionella navicularis</i> (Bréb.) Ralfs, 1861	п							
94	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère in Jahn et al., 2001	см						б	
	Всього діатомових	27 б, 32 см, 32 п	31 б, 31 см, 50 п	8 б, 19 ч, 20 п	21 б, 18 ч, 14 п	5 б, 23 см, 7 п	16 б, 40 см, 12 п	14 б, 11 п	30 б, 24 п
Клас Chlorophyceae									
1	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov, 1953			ч, п	п	п			б, п
	Всього зелених			1 ч, 1 п	1 п	1 п			1 б, 1 п
Інші види N/A К (Chromista)									
1	<i>Flagellata sp.</i>	б, см, п	б, см, п	б, ч, п	б, ч, п	б, см, п	б, см, п	б, п	б, п
	Всього флагеллят	1 б, 1 см, 1 п	1 б, 1 см, 1 п	1 б, 1 ч, 1 п	1 б, 1 ч, 1 п	1 б, 1 см, 1 п	1 б, 1 см, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п
	Разом видів мікрофітобентосу	37 б, 43 см, 49 п	46 б, 42 см, 74 п	19 б, 30 ч, 31 п	29 б, 29 ч, 24 п	13 б, 33 см, 19 п	28 б, 51 см, 24 п	28 б, 20 п	43 б, 44 п