

УДК 504.4.054.001.5; 504.4.06.001.5; 504.45.058; 504.4.054; 504.064
КП '87.19.03
№ держреєстрації 0118U006641
Інв.№

МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
НДУ "УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ" (УкрНЦЕМ)
65009, м.Одеса, Французький бульвар, 89; тел. (0482) 63 66 22; факс (0482) 63 66 73;
e-mail: aceem@te.net.ua, www.sea.gov.ua



ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Базова оцінка та визначення Доброго екологічного стану (ДЕС) морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України

ОЦІНКА ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ МЕТОДАМИ БІОТЕСТУВАННЯ
ТА БІОІНДИКАЦІЇ

Том 3

Науковий керівник:
заступник директора – начальник морського
інформаційно-аналітичного центру,
канд. геогр. наук

 В. В. Український

2018

Рукопис закінчено 28 грудня 2018 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол
від 15 січня 2019 р. № 1



СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальні виконавці:

Завідувач сектору

біологічних методів

оцінки якості морських вод


20.01.2018 року

Л. Л. Красота

(вступ;
розділи 1, 2, 4, 5, 7;
висновки;
рекомендації)

Наук. співроб.

Відділу геоінформаційного

аналізу, канд. біол. наук


20.12.2018 року

О. О. Семенова

(розділ 1, 2, 3, 7;
висновки;
додатки А, Б)

Наук. співроб.

сектору біологічних методів

оцінки якості морських вод


20.01.2018 року

О. В. Рачинська

(розділи 1, 2, 6, 7;
висновки;
додатки В, Г)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 143 стор., 32 табл., 21 рис., 4 додатки, 88 джерел.

ЧОРНЕ МОРЕ, БАЗОВА ОЦІНКА, ДОБРИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН, БІОТЕСТУВАННЯ, БІОІНДИКАЦІЯ, ГІДРОБІОНТИ РІЗНИХ СИСТЕМАТИЧНИХ РІВНІВ.

Об'єкт дослідження – прибережні та відкриті райони Чорного моря, різні за рівнем та характером антропогенного навантаження.

Мета роботи – базова оцінка якості довкілля для визначення Доброго екологічного стану (ДЕС) чорноморських вод України за методами біотестування та біоіндикації з використанням гідробіонтів різних систематичних рівнів.

Головними завданнями роботи були:

- протягом 2018 року здійснити дослідження якості довкілля прибережних акваторій Чорного моря (згідно з Дескрипторами 6 і 8 Додатку 1 Рамкової Директиви про морську стратегію 2008/56/ЄС та Додатком V Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС) за фізіолого-морфологічними, систематичними, кількісними, галобіонтними і сапробіонтними показниками розвитку різних за чутливістю тест-об'єктів та організмів-індикаторів;

- провести порівняльну оцінку змін екологічного стану середовища різних антропогенізованих районів моря та комплексний ретроспективний аналіз результатів біотестування та біоіндикації якості чорноморського довкілля.

У звіті з базовою оцінкою якості морського довкілля за методами біотестування та біоіндикації представлено:

- порівняльну оцінку екологічного стану різних акваторій моря по результатах біологічного моніторингу впродовж поточного року, проведеного на тест-об'єктах та організмах-індикаторах різних систематичних рівнів;

- ретроспективну порівняльну характеристику змін екологічного стану чорноморського довкілля з 2006 по 2018 роки, визначення ДЕС прибережних вод регіону Чорного моря і пропозиції заходів щодо покращення їхнього стану.

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки.....	6
Вступ.....	7
1 Оцінка якості морського довкілля методами біотестування та біоіндикації..	8
2 Матеріал і методи досліджень якості морського середовища.....	10
3 Ретроспективний аналіз оцінки стану чорноморських донних відкладень методом біотестування на одноклітинних водоростях.....	15
4 Біотестування якості вод північно-західної частини Чорного моря за показниками розвитку личинок мідій.....	19
5 Біотестування якості довкілля північно-західної частини Чорного моря за показниками стану дорослих мідій.....	34
5.1 Оцінка якості морського середовища за показником стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи мідій.....	35
5.2 Оцінка якості морських вод за показником інтенсивності фільтрації води мідіями.....	39
5.3 Оцінка якості морського довкілля за показником інтенсивності дихання мідій.....	44
6 Біоіндикація якості довкілля північно-західної частини Чорного моря за показниками стану водоростей мікрофітобентосу.....	50
6.1 Оцінка якості морського прибережного середовища за показниками розвитку мікрофітобентосу.....	51
6.2 Ретроспективна оцінка якості довкілля чорноморських акваторій за станом бентосних мікрофітів.....	77
7 Базова оцінка та визначення Доброго екологічного стану морського середовища Чорного моря.....	83
Висновки.....	105

Рекомендації.....	107
Перелік джерел посилання.....	108
Додаток А Порівняльна характеристика токсичності екстрактів донних відкладень пляжів м. Одеси влітку 2012 року для репродукції <i>D. salina</i>	119
Додаток Б Порівняльна характеристика токсичності екстрактів донних відкладень пляжів м. Одеси восени 2012 року для репродукції <i>D. salina</i>	120
Додаток В Таксономічний склад мікрофітобентосу прибережжя північно-західної частини Чорного моря.....	121
Додаток Г Кількісні показники мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману.....	140

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ДЕС – Добрий екологічний стан

ПЗЧМ – північно-західна частини Чорного моря

УкрНЦЕМ – Український науковий центр екології моря

MSFD – Рамкова Директива про морську стратегію (Marine Strategy Framework Directive)

WFD – Водна Рамкова Директива (Water Framework Directive)

ВСТУП

Підставами для виконання даної науково-дослідної роботи були:

- Статут УкрНЦЕМ;
- Бюджетний запит УкрНЦЕМ на 2018 рік;
- План науково-дослідних робіт УкрНЦЕМ на 2018 рік;
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [1];
- Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» [2];
- Постанова Кабінету Міністрів України «Концепція охорони та відтворення навколишнього природного середовища Азовського і Чорного морів» [3];
- Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» [4];
- Постанова Верховної Ради України «Водний Кодекс України» [5];
- Стратегічний план дій щодо відтворення та захисту Чорного моря (1996) [6];
- Закон України «Про ратифікацію Угоди про партнерство і співробітництво між Україною і Європейськими Співтовариствами та їх державами-членами» [7];
- Водна Рамкова Директива (WFD) [8];
- Морська стратегічна рамкова директива (MSFD)[9].

У системі морського моніторингу однією з вимог у вищезазначених документах є використання біологічних показників.

Оцінка ступеню та характеру забруднення водного середовища (відповідно до сучасних підходів) здійснюється за допомогою тріади методів – біотестування, методів аналітичної хімії та біоіндикації [6]. Оцінка якості морського довкілля за цими біологічними методами проводиться більш інтегральними та дешевшими, ніж хімічні, методами досліджень стану морського середовища. Біотестування та біоіндикацію якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману виконували на базі показників стану морських бентосних організмів (мідій і водоростей-мікрофітів) та культур мікроводоростей у порівняльних аспектах.

1 ОЦІНКА ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ МЕТОДАМИ БІОТЕСТУВАННЯ ТА БІОІНДИКАЦІЇ

Проведення оцінки відгуку живого організму на дію морського довкілля, у якому містяться біодоступні забруднюючі речовини, дає інформацію, яку, в принципі, неможливо отримати під час аналізу вмісту токсиканта в середовищі або в організмі. Прямі і непрямі взаємодії токсичних речовин та їхніх метаболітів в середовищі і організмі, синергічні та антагоністичні дії токсикантів знаходять відображення у реакціях гідробіонтів (тест-організмів та організмів-індикаторів). Тобто, стан «здоров'я» цих водних організмів є своєрідним віддзеркаленням екологічного стану досліджуваного середовища [10]-[12].

Біотестування і біоіндикація – сучасні інтегральні способи з оцінки якості водного середовища, які 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 біологічними об'єктами.

Процедура визначення токсичності морського довкілля проводиться за допомогою тест-об'єктів – живих «датчиків», що сигналізують про небезпеку. Тест-об'єктами можуть слугувати водорості, інфузорії, ракоподібні, молюски, риби та інші організми, які культивуються в стандартних лабораторних умовах. Тест-функції, або критерії токсичності, це показники росту культур, виживання, поява аномальних відхилень у ранньому ембріональному розвитку тест-організмів, тощо. Колекції живих культур, використовуваних для біотестування природних середовищ, зокрема одноклітинних водоростей, що застосовуються в аальготестах, підтримуються, зазвичай, на рідких середовищах у стандартних умовах [10], [13]-[16].

Гідробіонти, що не можуть залишити місце свого мешкання, тобто прикріплені бентосні водорості, двостулкові молюски і інші донні істоти дуже зручні, як організми-монітори. Вони в повній мірі відчують вплив

навколишнього середовища (як чистого, так і забрудненого) і за певними показниками (фізіолого-морфологічними, систематичними, кількісними, галобіонтними, сапробіологічними, тощо) інформують дослідників про якість оточуючого довкілля.

Чорноморська мідія (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck), як організм-біофільтратор, що веде осілий спосіб життя, дуже підходить, як до ролі організма-індикатора, так і тест-об'єкта якості морського середовища [11], [17]-[18].

На клітинному рівні інформативним показником стану «здоров'я» мідій є стабільність мембран лізосом клітин гемолімфи молюсків, а руйнування лізосомальної мембрани – це практично універсальний маркер стресу.

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

Дуже чутливим показником з оцінки стану морського довкілля є морфогенез личинок мідій (на ранніх стадіях розвитку) у чистій і забрудненій (у різному ступені) воді.

Використання чорноморських мідій на різних стадіях їхнього розвитку дозволяє встановити наявність як незначних, так і суттєвих змін екологічних характеристик стану оточуючого середовища.

На популяційному (біоценотичному) рівні для біоіндикації якості морського середовища досліджують видове розмаїття, показники кількісного розвитку організмів-індикаторів та їх угруповань, екологічну різноманітність гідробіонтів-моніторів (за життєвими формами, галобіонтним та сапробіонтним складом, наявністю та кількістю морфологічних аномалій особин) [19]-[23].

Серед спільнот організмів-моніторів важливе місце посідають широко розповсюджені та чутливі до змін факторів довкілля водорості мікрофітобентосу, які інтенсивно розвиваються на природних і штучних субстратах, а тому чітко відображують екологічний стан морського середовища під час його біоіндикації [24]-[25].

2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Протягом літнього та осіннього періодів 2018 року об'єктами досліджень якості морського довкілля були прибережні акваторії ПЗЧМ і Григоріївського лиману, різні за характером і ступенем антропогенного навантаження. Науково-дослідні роботи з оцінки якості морського середовища проводилися за методами біотестування та біоіндикації.

Проби прибережних мезогалінних вод та мікрофітобентосу були відібрані, здебільшого, в Дністровському районі ПЗЧМ у водних масивах:

– SW5 – на умовно-чистій в минулі роки акваторії (біля мису Малий Фонтан [18], [26]), координати $46^{\circ}26,311'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,330'$ сх. д.), у місці значного рекреаційного навантаження (пляж «Аркадія», координати $46^{\circ}25,648'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,102'$ сх. д.), впливу господарсько-побутових (Дача Ковалевського, координати $46^{\circ}22,046'$ пн. ш. та $30^{\circ}43,819'$ сх. д.) та санаторних стоків (район санаторію ім. Чкалова, координати $46^{\circ}26,624'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,322'$ сх. д.), дренажних вод (пляж «Дельфін», координати $46^{\circ}27,104'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,156'$ сх. д.);

– SW4 – на пляжі бази відпочинку «Альбатрос» (Затока, координати $46^{\circ}04,130'$ пн. ш. та $30^{\circ}27,831'$ сх. д.).

У Дніпро-Бузькому районі ПЗЧМ відбір цих проб здійснили у прибережних водних масивах:

– SW6 – у місцях суттєвого рекреаційного навантаження (Лузанівка I, координати $46^{\circ}33,187'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,164'$ сх. д., і Лузанівка II, координати $46^{\circ}32,925'$ пн. ш. та $30^{\circ}45,508'$ сх. д.) та з акваторії із значною кількістю портових операцій (Одеський порт, координати $46^{\circ}29,650'$ пн. ш. та $30^{\circ}44,956'$ сх. д.);

– SW7 – на пляжі бази відпочинку «Кипарис» (Коблеве, координати $46^{\circ}37,646'$ пн. ш. та $31^{\circ}10,425'$ сх. д.).

Були відібрані проби транзитних вод та бентосних мікрофітів у Григоріївському лимані (водний масив TW21) в зоні портових робіт поблизу с. Біляри, координати 46°37,782' пн. ш. та 31°00,427' сх. д.

Біотестування якості морського довкілля ПЗЧМ було проведено з використанням одноклітинної морської зеленої водорості *Dunaliella salina* Teod., личинок чорноморських мідій *Mytilus galloprovincialis* Lamarck на ранніх стадіях їхнього розвитку та дорослих чорноморських мідій (розміром від 45 мм до 50 мм). Біоіндикація якості морського середовища здійснювалась з використанням водоростей мікрофітобентосу.

Dunaliella salina Teod (відділ Chlorophyta) відноситься до 10 % зелених водоростей, які зустрічаються у морях [20]. Аналіз якості донних відкладень було проведено за результатами біотестування по стандартній методиці на тест-об'єкті – морській одноклітинній зеленій водорості *D. salina*. Критерієм токсичності, тест-реакцією, слугувала зміна клітин, що відображала чисельність, репродуктивну здатність водорості [20], [27]-[28].

Чисельність клітин водорості в культурі, підготовленій до експерименту, представлена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Чисельність клітин у культурах водоростей, підготовлених до експерименту (екз·мл⁻¹)

Вид водорості	Щільність маточної культури	Вихідна щільність культури у експерименті
<i>Dunaliella salina</i>	6,0 – 7,0·10 ⁵	0,35-0,53 10 ⁵

Оцінка результатів біотестування проводилася наступним чином. Якщо загибель клітин водорості у відсотках від контролю становила:

80-100 % – середовище летальне;

50-80 % – середовище гостро токсичне;

25-50 % – середовище токсичне;

0-25 % – середовище нешкідливе.

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 для біотестування і біоіндикації якості морського довкілля [18].

Метод оцінки якості води характеризується як високоілюстративний і чутливий, 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 аномалій у розвитку личинок мідій у їхній планктонній фазі на стадіях трохофор і продіссоконхів у морських водах різного ступеню забруднення [29]-[31].

Оцінку токсичності морського середовища для личинок двостулкових молюсків проводять за критеріями, запропонованими у 1965 році Woelke [32]:

- < 5 % аномальних личинок: не токсичне;
- від 5 % до 15 % аномальних личинок: малотоксичне;
- > 15 % аномальних личинок: токсичне;
- > 50 % аномальних личинок: середовище має розтягнутий летальний поріг;
- > 90 % аномальних личинок: летальне.

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)» [18]. 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 (внутрішньоклітинними органелами) клітин гемолімфи двостулкових молюсків. У здорових мідій лізосоми утримують барвник довше, ніж в ослаблених молюсків,

руйнування лізосомальних мембран яких настає через дуже короткий проміжок часу після проникнення токсиканту у ці органели [33]-[36].

Критерії оцінки якості морського довкілля за реєстрованим показником стабільності лізосомальних мембран чорноморських мідій наступні [18]:

- якщо час утримання нейтрального червоного лізосомами клітин гемолімфи у досліджуваних молюсків перевищує 120 хв – якість морського середовища оцінюється як «гарна»;

- складає від 60 хв до 120 хв – як «задовільна»;

- менше 60 хв – як «погана».

Показник інтенсивності фільтрації мідіями прибережних вод також був використаний для проведення оцінки якості досліджуваного морського середовища. Біотестування якості довкілля здійснювалося за «Методикою оцінки якості морської води з використанням показника характеру фільтрації води чорноморськими мідіями (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» [18].

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

Фільтраційний процес у здорових мідій протікає активно. В ослаблених і пригноблених (під впливом забрудненого середовища) молюсків цей процес загасає, аж до повного припинення [37]-[40].

За «Методикою оцінки якості води з використанням показника інтенсивності дихання водних організмів» [18], протягом року проводили моніторинг стану водного середовища по показниках дихання дорослих чорноморських мідій. Використана методика пристосована для біотестування і біоіндикації водного довкілля з використанням різних живих гідробіонтів. В основу методики покладено оцінку якості морського середовища за динамікою змін інтенсивності дихання гідробіонтів (одного з основних показників обміну речовин в організмі) під час перебування у досліджуваному водному середовищі [41]-[43].

Проби мікрофітобентосу для біоіндикації якості морського довкілля досліджуваних районів відбирали та обробляли за загальноприйнятими

методиками [20], [44]. Крім того, дослідження мікроводоростей обростань стулок мідій здійснювали за методиками, наведеними у роботах Л.І. Рябушко та В.І. Рябушко [45]-[46]. У кожному досліджуваному районі мікрофіти відбирали з поверхні всіх наявних видів субстратів. Мікроскопічну обробку проб виконували в умовах берегової лабораторії згідно з вимогами відповідних методик [47]-[48]. Назви систематичних груп мікроводоростей вказували за загальноприйнятою у світовій практиці системою класифікації [49]-[52]. При обробці проб враховували не тільки суто бентосні водорості, а й наявність у складі мікрофітобентосу планктонних та бенто-планктонних форм.

Під час відбору проб води і гідробіонтів систематично вимірювались показники температури та солоності води у досліджуваних районах.

Достовірність відхилення показників з біотестування якості чорноморських відкладень визначали за критерієм Стюдента. Результати досліджень піддавали варіаційно-статистичній обробці [53]. Отримані результати з біотестування та біоіндикації якості морських вод також були статистично оброблені [54].

З РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ОЦІНКИ СТАНУ ЧОРНОМОРСЬКИХ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ НА ОДНОКЛІТИННИХ ВОДОРОСТЯХ

Уздовж лінії Одеського прибережжя розташовані пляжі – Дача Ковалевського, санаторій ім. Чкалова, «Дельфін», район Одеського порту (Ланжерон), Лузанівка та інші. Акваторії вищезазначених пляжів мезогалінні і мілкі; відкриті – Дача Ковалевського та Лузанівка, з ґрунтами, що представлені мулом та піском; закриті – санаторій ім. Чкалова, «Дельфін» і район Одеського порту (Ланжерон) з піщаними, глинистими та мулистими ґрунтами. В той же час Одеське прибережжя північно-західної частини Чорного моря являється зоною концентрування господарської діяльності, протягом берегової лінії якого розташовані два торгівельних портових комплекси, різні підприємства та забудова Одеської міської агломерації і тому підпадає під значне антропогенне навантаження.

Результатами досліджень показано, що забруднюючі речовини, які містилися в донних відкладеннях, відібраних в серпні 2006-2008 років влітку (липень) і восени (жовтень) 2012 року в районі псевдоліторалі одеських пляжів – Дачі Ковалевського, санаторію ім. Чкалова, району Одеського порту та Лузанівки були чинниками, що впливали на процеси розмноження *D. salina* (рис. 1).

У серпні 2006 року для процесів розмноження тест-об'єкту стимулюючими були забруднюючі речовини, що знаходилися в донних відкладеннях пляжів Дача Ковалевського, «Дельфін». Найбільш токсичними для репродукційного процесів *D. salina* в серпні 2006 року були донні відкладення, відібрані в районі пляжу Лузанівка. Чисельність клітин тест-об'єкту за підсумками гострого експерименту становила 36,5 % від контрольних значень.

У донних відкладеннях пляжів Дача Ковалевського, «Дельфін», Лузанівка, відібраних в серпні 2007 року, містилася велика кількість речовин, стимулюючих репродукцію *D. salina*. Серед вивчених варіантів проб, в донних відкладеннях,

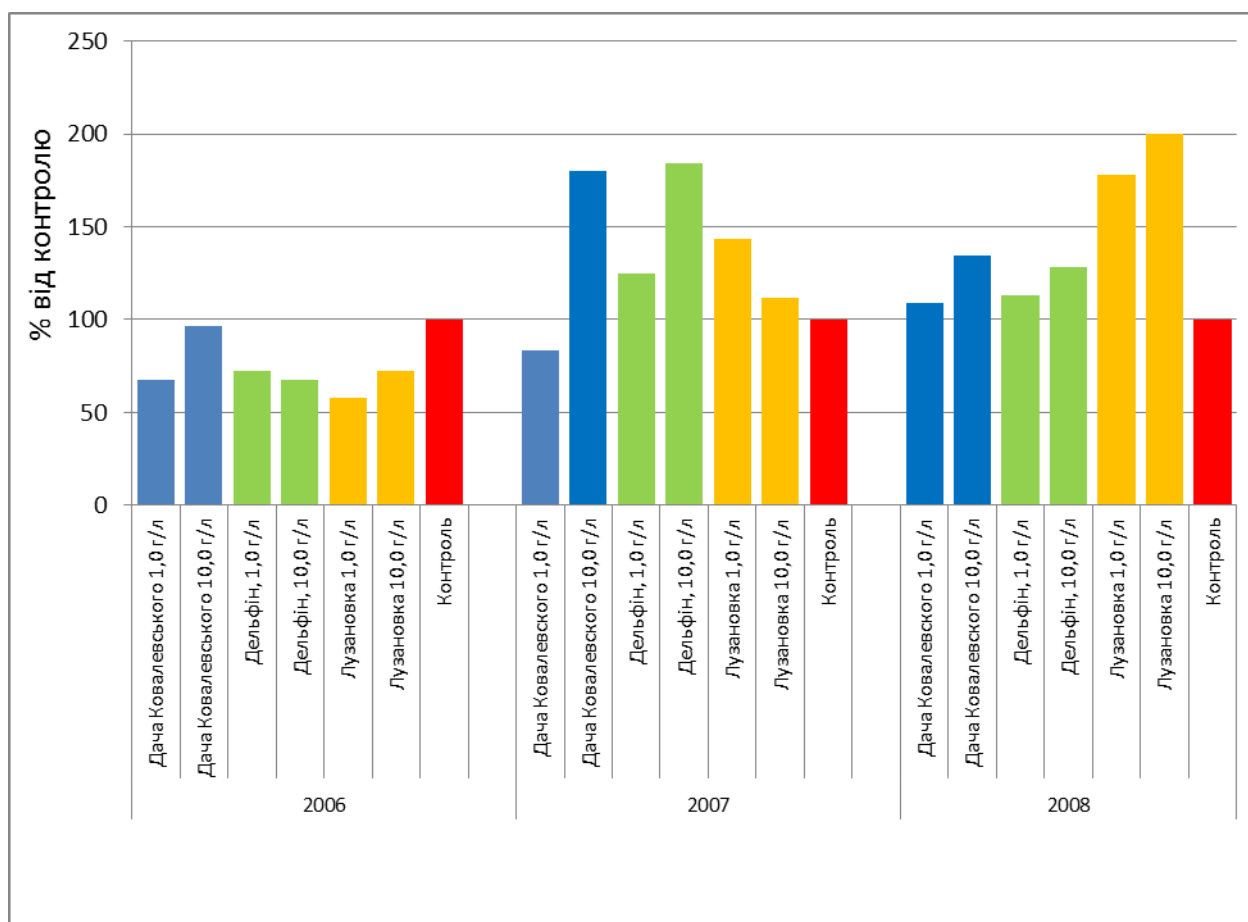


Рис. 1. Зміна чисельності клітин *D. salina* за впливу екстрактів донних відкладень точок пробовідбору у серпні 2006 – 2008 років та липні і жовтні 2012 року (концентрації 1,0 г/л та 10,0 г/л)

відібраних в районі пляжів «Дельфін» і Лузанівка, була найбільша кількість речовин, що викликали зростання чисельності *D. salina* (до 217,3 % від контролю) (див. рис. 1).

У донних відкладеннях пляжів Лузанівка, «Дельфін», Дача Ковалевського в серпні 2008 року знаходилися забруднюючі речовини, що викликали значне зростання чисельності клітин *D. salina*. Найбільш сильнодіючі на репродукцію тест-об'єкту речовини були в донних відкладеннях пляжів Лузанівка (188 % від контролю) та «Дельфін» (200 % від контролю). Можливо, це вплив скидів в море комунальних стоків. У донних відкладеннях усіх протестованих точок

пробовідбору у 2008 році не було встановлено наявності речовин, що надають токсичний вплив на тест-об'єкт (див. рис. 1).

Результатами наших досліджень показано, що влітку (липень) 2012 року в донних відкладеннях псевдоліторалі пляжів Дача Ковалевського, санаторію ім. Чкалова, «Дельфін», району Одеського порту (Ланжерон) та Лузанівки знаходилися забруднюючі речовини, що стимулювали репродукцію *D. salina*. Найбільш дієвий вплив на процеси розмноження мали екстракти донних відкладень з пляжів Дача Ковалевського та району Одеського порту (Ланжерон) (Додаток А).

Восени (жовтень) 2012 року в донних відкладеннях псевдоліторалі району Одеського порту (Ланжерон) містилися забруднювачі, екстракти яких, згідно нормам біотестування, мали токсичний вплив на репродукцію *D. salina*. Чисельність клітин тест-об'єкту на 29,0% відставала від контрольних значень у дослідних варіантах з концентрацією ґрунту $25,0 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ протягом останньої доби експерименту. У складі донних відкладень пляжів «Дельфін», санаторію ім. Чкалова, Дачі Ковалевського були забруднювачі, що стимулювали процеси розмноження *D. salina* (Додаток Б).

Значний стимулюючий ефект речовин, що знаходилися у екстрактах донних відкладень, відібраних в районі пляжів Дача Ковалевського та Лузанівка восени та, особливо, влітку 2012 року, можна пояснити, вочевидь, наявністю біогенних речовин, що потрапляють у морську воду через скиди міської каналізації та підприємств (Додатки А, Б).

Згідно стандартним нормам, прийнятим в біотестуванні, отримані результати експериментів свідчать, що якість екстрактів донних відкладень з 2006 по 2008 рік та у 2012 році дещо покращилася, токсичність для тест-об'єкту зменшилася. Спостерігався стимулюючий ефект для процесів репродукції водорості.

Відомо, що для того, щоб навколишнє середовище не було агресивним для одноклітинних водоростей – первинної ланки харчових ланцюгів, у ньому повинні скластися умови для знаходження цих представників фітопланктону у

стані експоненційного зростання, який потім переходить у стаціонарну фазу. Так чисельність клітин зеленої водорості *D. salina* повинна бути – $6,0-7,0 \cdot 10^5$ екз·мл⁻¹. Коефіцієнти відносного та добового приросту культури не повинні відрізнятися від контрольних значень, тобто від значень у маточній культурі (таблиця 1).

Токсичність впливу забруднювачів, що знаходилися у екстрактах донних відкладень, відібраних в районі Одеського порту (Ланжерон) на розмноження тест-об'єкту, вочевидь, пояснюється впливом діяльності Одеського торгового порту, розташованого поблизу пляжу, та будівельною діяльністю на одеських схилах. Зменшення чисельності клітин тест-об'єкту у дослідних варіантах порівняно з екстрактами протестованих донних відкладень з району пляжів «Дельфін» та району санаторію ім. Чкалова у порівнянні з контролем, вочевидь, також можна пояснити впливом робіт Одеського порту та будівельною діяльністю на схилах.

Результатами нашого дослідження показано відсутність гострої токсичності в точках пробовідбору на псевдоліторалі пляжів м. Одеси влітку (у липні) та восени (у жовтні) 2012 року. Вочевидь, якісний стан донних відкладень пов'язаний з хронічним забрудненням вод Одеського прибережжя, уповільненням водообміну, наявністю великих кількостей завислої речовини органічного та мінерального походження.

Токсичні забруднювачі, що попадають у морську воду, зсідуються та накопичуються у донних відкладеннях. При відповідних умовах, вимиваючись з дна, вони можуть впливати на екологічну ситуацію в районі пляжів.

Протягом експериментів були отримані дані зміни рН контрольного та дослідного середовища, де культивувався тест-об'єкт *D. salina*. Отримані показники обумовлюються багатьма чинниками: процесами життєдіяльності водорості та змінами екстрагованих забруднювачів, тому отримані дані недостатньо коректні для висновків.

4 БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ РОЗВИТКУ ЛИЧИНОК МІДІЙ

Ранній ембріогенез морських безхребетних із зовнішнім заплідненням характеризується як найбільш чутливий етап розвитку цих організмів [55]. У 2018 році було проведено біотестування якості вод антропогенізованих і умовно чистих прибережних районів ПЗЧМ по показниках розвитку личинок мідій за «Методикою оцінки якості морської води з використанням ранніх стадій розвитку ембріонів чорноморських мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» [18] (див. 2).

Літом 2018 року температура поверхневих водних мас досліджуваних водних масивів становила 19,5-23,0°C, а восени – 15,5-18,2°C. Солоність прибережних вод влітку знаходилась у діапазоні 11,5-13,5 ‰, а в осінній сезон спостережень – 12,5-16,0 ‰. Тобто ці важливі гідрологічні показники доквілля ПЗЧМ знаходились в межах екологічної норми для розвитку чорноморських гідробіонтів.

З Одеського прибережжя (біля мису Малий Фонтан) були відібрані дорослі *M. galloprovincialis* для отримання статевих продуктів, а з них – і личинок мідій для біотестування.

Отримані личинки мідій були внесені у склянки з пробами досліджуваних прибережних мезогалінних вод, що були відібрані:

– в Дністровському районі ПЗЧМ: у водному масиві CW5 на умовно-чистій в минулі роки акваторії біля мису Малий Фонтан, на пляжі «Аркадія» зі значним рекреаційним навантаженням, у прибережжях Дачі Ковалевського, що перебуває під впливом господарсько-побутових стоків, і санаторію ім. Чкалова, куди потрапляють санаторні стоки, та на пляжі «Дельфін», де здійснюється скид дренажних вод; у водному масиві CW4 – на пляжі бази відпочинку «Альбатрос» (Затока).

– в Дніпро-Бузькому районі ПЗЧМ: у водному масиві CW6 на пляжах з суттєвим рекреаційним навантаженням (Лузанівка I та II) та з акваторії із значною

кількістю портових операцій (Одеський порт); у водному масиві CW7 на пляжі бази відпочинку «Кипарис» (Коблеве).

Також були досліджені проби транзитних вод з водного масиву TW21 у Григоріївському лимані, відібрані з зони портових робіт поблизу с. Біляри.

Результати біотестування якості прибережних вод ПЗЧМ та Григоріївського лиману у літній сезон 2018 року представлені у таблиці 2. Під час досліджень сталося 100 % перетворення трохофор у стадію продісоконх, що є показником достатньо успішного морфогенезу личинок мідій у протестованих водах лише Одеського прибережжя (CW5, CW6) та Григоріївського лиману (TW21). Найбільша кількість загинлих личинок (44,4 %) виявлена у воді з пляжної акваторії бази відпочинку «Альбатрос» у Затоці (CW4). У водному середовищі з більшості районів водного масиву CW5 за період експозиції в умовах лабораторії загинуло личинок від 7,3 % до 9,7 %, що до 6 разів менше, ніж у воді з Затоки.

Аномально розвинутих продісоконхів у воді з району санаторію ім. Чкалова утворилося у 1,1-1,2 рази більше, ніж у всіх інших досліджуваних водних середовищах (крім води з Затоки: за рахунок загинлих особин). Кількість личинок мідій нормальної морфології, що розвинулися при біотестуванні якості різних морських вод, була у багатьох випадках незначною і лише один раз перевищувала 10-відсотковий показник (при біотестуванні якості водного середовища з пляжу «Аркадія» (CW5) утворилося 10,1 % нормально розвинутих продісоконхів). Також кращими, в екологічному розумінні, серед протестованих морських вод були ті, що були відібрані в районі мису Малий Фонтан (CW5) та в Коблевому (CW7). В цих водах в умовах лабораторії розвинулося по 10,0 % продісоконхів нормальної морфології. У поверхневих водах прибережної смуги пляжів Лузанівка I та Лузанівка II (CW6) при біотестуванні їх якості розвинулось лише 4,3 % та 3,4 % нормально сформованих личинок стадії продісоконх, відповідно. Також незначним виявився показник розвитку нормальних продісоконхів у воді з району санаторію ім. Чкалова (5,7 %) (CW5), на акваторію якого систематично потрапляють санаторні стоки.

Таблиця 2 – Розвиток личинок чорноморських мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману влітку 2018 року (у %)

Личинки мідій		Літній період року					
		Пляж бази відпочинку «Альбатрос» (Затока) (CW4)		Дача Ковалевського (CW5)I		Пляж «Аркадія» (CW5)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Грохофори	нормальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	аномальні	0,6 ± 0,04	6,67	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	Всього	0,6 ± 0,04	6,67	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	8,0 ± 0,29	3,63	7,6 ± 0,17	2,24	10,1 ± 0,29	2,87
	аномальні	47,0 ± 2,02	4,30	71,2 ± 0,50	0,70	80,4 ± 0,04	0,05
	мертві	44,4 ± 2,27	5,11	21,2 ± 0,67	3,16	9,5 ± 0,25	2,63
	Всього	99,4 ± 0,04	0,04	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Продовження таблиці 2

Личинки мідій		Літній період року					
		Мис Малий Фонтан (CW5)		Район санаторію ім. Чкалова (7 м від труби скиду) (CW5)		Район санаторію ім. Чкалова (зона змішування) (CW5)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Грохофори	нормальні	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
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	10,0 ± 0,29	2,90	0,0 ± 0,00	0,00	5,7 ± 0,21	3,68
	аномальні	80,7 ± 0,08	0,10	0,0 ± 0,00	0,00	86,8 ± 0,04	0,05
	мертві	9,3 ± 0,21	2,26	0,0 ± 0,00	0,00	7,5 ± 0,21	2,80
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Продовження таблиці 2

Личинки мідій		Літній період року					
		Пляж «Дельфін» (зона змішування) (CW5)		Одеський порт		Район Лузанівки I	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Грохофори	нормальні	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
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	7,2 ± 0,13	1,81	9,7 ± 0,34	3,51	4,3 ± 0,21	4,88
	аномальні	82,1 ± 0,21	0,26	76,0 ± 0,08	0,11	76,6 ± 0,63	0,82
	мертві	10,7 ± 0,21	1,96	14,3 ± 0,42	2,94	19,1 ± 0,42	2,20
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Кінець таблиці 2

Личинки мідій		Літній період року					
		Район Лузанівки II (CW6)		Григоріївський лиман (TW21)		Пляж бази відпочинку «Кипарис» (Коблеве) (CW7)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Грохофори	нормальні	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,0 \pm 0,00$	0,00
	аномальні	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,6 \pm 0,04$	6,67
	Всього	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,6 \pm 0,04$	6,67
Продісоконхи	нормальні	$3,4 \pm 0,29$	8,53	$7,1 \pm 0,21$	2,96	$10,0 \pm 0,29$	2,90
	аномальні	$71,3 \pm 0,04$	0,06	$77,8 \pm 0,13$	0,17	$79,0 \pm 0,42$	0,53
	мертві	$25,3 \pm 0,25$	0,99	$15,1 \pm 0,34$	2,25	$10,4 \pm 0,13$	1,25
	Всього	$100,0 \pm 0,00$	0,00	$100,0 \pm 0,00$	0,00	$99,4 \pm 0,04$	0,04

Результати проведеного восени 2018 року біотестування якості морської води акваторій водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману дозволили встановити, що перетворення личинок мідій зі стадії трохофори до стадії продісоконх у більшості досліджуваних середовищ проходило успішніше, ніж літом. У нормальних продісоконхів перетворилося більше 40 % личинок (табл. 3). Але у воді з ділянок моря у районах Затоки (CW4) та Коблевого (CW7) під час біотестування розвинулася найменша кількість нормально сформованих тест-об'єктів стадії продісоконх – 5,9 % та 9,2 %, відповідно.

Кращими екологічними умовами для розвитку личинок мідій характеризувалося водне середовище пляжу Лузанівка II (CW6), тому що саме в ньому під час біотестування його якості утворилося найбільше продісоконхів нормальної морфології – 43,3 %. Найменше аномальних продісоконхів було також у воді прибережжя пляжу Лузанівка II, а найбільше – у прибережній смузі моря в Затоці (CW4) – 88,0 %. Тут аномально розвинених личинок цієї стадії розвитку утворилося у 1,7 рази більше, ніж у воді з пляжу Лузанівка II. А кількість мертвих продісоконхів була найбільшою цієї осені у досліджуваному середовищі з Григоріївського лиману (TW21) і становив 7,2 %. Цей показник був незначно більшим за всі інші отримані результати з кількості загиблих личинок мінімально на 0,7 % і максимально – на 4,2 %.

Оцінка екологічного стану прибережного морського середовища з районів пляжу «Аркадія» та Григоріївського лиману (TW21) за показниками розвитку личинок мідій показала, що кількість морфологічно нормальних продісоконхів, що розвинулися у воді з цих акваторій, була також значною і поступалася лише результатам з біотестування якості вод з прибережжя пляжу Лузанівка II (CW6) на 6,7 % та 8,3 %, відповідно.

Восени 2018 року біотестування якості морського довкілля з різних за антропогенним навантаженням водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману на личинках мідій (як дуже чутливих до якості водного середовища) виявило, що екологічні властивості досліджених вод погіршувалися в ряду: TW21 > CW6 > CW5 > CW7 > CW4.

Таблиця 3 – Розвиток личинок чорноморських мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману восени 2018 року (у %)

Личинки мідій		Осінній період року					
		Пляж бази відпочинку «Альбатрос» (Затока) (CW4)		Дача Ковалевського (CW5)I		Пляж «Аркадія» (CW5)I	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Грохофори	нормальні	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
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	5,9 ± 0,25	4,24	21,7 ± 0,46	2,12	36,6 ± 0,34	0,93
	аномальні	88,0 ± 0,04	0,05	63,9 ± 0,17	0,27	58,3 ± 0,63	1,08
	мертві	6,1 ± 0,21	3,44	14,4 ± 0,29	2,01	5,1 ± 0,29	5,69
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Продовження таблиці 3

Личинки мідій		Осінній період року					
		Мис Малий Фонтан (CW5)		Район санаторію ім. Чкалова (7 м від труби скиду) (CW5)		Район санаторію ім. Чкалова (зона змішування) (CW5)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Грохофори	нормальні	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
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	28,3 ± 0,25	0,88	0,0 ± 0,00	0,00	22,1 ± 0,34	1,54
	аномальні	66,5 ± 0,50	0,75	0,0 ± 0,00	0,00	75,0 ± 0,08	0,11
	мертві	5,2 ± 0,25	4,81	0,0 ± 0,00	0,00	2,9 ± 0,25	8,62
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Продовження таблиці 3

Личинки мідій		Осінній період року					
		Пляж «Дельфін» (зона змішування) (CW5)		Одеський порт (CW6)		Район Лузанівки I (CW6)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Грохофори	нормальні	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
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	14,1 ± 0,42	2,98	28,0 ± 0,34	1,21	19,2 ± 0,17	0,89
	аномальні	80,4 ± 0,17	0,21	66,5 ± 0,13	0,20	76,6 ± 0,17	0,22
	мертві	5,5 ± 0,25	4,55	5,5 ± 0,21	3,82	4,2 ± 0,34	8,10
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Кінець таблиці 3

Личинки мідій		Осінній період року					
		Район Лузанівки II (CW6)		Григоріївський лиман (TW21)		Пляж бази відпочинку «Кипарис» (Коблеве) (CW7)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Трохофори	нормальні	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,0 \pm 0,00$	0,00
	аномальні	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,0 \pm 0,00$	0,00
	Всього	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,0 \pm 0,00$	0,00	$0,0 \pm 0,00$	0,00
Продісоконхи	нормальні	$43,3 \pm 0,46$	1,06	$35,0 \pm 0,25$	0,71	$9,2 \pm 0,17$	1,85
	аномальні	$51,4 \pm 0,13$	0,25	$57,8 \pm 0,00$	0,00	$84,3 \pm 0,08$	0,09
	мертві	$5,3 \pm 0,34$	6,42	$7,2 \pm 0,25$	3,47	$6,5 \pm 0,25$	3,85
	Всього	$100,0 \pm 0,00$	0,00	$100,0 \pm 0,00$	0,00	$100,0 \pm 0,00$	0,00

На рисунку 2, де представлено відсоток нормальних личинок мідій при біотестуванні якості вод прибережних і відкритих районів ПЗЧМ та Григоріївського лиману, чітко простежується динаміка змін екологічного стану водного середовища досліджених морських акваторій в осінні періоди 2009-2018 років.

У 2009 році сталося зростання температури води до 27°C на фоні низької її солоності (від 10,51 ‰ до 12,42 ‰), що протягом року призвело до погіршення екологічних властивостей морської води всіх прибережних акваторій (для розвитку личинок).

Літом 2010 року під час тривалої аномальної спеки, коли температура води у прибережжі м. Одеси піднялася до меж від 28 °C до 31 °C на фоні нижчої, ніж попереднього року, солоності (від 8,99 ‰ до 9,85 ‰), загинула значна кількість морських організмів. Кількість нормально сформованих личинок мідій, отриманих при біотестуванні прибережних вод, знизилася восени 2010 року, сягнувши від 1,0 % до 5,3 %.

Впродовж 2011-2012 років гідрологічні умови в прибережжі ПЗЧМ відповідали нормам для розвитку гідробіонтів і екологічні властивості його вод покращилися. Відсоток нормально розвинутих тест-об'єктів суттєво зріс у всіх досліджених середовищах відносно показників 2009-2010 років.

Біотестування якості води прибережних районів Одеського прибережжя у 2013 році виявило більш значуще збільшення кількості личинок нормальної морфології у досліджуваних середовищах – до 46,9 %. У районі скиду стоків санаторію ім. Чкалова цей показник, навпаки, знизився до 0,5 %. У воді з акваторії мису Малий Фонтан морфогенез личинок проходив, як завжди, найуспішніше.

У 2014 році гідрологічні характеристики досліджених середовищ четвертий рік поспіль відповідали екологічним нормам для розвитку чорноморських організмів. Але властивості довкілля більшості антропогенізованих акваторій прибережжя ПЗЧМ зазнали деякого погіршення, що відображає зареєстроване зменшення кількості нормально розвинутих личинок мідій при біотестуванні осінню якості досліджених середовищ від 3,5 % до 20,8 % відносно показників 2013 року.

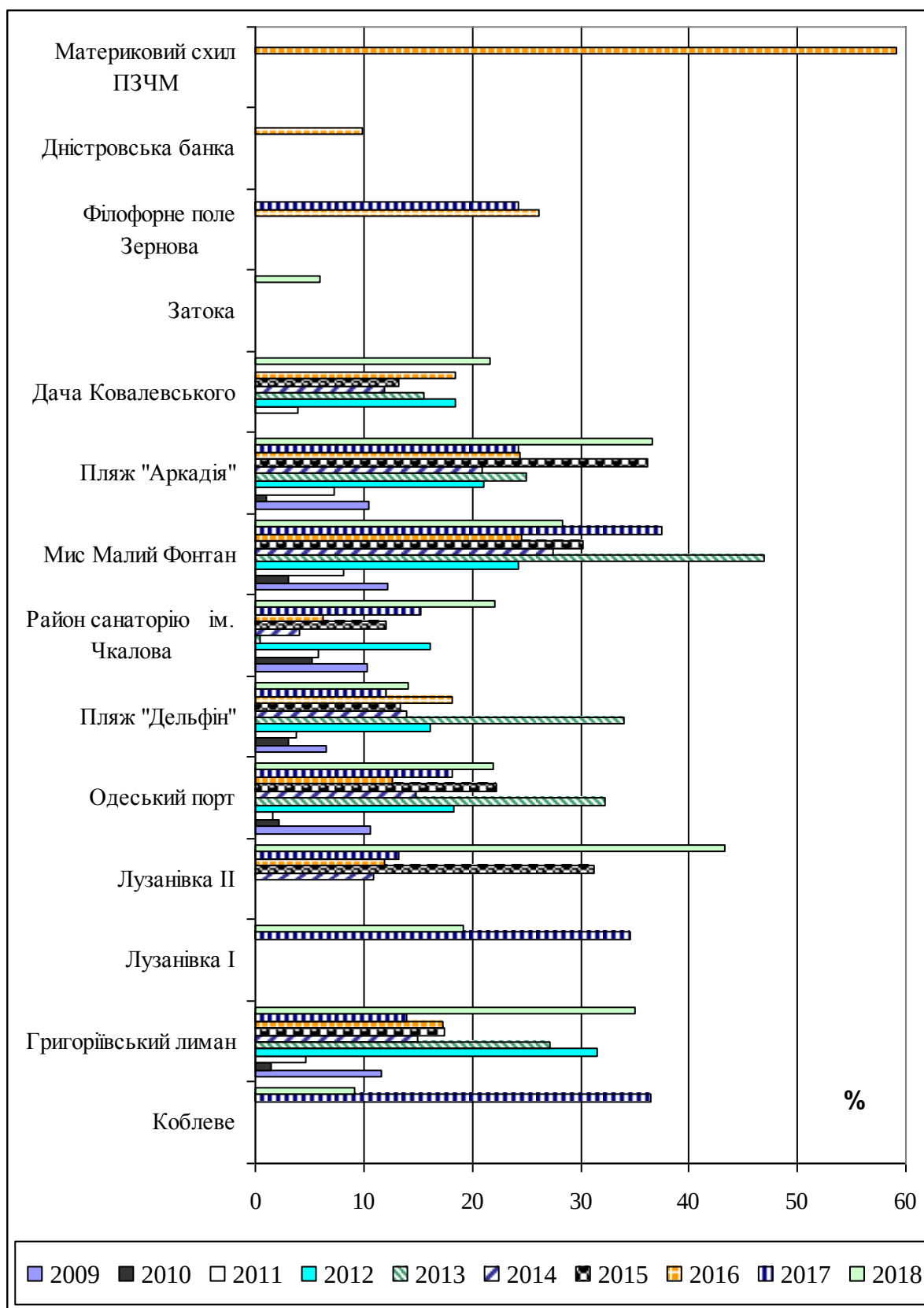


Рисунок 2 – Відсоток личинок мідій нормальної морфології при біотестуванні якості довкілля прибережних та відкритих районів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в осінні сезони 2009-2018 років

У 2015 році сталося покращення якості водного середовища для морфогенезу ембріонів мідій восени на абсолютній більшості прибережних акваторій, що відобразилося на зростанні відсотку нормально розвинених личинок мідій при біотестуванні якості морського довкілля прибережжя м. Одеси мінімум на 1,3 % та максимум на 20,3 % відносно попереднього року.

У 2017 році, порівняно з 2016 роком, якість водного довкілля для розвитку ембріонів мідій покращилася на значній кількості досліджених прибережних акваторій цієї частини моря. Зокрема, у воді з умовно-чистого району моря біля мису Малий Фонтан утворилося у 1,5 рази більше продіссоконхів нормальної морфології, ніж восени попереднього року.

У 2008-2018 роках сумарна кількість аномально розвинених і мертвих личинок мідій перевищувала 50 % майже у всіх протестованих середовищах. Токсичність морських вод для личинок молюсків за критеріями Woelke (згідно за розділом 2) характеризує досліджені акваторії як такі, що, здебільшого, мали розтягнутий летальний поріг (за наявності під час біотестування якості їхнього довкілля від 50 % до 90 % аномальних і мертвих тест-об'єктів).

У 2018 році, порівняно з минулим роком, якість водного довкілля для розвитку ембріонів мідій при біотестуванні вод з різних водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лимані покращилася на значній кількості досліджених прибережних акваторій цієї частини моря. Але у водному довкіллі умовно-чистої (в минулому) ділянки моря біля мису Малий Фонтан і пляжів Лузанівка I та бази відпочинку «Кипарис» (Коблеве) утворилося на 9,2 %, 15,4 % і 27,2 % менше продіссоконхів нормальної морфології (відповідно), порівняно з осінню 2017 року. Найвірогіднішим поясненням найбільш суттєвого погіршення якості саме пляжних вод Лузанівки I у літньо-осінній період може бути «гіперцвітіння», яке змінилося тривалим (впродовж декількох місяців) «цвітінням», потенційно токсичної дінофітової водорості *Prorocentrum micans*. У тому ж водному масиві (CW6) у водному довкіллі пляжу Лузанівки II під час біотестування якості води з даної акваторії були отримані найкращі показники морфогенезу личинок мідій

ранніх стадій розвитку осінню цього року, а саме – 43,3 % нормально розвинутих продісоконхів.

Ретроспективне порівняння цих результатів з такими за минуле десятиріччя, показало, що найкращим екологічним станом характеризувалося довкілля материкового схилу ПЗЧМ, тобто у західній частині глибоководної ділянки ПЗЧМ, у 2016 році, у воді якого при біотестуванні розвинулося 59,1 % личинок нормальної морфології (див. рис. 2).

5 БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТАНУ ДОРΟΣЛИХ МІДІЙ

Провідний компонент донних фільтраторів Чорного моря – двостулкові молюски родини мітілід (*Mytilidae* Rafinesque), які здійснюють колосальну за масштабами функцію біологічного фільтру, що осаджує різні зависі із водного середовища від урізу води до меж сірководневої зони [37], [38]. Мітіліди-домінанти відіграють у спільнотах значну едифікаторну роль. В багатьох біотопах вони є домінуючими за розмірами і біомасою представниками зообентосу, що визначають структурні та функціональні особливості донних спільнот.

Чорноморські мідії дуже виділяються серед мітілід, як біофільтратори, які пропускають крізь себе щодобово величезну кількість морської води, що забезпечує їх життєдіяльність за рахунок відфільтровування компонентів оточуючого середовища. Саме тому мідії здатні накопичувати у своєму організмі забруднюючі речовини з водного довкілля. Можна сказати, що стан мідій – це інтегральний показник екологічного стану району мешкання даних гідробіонтів.

Стан 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 [18].

Впродовж 2018 року було проведено біотестування якості середовища водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману за фізіолого-морфологічними показниками дорослих мідій (стабільністю мембран лізосом клітин гемолімфи до впливу нейтрального червоного (модельного токсиканту), інтенсивністю процесів фільтрації та дихання цих молюсків). Проби води і молюсків улітку відбирали у червні з настанням біологічного літа, а осінні проби – на початку жовтня.

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

Протягом року проведено біотестування якості морських вод прибережних акваторій ПЗЧМ та Григоріївського лиману (як умовно-чистих, так і антропогенно навантажених) з використанням показника стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи дорослих чорноморських мідій. Дослідження проводилися за «Методикою оцінки якості морської води з використанням показника часу утримання нейтрального червоного лізосомами клітин гемолімфи мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» (див. 2).

При біотестуванні якості морського довкілля за досліджуваними характеристиками стану лізосом клітин гемолімфи дорослих мідій було встановлено, що цілорічно найбільш екологічно сприятливими для мешкання цих мітілід були умови у прибережжі мису Малий Фонтан.

При проведенні біотестування якості морського середовища за фізіолого-морфологічними показниками гідробіонтів для коректної інтерпретації отриманих даних необхідно враховувати вплив на стан тест-об'єктів ряду екологічних факторів, таких, як солоність, температура, період року, тощо [41].

Улітку температурні показники водного середовища досліджуваних прибережних районів становили від 19,5°C до 23,0 °C. Солоність прибережної води знаходилась у діапазоні від 11,5 ‰ до 13,5 ‰. Тобто, показники солоності води влітку знаходились в межах екологічної норми для розвитку чорноморських мідій. Восени температура та солоність поверхневих вод були від 15,5 °C до 18,2°C та від 12,5 ‰ до 16,0 ‰, відповідно. Тобто, і восени реєстровані гідрологічні показники повсюдно були екологічно нормальними для життєдіяльності чорноморських двостулкових молюсків.

Стійкість мембран лізосом клітин гемолімфи мідій до впливу модельного токсиканту (нейтрального червоного) улітку була найвищою у особин, які

перебували у водному середовищі з акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан (CW5), і становила 171 хв (табл. 4).

Таблиця 4 – Час утримання нейтрального червоного мембранами лізосом клітин гемолімфи мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році (у хв)

Місце відбору проб води (водні масиви)	Кількість повторів (n)	Максимальні показники	Мінімальні показники	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Літній період року					
Мис Малий Фонтан (CW5)	10	180	150	171,0 $\pm$ 3,25	1,90
Одеський порт (CW6)	10	180	120	165,0 $\pm$ 6,49	3,93
Григоріївський лиман (TW21)	10	180	120	159,0 $\pm$ 6,49	4,08
Осінній період року					
Мис Малий Фонтан (CW5)	10	180	150	174,0 $\pm$ 3,25	1,87
Одеський порт (CW6)	10	180	120	156,0 $\pm$ 6,49	4,16
Григоріївський лиман (TW21)	10	180	90	129,0 $\pm$ 9,74	7,55

Лізосомальна стабільність клітин гемолімфи тест-об'єктів у воді з Григоріївського лиману (TW21) у літній сезон досліджень була найнижчою – 159 хв, що було на 12 хв менше, ніж в молюсків, які перебували в умовах лабораторії у воді з умовно-чистої акваторії біля мису Малий Фонтан.

Восени стабільність лізосомальних мембран клітин гемолімфи мідій також була найкращою у двостулкових під час досліджень якості води з ділянки моря, прилеглої до мису Малий Фонтан, і сягнула 174 хв. Показники часу утримання нейтрального червоного лізосомами клітин гемолімфи використаних тест-об'єктів, що перебували восени в умовах лабораторії у лиманській воді та у воді з

Одеського порту (CW6), були значно меншими від тих, які були отримані влітку поточного року.

За часом утримання нейтрального червоного мембранами лізосом гемолімфи мідій стан «здоров'я» дорослих двостулкових та водного середовища акваторій з масивів CW5, CW6 та TW21 весь рік відповідав категорії «гарний», тому що реєстрований показник гемолімфи моллюсків повсюдно перевищував 120-хвилинний поріг (майже в 1,1-1,5 рази).

Ретроспективний аналіз результатів біотестування якості вод цих акваторій за 2009-2018 роки показав (рис. 3), що найнижчих показників стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи мідій сягала у 2009 році у воді з масиву CW6 – лише 57 хв осінню, а ще менше влітку 2011 року – 49,5 хв при тестуванні водного середовища з масиву TW21. Тоді екологічний стан водних мас цих акваторій був оцінений, як «поганий» (стійкість лізосомальних мембран тривала менше 60 хв). Починаючи з 2012 року, досліджений за цим показником гемолімфи екологічний стан водних тіл ПЗЧМ завжди відповідав категорії «гарний».

Звертає на себе увагу, що на рисунку 3 восени 2010 року відсутні результати з досліджень лізосомальної стабільності мембран клітин гемолімфи мідій.

Влітку 2010 року під час тривалої аномальної спеки, коли температура води у прибережжі м. Одеси піднялася до меж від 28 °C до 31 °C на фоні низької солоності води (від 8,99 ‰ до 9,85 ‰), загинула значна кількість морських організмів (серед них і дорослі мідії). Тобто, аномальна спека значно пошкодила мідійні поселення на прибережній міліні моря.

Протягом 2018 року акваторія, прилегла до мису Малий Фонтан (CW5), яка була неодноразово оцінена нами у попередніх багаторічних дослідженнях як умовно-чиста ділянка прибережжя м. Одеси [18], знову мала найкращі екологічні властивості для розвитку саме дорослих чорноморських мідій в Одеській затоці (на відміну від їхніх личинок (див. 4)), що чітко відображують показники стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи цих тест-об'єктів, отримані під час біотестування якості її водного середовища.

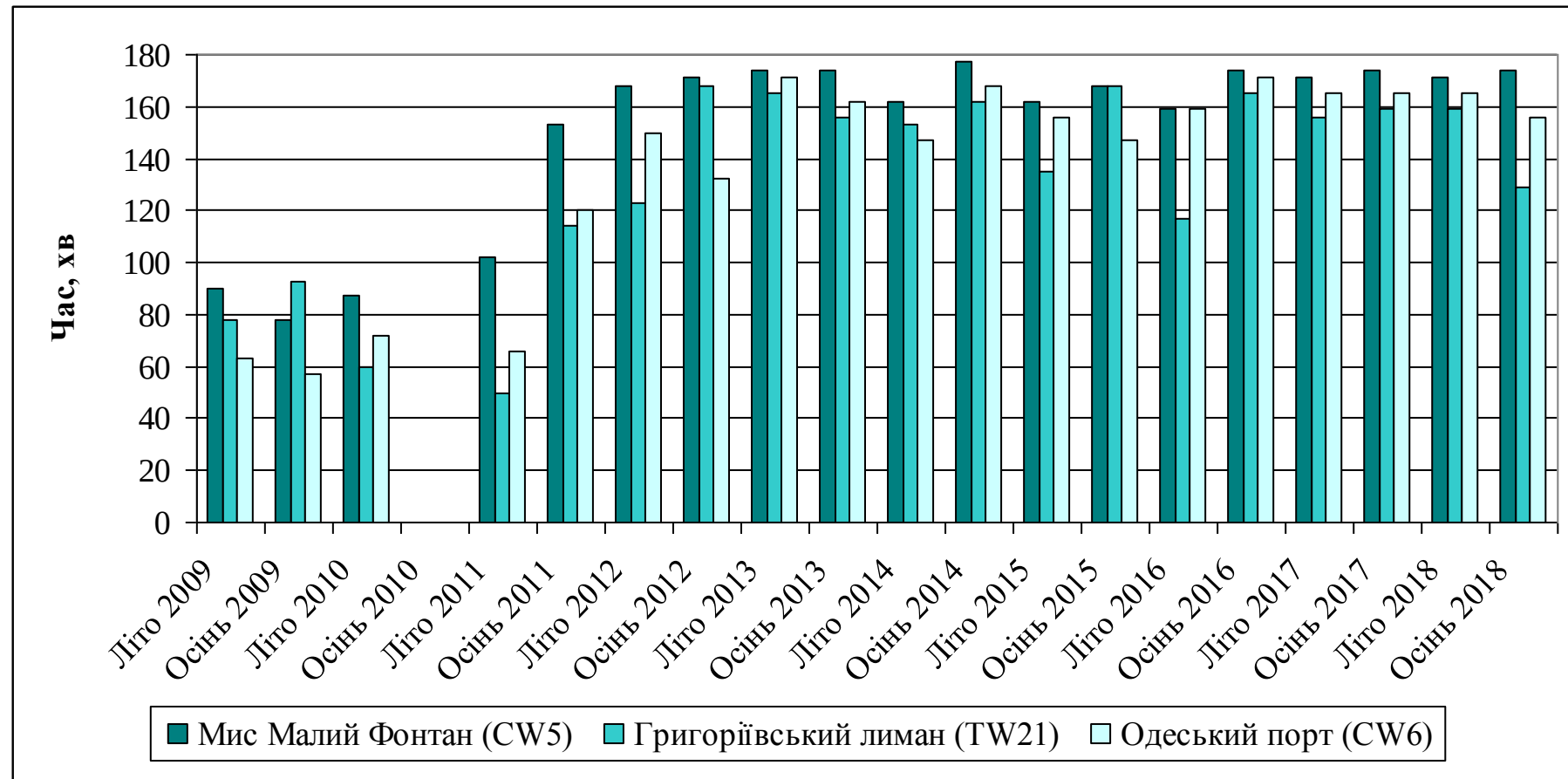


Рисунок 3 – Час утримання нейтрального червоного мембранами лізосом клітин гемолимфи мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2009-2018 роках (у хв)

Отже, екологічний стан довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману суттєво покращився для розвитку гідробіонтів в останні вісім років, що виявлено при біотестуванні якості морського довкілля досліджених прибережних морських районів за показником стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи мідій у період спостережень з 2009 по 2018 рік, коли якість водного середовища стала поступово повсюдно стабільно відповідати категорії «гарна».

5.2 Оцінка якості морських вод за показником інтенсивності фільтрації води мідіями

Важливою характеристикою реакції мітілід на зміни якості морського довкілля під впливом природних та антропогенних факторів є фільтраційна активність (одна з основних характеристик процесу метаболізму їхніх організмів).

Чорноморська мідія відноситься до найбільш зручних об'єктів для дослідження екологічного стану прибережного морського середовища, як активний фільтратор морських вод та численний компонент різноманітних зооценозів Чорного моря [18], [38], [40], [56]-[57]. Стан «здоров'я» цих двостулкових бентосних організмів, що ведуть осілий спосіб життя і тому не можуть залишити своє місцеперебування під час змін екологічних умов у оточуючому їх середовищі, дзеркально відображає якість морського довкілля району їхнього мешкання. Серед продукційних характеристик виду особливе місце займають фізіолого-морфологічні показники організму, які використовуються для оцінки екологічних умов існування виду.

У 2018 році було проведено біотестування якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману (як із умовно-чистої акваторії, так і з антропогенно навантажених ділянок моря) за показником інтенсивності фільтрації води дорослими мідіями (розміром від 45 мм до 50 мм) відповідно до «Методики оцінки якості морської води з використанням показника характеру

фільтрації води чорноморськими мідіями (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» [18] (див. 2).

Влітку найбільш сприятливими для мешкання мітілід були умови в прибережжі мису Малий Фонтан (CW5), у водному середовищі якого показник фільтраційної активності мідій перевищив результати, отримані при дослідженні вод з інших морських акваторій, на 10,5 % та 16,3 % (до можливого) на четверту годину спостережень (табл. 5).

Екологічні умови для існування мідій в Григоріївському лимані (TW21) були найгіршими: інтенсивність фільтрації води молюсками виявилася в 1,2-1,5 рази нижчою порівняно з показниками, отриманими під час біотестування якості вод з Одеського порту (CW6) та прибережжя мису Малий Фонтан (CW5).

Восени активність фільтраційного процесу у мідій під час біотестування якості водного прибережного середовища досліджуваних районів дещо змінилася. Найкращим, як і влітку, був показник інтенсивності фільтрації чорноморськими мідіями води, відібраної з акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан. Але він став на 18,6 % більшим, ніж влітку. Найсуттєвіше протягом року зросла інтенсивність фільтрації чорноморськими мідіями води з Одеського порту. Біологічне освітлення тест-об'єктами водного середовища з цієї ділянки моря підвищилася порівняно з зареєстрованим улітку показником фільтраційної активності молюсків на 21,3 % (до можливого). Лише у особин, які перебували у водному середовищі з Григоріївського лиману, сталося незначне сезонне коливання інтенсивності фільтраційного процесу і вона становила восени 36,0 % (до можливого), тобто процес фільтрації мідіями лиманської води незначно покращився, тому що його активність (відносно літньої) зросла на 4,5 % (до можливого).

Ретроспективне порівняння результатів досліджень процесу фільтрації мідіями морської води з різних прибережних районів ПЗЧМ та Григоріївського лиману за десятирічний період (з 2009 по 2018 рік) показало, що в осіннісезони фільтраційна активність за отриманими показниками, в цілому, перевищувала результати досліджень, проведених у літні періоди (рис. 4 та 5).

Таблиця 5 – Інтенсивність фільтрації води чорноморськими мідіями при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році (у % до можливого)

Термін експозиції (години)	Мис Малий Фонтан (CW5)			Одеський порт (CW6)			Григоріївський лиман (TW21)		
	п	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	п	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	п	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
	Літній період року								
0,5	10	16,4 ± 2,91	17,74	10	8,5 ± 1,44	16,94	10	3,4 ± 0,98	28,82
1,0	10	23,8 ± 5,11	21,47	10	15,1 ± 2,61	17,28	10	9,4 ± 4,31	45,85
1,5	10	31,1 ± 5,65	18,17	10	19,6 ± 3,93	20,05	10	15,7 ± 6,58	41,91
2,0	10	36,4 ± 6,42	17,64	10	23,3 ± 3,45	14,81	10	22,5 ± 7,68	34,13
2,5	10	40,0 ± 6,01	15,03	10	29,4 ± 3,93	13,37	10	24,7 ± 7,81	31,62
3,0	10	43,2 ± 5,60	12,96	10	33,4 ± 4,23	12,66	10	26,9 ± 7,63	28,36
3,5	10	45,4 ± 4,99	10,99	10	34,6 ± 4,17	12,05	10	28,2 ± 7,44	26,38
4,0	10	46,4 ± 4,39	9,46	10	35,9 ± 4,17	11,62	10	30,1 ± 7,25	24,09
Осінній період року									
0,5	10	41,8 ± 3,82	9,14	10	25,7 ± 5,65	21,98	10	16,8 ± 5,04	30,00
1,0	10	59,6 ± 4,31	7,23	10	45,9 ± 7,90	17,21	10	29,1 ± 6,88	24,48
1,5	10	67,6 ± 3,07	4,54	10	54,8 ± 8,21	14,98	10	32,7 ± 7,33	22,41
2,0	10	70,9 ± 2,76	3,89	10	59,3 ± 6,63	11,18	10	35,0 ± 7,26	20,74
2,5	10	70,3 ± 2,40	3,41	10	60,7 ± 5,41	8,91	10	36,5 ± 7,33	20,08
3,0	10	69,4 ± 2,02	2,91	10	59,6 ± 4,86	8,15	10	37,3 ± 7,20	19,30
3,5	10	67,7 ± 1,72	2,54	10	59,0 ± 4,25	7,20	10	37,4 ± 6,76	18,07
4,0	10	65,0 ± 1,54	2,37	10	57,2 ± 3,71	6,49	10	36,0 ± 6,52	18,11

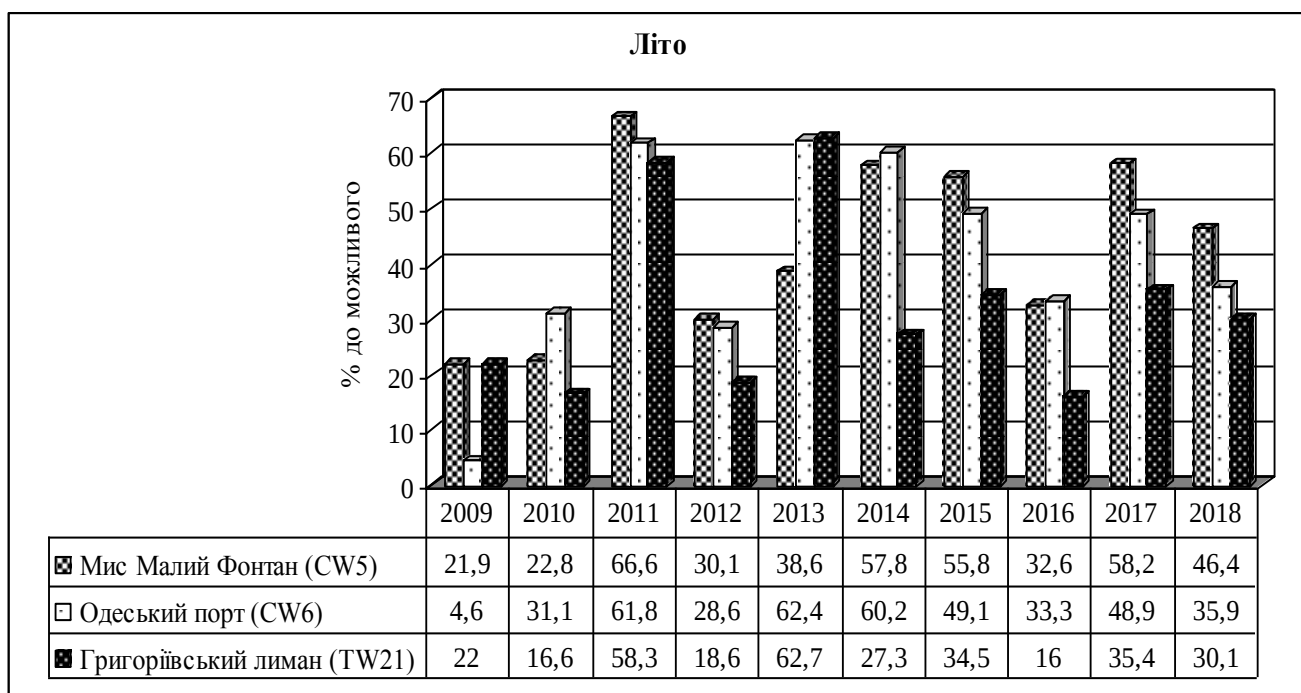


Рисунок 4 – Фільтраційна активність мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в літні періоди 2009-2018 років (на четверту годину спостережень)

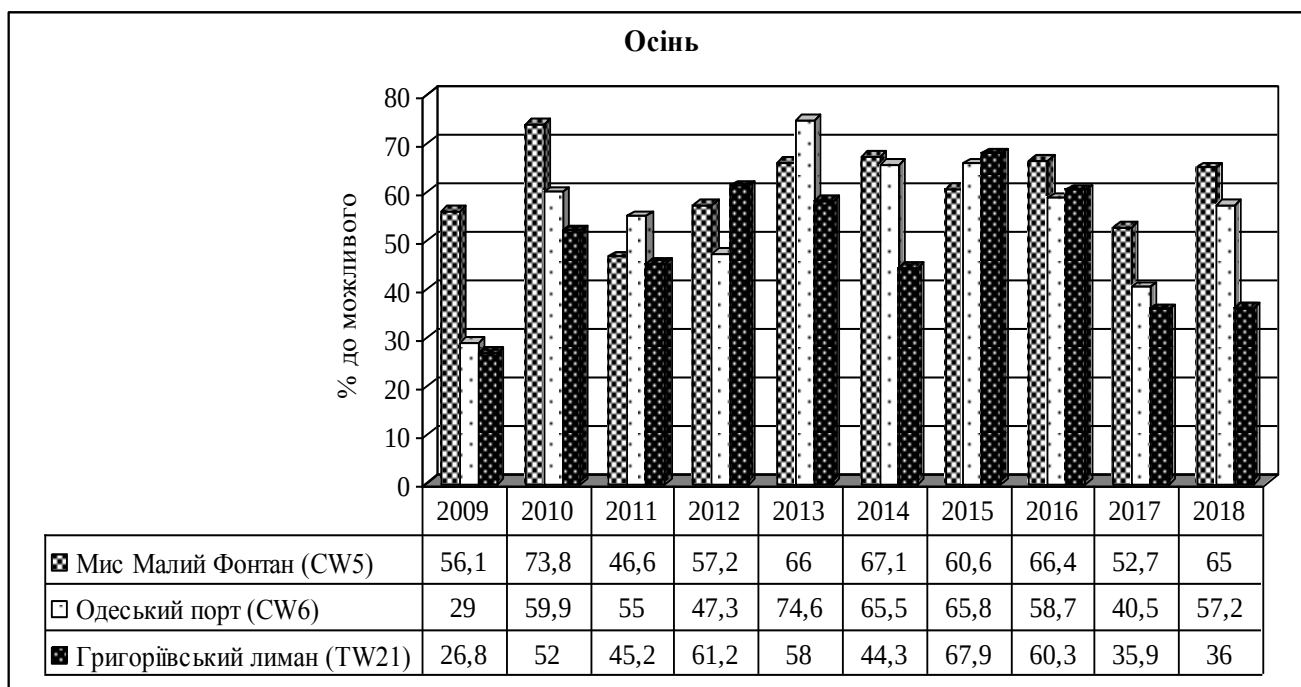


Рисунок 5 – Фільтраційна активність мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в осінні періоди 2009-2018 років (на четверту годину спостережень)

Винятковими були лише показники фільтраційної активності чорноморських мідій протягом 2011 року. Тієї осені реєстрований під час дослідження фільтраційного процесу молюсків показник зменшився в 1,1-1,4 рази порівняно з літніми результатами з оцінки інтенсивності фільтрації мідіями досліджуваних водних мас. Надалі склалася тенденція щорічного зростання фільтраційної активності мідій від літа до осені, а найсуттєвішим воно було у 2016 році – до 3,8 разів.

Літом 2017 року за сприятливих природних умов та наявності помірного антропогенного впливу на досліджувані прибережні акваторії сталося посилення фільтраційного процесу у мідій, що відобразилося у більш високих отриманих показниках при біотестуванні якості вод у порівнянні з результатами аналогічних досліджень у літній сезон попереднього року (див. рис. 4). Відносно показників 2016 року активність фільтрації мідіями всіх досліджуваних вод літом зросла від 15,6 % до 25,6 % (до можливого). Слід відмітити, що у воді з району мису Малий Фонтан, який відчуває незначний антропогенний тиск за рахунок лише рекреаційного використання, улітку показники інтенсивності фільтраційної діяльності тест-об'єктів були вищими, ніж у період 2012-2016 років.

Але осінню 2017 року суттєво понизилася активність фільтраційного процесу піддослідних мідій (у 1,2-1,9 рази) порівняно з осінніми показниками досліджень 2012-2016 років. Відносно всіх осінніх показників попередніх п'яти років фільтраційний процес суттєво зменшився у молюсків, що перебували у воді з прибережжя Григоріївського лиману (до 32,0 % до можливого) та дещо більш значуще – у тих мідій, що знаходилися у воді з Одеського порту (до 34,1 % до можливого), хоча гідрологічні показники досліджуваних водних мас (солоність, температура, тощо) перебували у межах екологічної норми для дорослих чорноморських мітілід (див. 4). Зростання фільтраційної активності мідій при біотестуванні якості морської води з акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан, у осінні періоди 2012-2016 років (відносно літніх періодів досліджень) чітко простежується на рисунку 5. Виключення становлять показники 2011 та 2017 років, коли впродовж року сталося зниження інтенсивності процесу фільтрації у

молюсків (в 1,4 та 1,1 рази, відповідно). Осінню 2010 року інтенсивність фільтрації води молюсками, яка становила на четверту годину спостережень 73,8 % до можливого, була вищою за результати досліджень цього показника у прибережних водних середовищах впродовж 2011-2017 років. Восени 2017 року фільтраційна активність мідій у воді з акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан, знизилася (майже в 1,3 рази) відносно попереднього року, але стосовно інших досліджених ділянок моря Одеського прибережжя (див. рис. 4, 5) може бути об'єктивно охарактеризована як така, що протягом року мала найсприятливіші для життєдіяльності мітілід, як організмів-фільтраторів, екологічні властивості довкілля, тобто продовжувала залишатися умовно-чистою ділянкою моря в Одеській затоці.

Влітку 2018 року якість всіх досліджуваних морських та лиманських водних мас дещо погіршилася, активність фільтрації мідій в них літом зменшилася на 5,3-13,0 %, але в осінній період зросла на 0,1-16,7 % (до можливого). Тобто, дорослим *M. galloprovincialis* досліджувані води (з водних масивів CW5, CW6 та TW21) були за екологічними властивостями більш прийнятними для існування в осінній період року, що відобразилося на зростанні інтенсивності фільтраційного процесу у цих тест-об'єктів протягом року (див. табл. 5 та див. рис. 4, 5).

5.3 Оцінка якості морського довкілля за показником інтенсивності дихання мідій

Одна з найважливіших характеристик стану організму двостулкових молюсків – рівень споживання ними розчиненого у воді кисню [58]-[59]. За оцінкою інтенсивності дихання молюсків (як показника швидкості обміну речовин цих гідробіонтів) можна зробити висновок щодо фізіологічного стану організму в цілому [41].

Процес дихання *Bivalvia* перебуває під впливом різних факторів: температури і солоності води, присутності забруднюючих речовин, інтенсивності харчування, наявності короткочасної або тривалої гіпоксії, пори року, тощо [60]-[67]. Температура водного середовища – один з основних кліматичних факторів, що впливають на процес дихання у мідій [68]-[69]. Також на активність цього процесу впливає такий фактор, як стадія розвитку статевих продуктів, та ряд інших чинників [66], [70]-[71]. Дослідниками встановлено, що інтенсивність дихання чорноморської скельової мідії мінімальна взимку, збільшується в березні-квітні на фоні підвищення температури води та визрівання гонад і досягає максимуму при її значеннях від 14 °C до 16 °C [72]-[74]. Після нересту фізіологічна активність мідій змінюється, тобто знижується обмін речовин у молюсків, хоча температура води продовжує зростати [38]. Мідія може проявляти постійну інтенсивність обміну речовин у достатньо широкому діапазоні концентрацій кисню у воді.

Наші власні багаторічні дослідження сезонних змін показників обміну речовин у дорослих чорноморських мідій за показником інтенсивності споживання ними розчиненого у воді кисню співпали з висновками інших дослідників [18], [38], [72]-[74].

Літом 2018 року в прибережжях м. Одеси та Григоріївського лиману солоність та температура водного середовища (дуже важливі для розвитку водних організмів фактори) перебували в межах екологічної норми для життєдіяльності чорноморських мідій (див. 5.1).

Біотестування якості морського довкілля прибережних акваторій за показником інтенсивності дихання дорослих чорноморських мідій (розміром від 45 мм до 50 мм) було проведено за «Методикою оцінки якості води з використанням показника інтенсивності дихання водних організмів» [18] (див. 2).

Влітку споживання розчиненого у воді кисню дорослими чорноморськими мідіями, використаними у якості тест-об'єктів, характеризувалося в усіх досліджених водних середовищах показниками, що коливалися від 0,24 мл O₂/особину в годину до 0,52 мл O₂/особину в годину, а осінню вони

перебували у діапазоні від 0,06 мл O₂/особину в годину до 0,20 мл O₂/особину в годину (табл. 6).

Таблиця 6 – Інтенсивність дихання чорноморських мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році (в мл O₂/особину в годину)

Місце відбору проб води (водні масиви)	Кількість повторів (n)	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Літній період року			
Мис Малий Фонтан (CW5)	10	0,24 ± 0,035	14,58
Одеський порт (CW6)	10	0,52 ± 0,068	13,08
Григоріївський лиман (TW21)	10	0,31 ± 0,053	17,10
Осінній період року			
Мис Малий Фонтан (CW5)	10	0,20 ± 0,029	14,50
Одеський порт (CW6)	10	0,10 ± 0,028	28,00
Григоріївський лиман (TW21)	10	0,06 ± 0,010	16,67

В літній період 2018 року у воді з акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан (CW5), дорослі мідії почувалися фізіологічно менш активними, ніж у інших досліджуваних середовищах (CW6 та TW21), що і відобразилося на більш низькому реєстрованому показнику споживання розчиненого у воді кисню під час дихання молюсків (в 1,3-2,2 рази, відповідно). В осінній період року реєстрований показник процесу дихання мідій під час біотестування якості довкілля водних масивів був суттєво вищим у молюсків, що перебували у воді з прибережної смуги моря вздовж мису Малий Фонтан (у 2,0-3,3 рази).

При біотестуванні якості води прибережних районів ПЗЧМ та Григоріївського лиману результати досліджень інтенсивності дихання мідій в літні періоди 2009-2018 років показали (рис. 6), що у 2013-2015 роках

реєстрований показник був повсюдно нижчим, ніж у два попередні та два наступні роки.

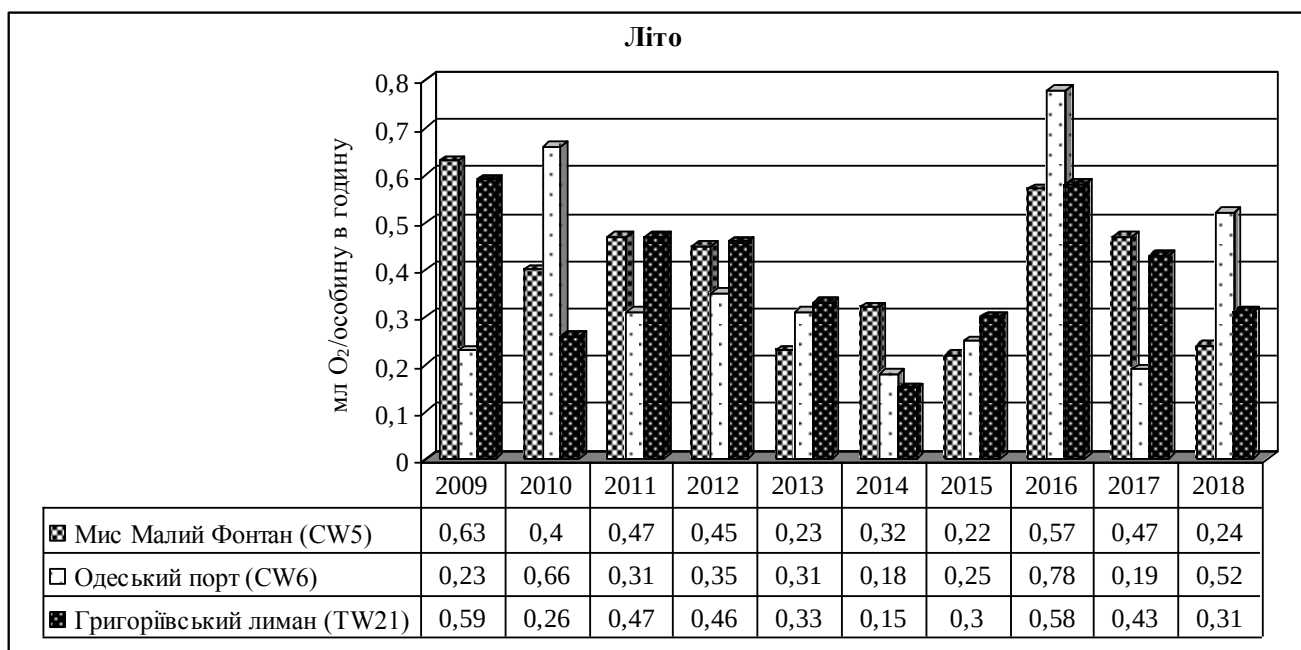


Рисунок 6 – Дихання мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману у літні періоди 2009-2018 років (в мл O_2 /особину в годину)

У 2012-2014 роках щоліта знижувалося біологічне споживання кисню молюсками, що мешкали в умовах лабораторії у воді з Одеського порту (майже вдвічі). Зменшилася й інтенсивність дихання мідій у воді з ділянки моря, прилеглої до мису Малий Фонтан, у літні сезони 2013-2015 років (порівняно з попередніми двома роками).

Порівнюючи показники інтенсивності дихання чорноморських мідій в літні (від 0,15 мл O_2 /особину в годину до 0,78 мл O_2 /особину в годину) та осінні (від 0,06 мл O_2 /особину в годину до 0,53 мл O_2 /особину в годину) сезони спостережень у 2009-2018 роках у досліджених водних середовищах ПЗЧМ та Григоріївського лиману, можна відмітити, що в осінні періоди отримані

показники стану обмінних процесів в організмі двостулкових залишалися більш стабільнішими (рис. 7 та див. рис.6).

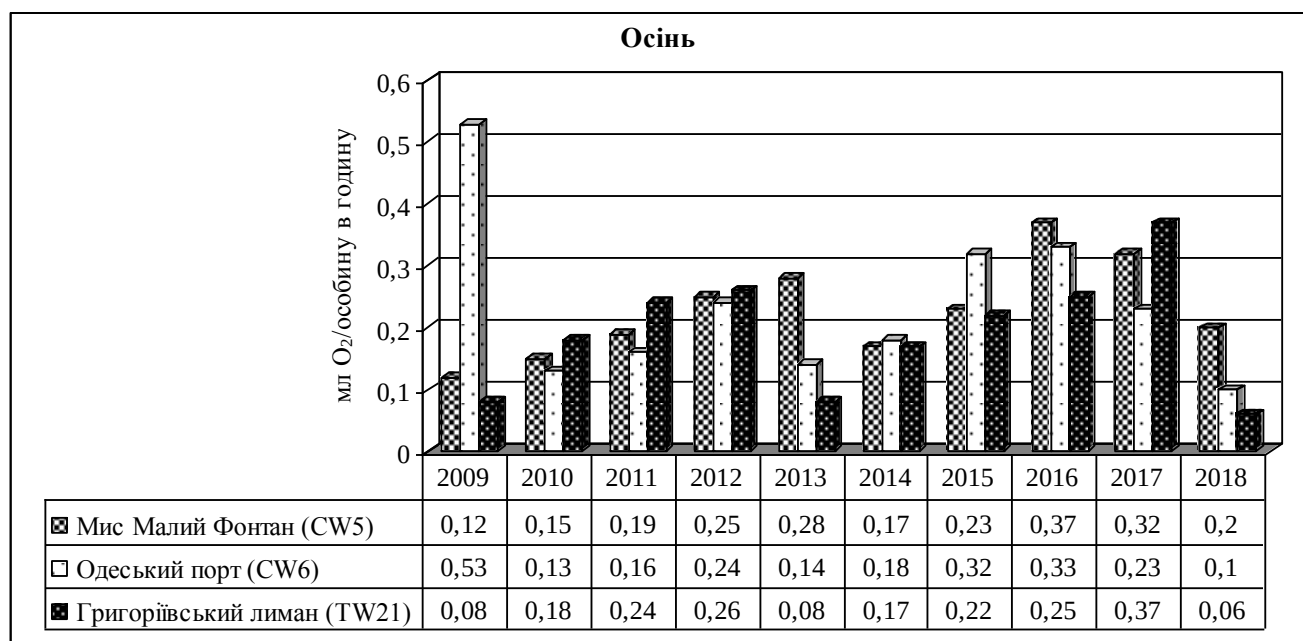


Рисунок 7 – Дихання мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в осінні періоди 2009-2018 років (в мл O_2 /особину в годину)

Ретроспективний аналіз стану морського довкілля Одеського прибережжя та Григоріївського лиману за показником інтенсивності дихання мідій показує поступову тенденцію до зменшення споживання ними розчиненого у воді кисню з 2011 року до 2016-2017 років. Окремо слід відмітити низький показник інтенсивності дихання чорноморських мідій під час біотестування якості водного середовища Григоріївського лиману восени 2009, 2013 та 2018 років, що сягнув лише 0,08 мл O_2 /особину в годину та 0,06 мл O_2 /особину.

Споживання розчиненого у воді кисню (в 2009-2018 роках) у молюсків, що перебували в умовах лабораторії під час біотестування якості водного середовища з прибережної умовно-чистої смуги моря Одеського прибережжя (біля мису

Малий Фонтан), було найвищим в осінні сезони 2009, 2016 і 2017 років (див. рис. 6, 7).

Слід зазначити, що восени 2018 року стійкість мембран лізосом клітин гемолімфи мідій до впливу модельного токсиканту (нейтрального червоного), фільтраційна активність та інтенсивність дихання цих молюсків (основні показники обмінних процесів в організмі двостулкових) під час біотестування якості морських та лиманських вод були найвищими тест-об'єктів, що мешкали в умовах лабораторії у воді з прибережжя мису Малий Фонтан (див. 5.1, 5.2 та див. рис. 7). Це може бути пояснено сприятливішими умовами для життєдіяльності дорослих мідій у середовищі умовно-чистої акваторії Одеського прибережжя під час досліджень.

Проведена ретроспективна порівняльна оцінка змін екологічного стану довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману, отриманих за результатами біотестування якості водних середовищ з різним ступенем і характером забруднення при одночасному використанні декількох фізіологічних показників стану метаболічних процесів в організмах чорноморських мідій (стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи двостулкових, фільтраційної активності молюсків та інтенсивності споживання ними розчиненого у воді кисню) показала доцільність використання у якості тест-об'єктів дорослих *M. galloprovincialis* для проведення подальших досліджень «здоров'я» морського середовища.

6 БІОІНДИКАЦІЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТАНУ ВОДОРОСТЕЙ МІКРОФІТОБЕНТОСУ

Морські субстрати різного походження (камені, пісок, бетонні споруди, тощо) – це контурні біотопи, населені організмами обростань. Ці водні оселища відрізняються різноманітним видовим складом, високими чисельністю та біомасою гідробіонтів. Такі угруповання зазнають інтенсивного природного й антропогенного впливу і є важливим об'єктом морського моніторингу [75].

В дослідженнях екологічного стану морського довкілля контурні біотопи та їх біоценози відіграють ключову роль [76]. При його забрудненні стічними водами різного походження на субстратах розвиваються певні види або групи видів мікроводоростей [77]. Провідне місце серед них належить діатомеям, широко представленим в Чорному морі впродовж року, і ціанопрокаріотам, що інтенсивно розвиваються влітку за високих температур води [78]. В імпактних частинах моря, які зазнають значного органічного забруднення, чисельність мікрофітів в 2,0-2,5 рази вища порівняно з його умовно чистими ділянками [79].

При комплексній оцінці наслідків антропогенного впливу на екосистеми субліторалі важливу роль відіграють дослідження стану біологічної різноманітності обростань мікроводоростей на твердих субстратах у контактній зоні берег-море [80]. Прикріплені діатомеї перифітону та бентосу за систематичним складом значно багатші за планктонні пелагічні форми. Це обумовлено різними екологічними умовами у субліторалі та пелагіалі. У біотопах з помірним забрудненням спостерігається інтенсивніший кількісний розвиток діатомей, порівняно з чистими водами, але зменшується кількість видів і домінують полі- і мезосапроби, стійкі до антропогенного впливу. При сильнішому забрудненні місцеперебування бентосних мікрофітів знижуються їхні кількісні показники і збіднюється видовий склад.

6.1 Оцінка якості морського прибережного середовища за показниками розвитку мікрофітобентосу

Впродовж 2018 року була виконана біоіндикація якості морських вод Одеського прибережжя та Григоріївського лиману за систематичними, кількісними, морфологічними, галобіонтними та сапробіологічними показниками розвитку мікрофітобентосу.

Проби водоростей були відібрані на бетонних та гранітних субстратах в різних за рівнем антропогенного навантаження частинах Одеського прибережжя: на пляжі в Затоці (CW4), біля мису Малий Фонтан і Дачі Ковалевського (CW5), на пляжах «Аркадія» та «Дельфін» (CW5), поблизу санаторію ім. Чкалова (CW5), в Лузанівці I (CW6); з поверхні металевих конструкцій у Григоріївському лимані (TW21) та неподалік Коблевого (CW7). Також досліджувалися мікрофіти на поверхнях: стулок мідій з ділянок моря поблизу мису Малий Фонтан, Одеського порту (CW6) та Григоріївського лиману; мулистого ґрунту в акваторіях Одеського порту і Григоріївського лиману; піщаного субстрату в зонах заплеску в Затоці (CW4), мису Малий Фонтан, Лузанівки I і II та Коблевого. Біля мису Малий Фонтан, в Одеському порту та Григоріївському лимані на різних субстратах (бетоні, гумі, залізі) були відібрані якісні проби мікрowodоростей.

Протягом 2018 року в досліджених акваторіях ПЗЧМ на всіх обстежених субстратах було знайдено 158 видів мікрowodоростей (додаток В). Переважали діатомові – 106 видів, або 67,0 % від загального видового складу (рис. 8), здебільшого представники родів *Nitzschia* та *Navicula* – відповідно 15 та 9 видів. Менше було синьо-зелених (15,0 %) – види родів *Merismopedia* та *Phormidium* (по 3) та дінофітових (9,0 %), представлених 4 видами роду *Gymnodinium*, а також один вид (представник джгутикових водоростей), віднесений до «Інших».

Найрізноманітніший видовий склад мікрофітобентосу був відмічений в акваторіях Григоріївського лиману (TW21) і Одеського порту (CW6) – по 65 видів улітку та 78 і 67 – восени. Багато їх було і поблизу мису Малий Фонтан: 47 та 62

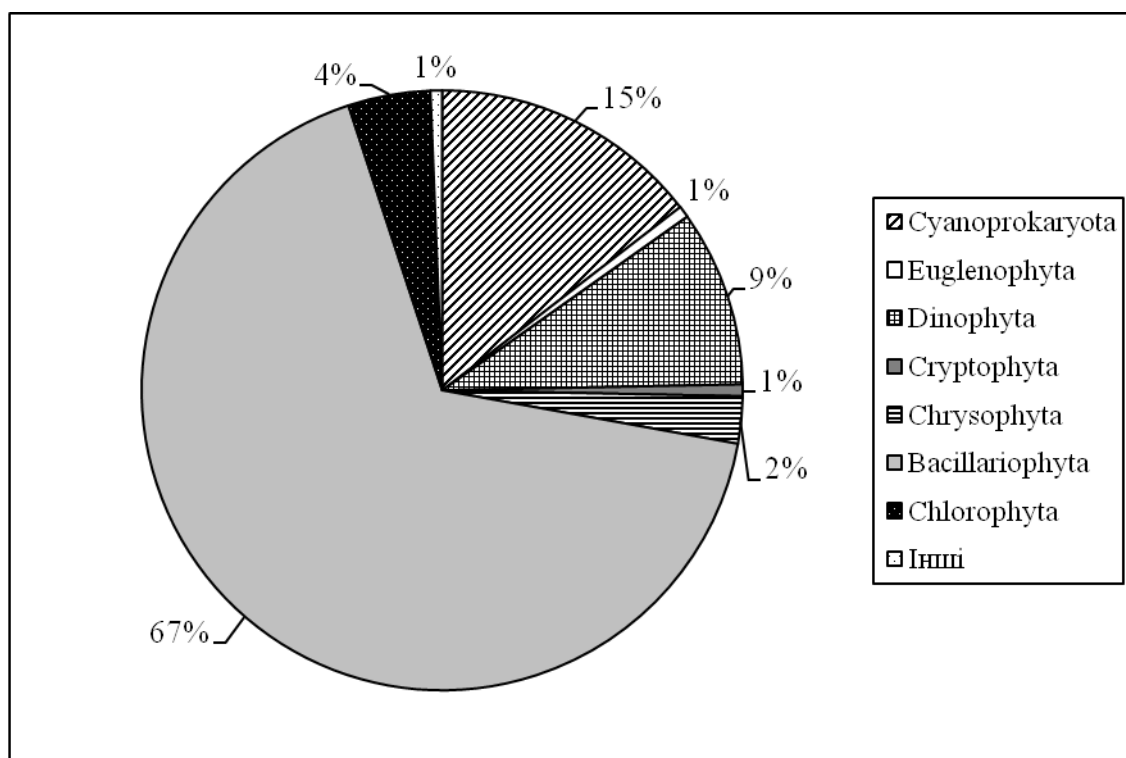
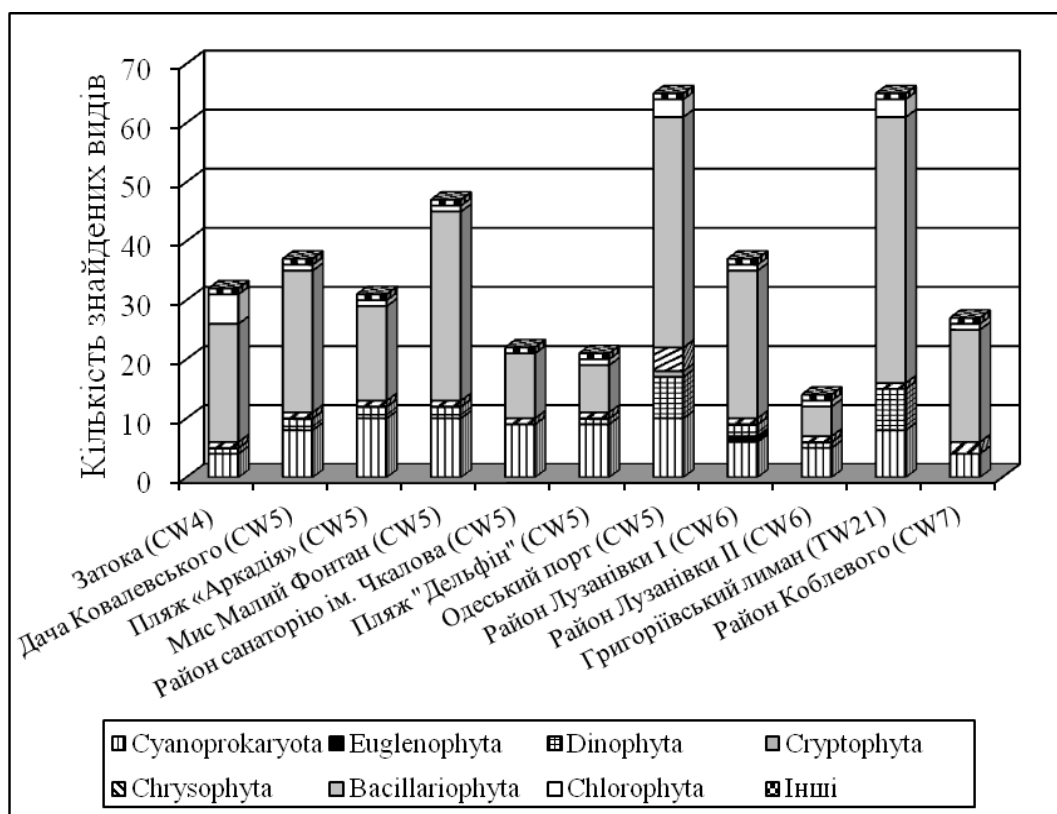


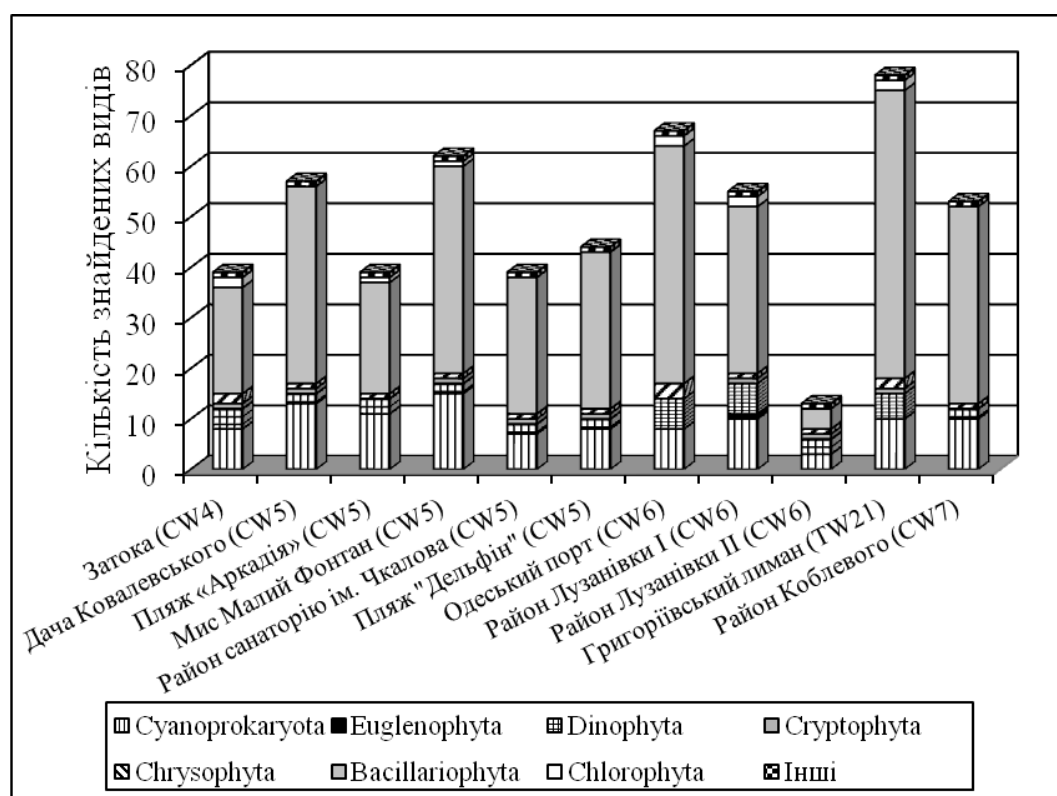
Рисунок 8 – Таксономічний склад мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році (у % від кількості знайдених видів)

види водоростей влітку і осінню, відповідно (рис. 9). Найменше бентосних мікрофітів зареєстровано в районі Лузанівки II: 14 видів літом і 13 – восени.

В літній сезон 2018 року на поверхнях твердих субстратів досліджуваних акваторій було знайдено 68 видів водоростей мікрофітобентосу. Більшість становили діатомеї – 47 видів. Часто траплялися ціанопрокаріоти – 13 видів. Дінофітових було 4, а еугленових, золотистих, зелених та джгутикових – лише по 1 виду (рис. 10 (а)). Зустрічальність у 100 % була у ціанопрокаріот *Gloeocapsopsis crepidium*, *Leptolyngbya fragilis*, *Microcystis sp.*, золотистої *Emiliania huxleyi*, діатомових *Navicula ramosissima* і *Tabularia fasciculata*, джгутикової *Flagellata sp.* Часто були ціанопрокаріоти *Calothrix scopulorum*, *Lyngbya confervoides*, діатомея *Ceratoneis closterium* (зустрічальність – 90,0 %). В угрупованні мікрофітобентосу переважали діатомові водорості родів *Nitzschia* та *Navicula* – 6 і 5 видів, відповідно.

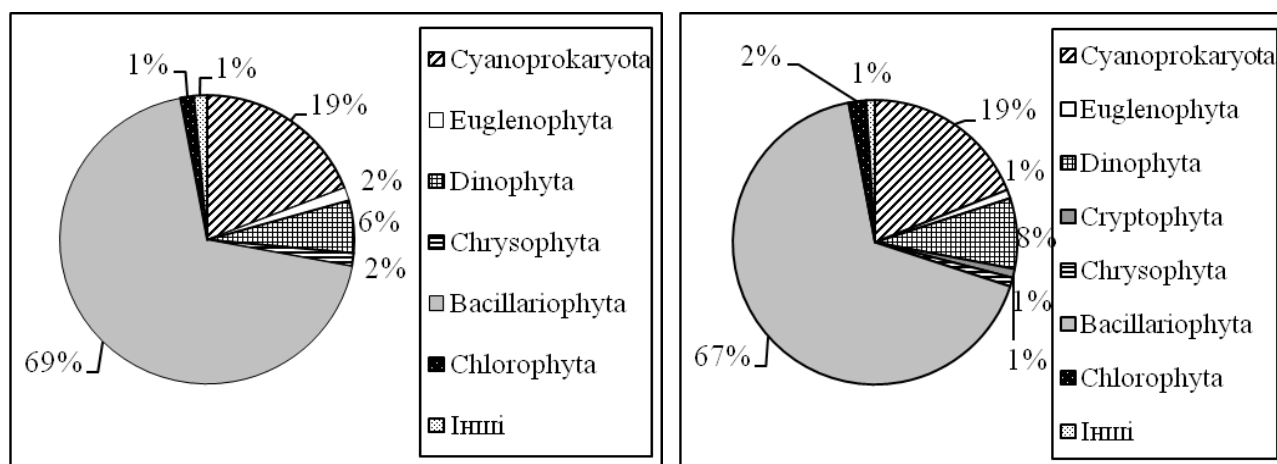


а) літню



б) восени

Рисунок 9 – Таксономічний склад мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році

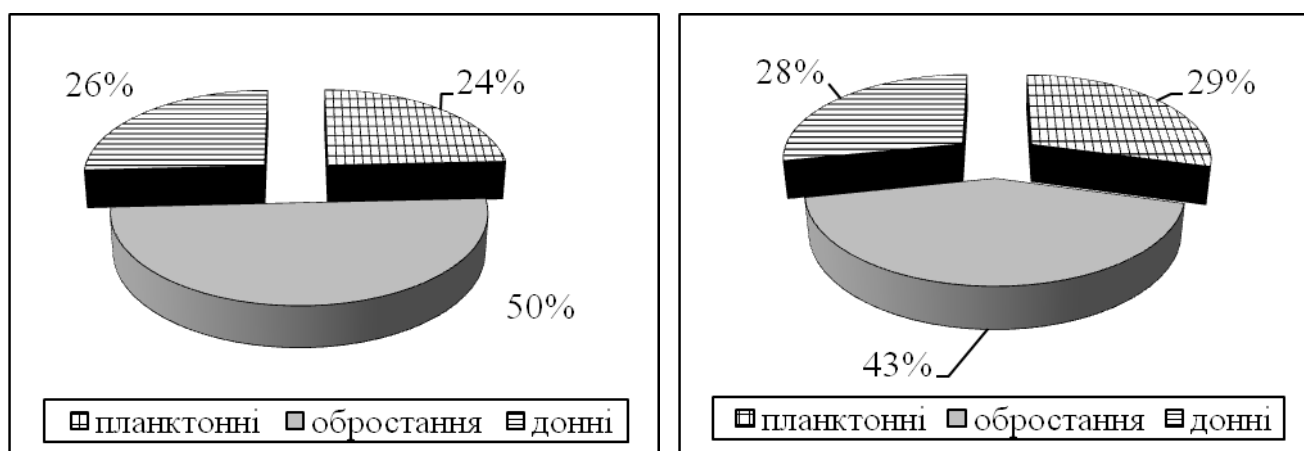


а) влітку

б) восени

Рисунок 10 – Таксономічний склад мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році

В мікрофітобентосі твердих субстратів частка представників обростань становила рівно половину видового складу (рис. 11 (a)).



а) влітку

б) восени

Рисунок 11 – Життєві форми мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році

Це, здебільшого, синьо-зелені водорості родів *Calothrix*, *Gloeocapsopsis*, *Leptolyngbya*, *Lyngbya*, *Phormidium* та діатомові *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Diatoma*, *Licmophora*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Tabularia*, тощо. Менше було донних форм

(*Amphora*, *Caloneis*) та осілих на дно планктонних мікрофітів – ціанопрокаріот родів *Chroococcus*, *Merismopedia* і *Microcystis* та діатомеї *Thalassiosira baltica*.

Стосовно солоності води знайдені види мікрофітів, в основному, були полігалобами та мезогалобами – по 34,0 % (рис. 12 (а)).

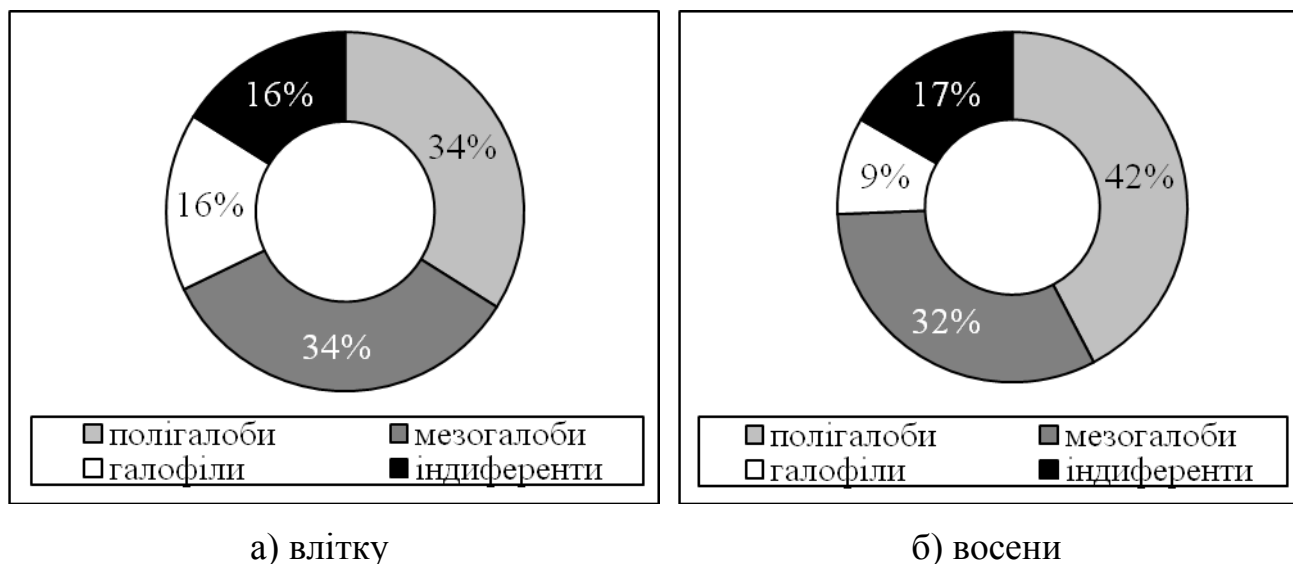


Рисунок 12 – Галобіонтийний склад мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році

Полігалоби були представлені, в першу чергу, діатомеями *N. ramosissima* та видами родів *Achnanthes*, *Cocconeis* і *Licmophora*. Серед мезогалобів більшість становили нитчасті ціанопрокаріоти *L. fragilis* та *L. confervoides*, діатомея *C. closterium* і види родів *Navicula* та *Nitzschia*; серед галофілів та індиферентів – синьо-зелені та зелені водорості і види роду *Diatoma*.

У сапробіонтному складі мікрофітобентосу досліджених акваторій ПЗЧМ та Григоріївського лиману переважали β -мезосапроби – показники помірного органічного забруднення (рис. 13 та 14 (а)). Серед них були, в основному, діатомові водорості *Achnanthes brevipes*, *A. longipes*, *C. closterium*, *Navicula pennata* і види роду *Diatoma*. Серед α -мезосапробів домінувала *T. fasciculata*, а серед β -о-мезосапробів – *L. fragilis*. Відмічені β - α -мезосапробна ціанопрокаріота *Merismopedia glauca* і олігосапробні *Chroococcus minutus* і *Ch. turgidus*.

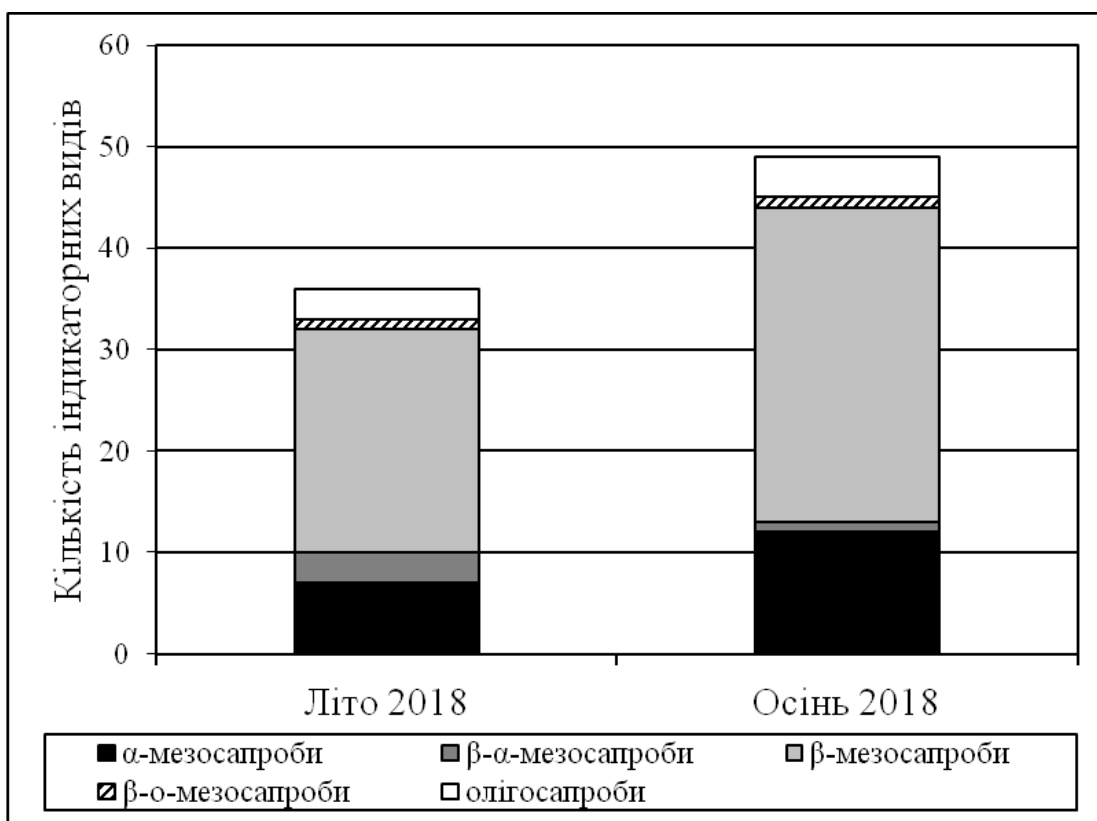


Рисунок 13 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році

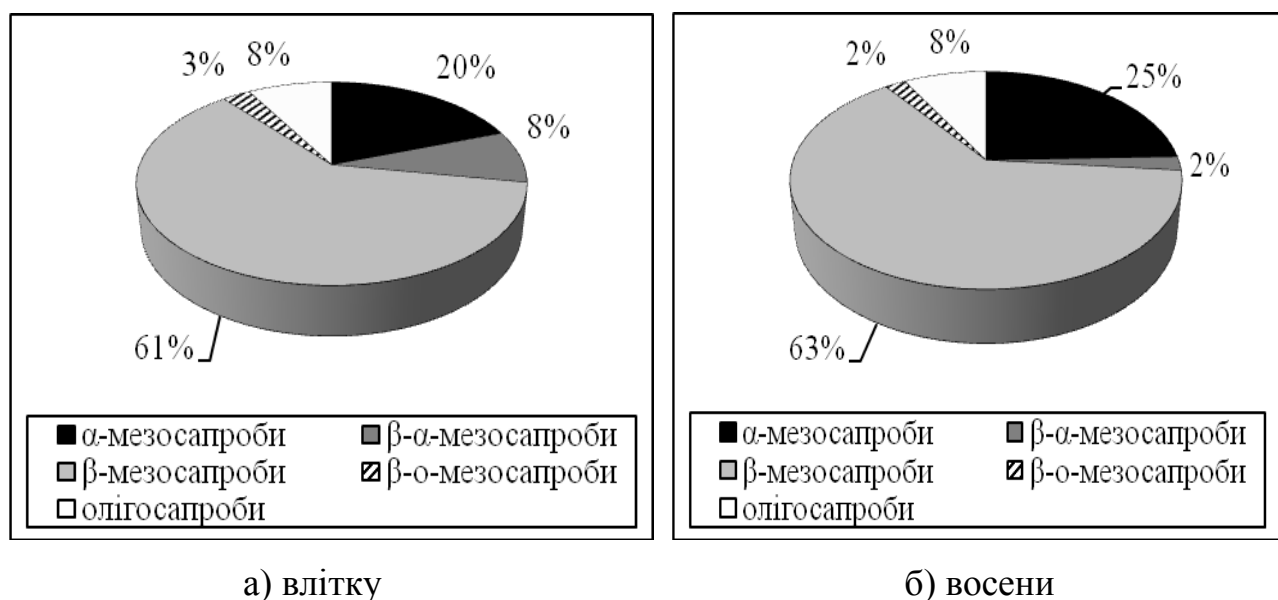


Рисунок 14 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році (у % від кількості індикаторних видів)

Загальна кількість видів мікрофітів на різних станціях коливалася від 16 до 40 (табл. 7). Найменше їх було в межах масиву CW5 поблизу мису Малий Фонтан, найбільше – в Григоріївському лимані (TW21). Видовий склад бентосної альгофлори на поверхнях твердих субстратів у досліджених водних масивах формували, здебільшого, діатомові (6-29 видів) та синьо-зелені водорості (4-10 видів).

Поодинокі траплялися деформовані стулки діатомей *T. fasciculata* на залізному субстраті в Григоріївському лимані.

По відношенню до солоності води у досліджених акваторіях Одеського прибережжя переважали полі- та мезогалобні мікрофіти (рис. 15 (а)). Найбільш інтенсивно вони розвивалися в Григоріївському лимані, дещо менше – в районах Лузанівки I і Дачі Ковалевського, де також часто траплялися галофільні види водоростей. Індиференти були найширше представлені в районі пляжу «Аркадія».

За сапробіонтним складом знайдені водорості, здебільшого, є β -мезосапробами (рис. 16 (а)). Найменше сапробіонтів було біля мису Малий Фонтан – 8 видів. Тут влітку був зареєстрований лише один α -мезосапроб – *T. fasciculata*. Найбільше водоростей-індикаторів органічного забруднення (по 20 видів) відмічено в Григоріївському лимані та на пляжі «Аркадія». В цих антропогенізованих акваторіях спостерігалася і найвища кількість α -мезосапробів (7 та 4 види).

Чисельність бентосних мікрофітів варіювала від 1 304,29 млн. кл/м² біля Коблевого до 7 711,56 млн. кл/м² в районі Дачі Ковалевського (табл. 8). Її формували синьо-зелені водорості *G. crepidium*, *L. fragilis*, *L. confervoides*, *C. scopulorum* та діатомеї *A. brevipes*, *N. ramosissima* і *T. fasciculata*.

Біомаса мікрофітобентосу змінювалася від 133,07 мг/м² в ділянці моря коло Коблевого до 1 808,78 мг/м² в Григоріївському лимані (табл. 9). Її основу становили крупноклітинні діатомові водорості: *A. brevipes*, *T. fasciculata* і представники родів *Amphora*, *Gyrosigma*, *Pleurosigma*, *Nitzschia*.

Восени 2018 року на твердих субстратах в досліджених водних масивах ПЗЧМ і Григоріївському лимані було знайдено 100 видів мікроводоростей.

Таблиця 7 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ
та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Відділи водоростей	Водні масиви									
	CW4	CW5						CW6	TW21	CW7
	Затока (бетон)	Дача Ковалевського (бетон)	Дача Ковалевського (граніт)	Пляж «Аркадія» (бетон)	Мис Малий Фонтан (бетон)	Район санаторію ім. Чкалова (граніт)	Пляж «Дельфін» (бетон)	Район Лузанівки І (бетон)	Григоріївський лиман (залізо)	Район Коблевого (залізо)
Літній період року										
Суанопрокaryota	-	8	5	10	9	9	9	6	7	4
Euglenophyta	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Dinophyta	-	1	2	2	2	-	1	1	2	-
Chrysophyta	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bacillariophyta	-	15	22	16	9	11	8	18	29	17
Chlorophyta	-	1	-	1	-	-	1	1	-	1
Інші	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Всього	-	27	31	31	22	22	21	29	40	24
Осінній період року										
Суанопрокaryota	6	9	10	11	11	7	8	9	5	6
Euglenophyta	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Dinophyta	2	2	-	3	1	2	2	6	3	1
Cryptophyta	1	1	1	-	1	1	1	1	-	-
Chrysophyta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bacillariophyta	19	9	37	22	29	27	31	30	37	34
Chlorophyta	2	-	-	1	-	-	-	2	2	-
Інші	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Всього	32	23	50	39	44	39	44	51	49	43

Таблиця 8 – Чисельність (млн. кл/м²) водоростей мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Відділи водоростей	Водні масиви									
	CW4	CW5						CW6	TW21	CW7
	Затока (бетон)	Дача Ковалевського (бетон)	Дача Ковалевського (граніт)	Пляж «Аркадія» (бетон)	Мис Малий Фонтан (бетон)	Район санаторію ім. Чкалова (граніт)	Пляж «Дельфін» (бетон)	Район Лузанівки І (бетон)	Григоріївський лиман (залізо)	Район Коблевого (залізо)
Літній період року										
Суанопрокaryota	-	7 575,33	1 599,47	3 471,07	5 081,61	4 282,39	4 202,21	2 371,73	3 050,26	1 255,23
Euglenophyta	-	-	-	-	-	-	-	0,27	-	-
Dinophyta	-	0,40	0,26	0,26	0,26	-	0,17	0,13	1,47	-
Chrysophyta	-	2,93	0,93	1,20	3,87	2,67	3,00	1,10	2,13	1,10
Bacillariophyta	-	123,44	717,26	42,26	19,72	28,81	17,20	256,81	318,22	46,50
Chlorophyta	-	0,13	-	0,13	-	-	0,17	0,13	-	0,53
Інші	-	9,33	5,60	2,53	4,67	6,13	3,84	1,60	2,93	0,93
Всього	-	7 711,56	2 323,52	3 517,45	5 110,13	4 320,00	4 226,59	2 631,77	3 375,01	1 304,29
Осінній період року										
Суанопрокaryota	671,73	7 529,20	2 811,33	7 899,85	1 806,80	2 185,07	1 157,89	1 178,52	2 074,97	4 143,06
Euglenophyta	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-
Dinophyta	3,47	0,84	-	1,64	0,20	1,06	0,80	5,47	28,40	0,72
Cryptophyta	0,67	0,34	0,80	-	1,60	0,80	1,73	1,60	-	-
Chrysophyta	0,80	1,00	1,47	3,87	1,80	1,10	2,40	4,67	3,47	0,90
Bacillariophyta	148,99	12,52	463,92	54,68	448,20	186,92	4 340,27	176,34	217,62	570,30
Chlorophyta	1,23	-	-	0,13	-	-	-	1,20	1,20	-
Інші	4,00	4,50	6,53	4,67	9,00	5,47	3,73	7,10	4,67	6,48
Всього	830,89	7 548,40	3 284,05	7 964,84	2 267,60	2 380,42	5 506,82	1 375,03	2 330,33	4 721,46

Таблиця 9 – Біомаса (мг/м²) водоростей мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ
та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Відділи водоростей	Водні масиви									
	CW4	CW5						CW6	TW21	CW7
	Затока (бетон)	Дача Ковалевського (бетон)	Дача Ковалевського (граніт)	Пляж «Аркадія» (бетон)	Мис Малий Фонтан (бетон)	Район санаторію ім. Чкалова (граніт)	Пляж «Дельфін» (бетон)	Район Лузанівки І (бетон)	Григоріївський лиман (залізо)	Район Коблевого (залізо)
Літній період року										
Суанопрокaryota	-	386,01	66,71	312,23	375,17	169,35	274,13	98,83	403,58	32,15
Euglenophyta	-	-	-	-	-	-	-	0,17	-	-
Dinophyta	-	0,74	1,95	4,75	0,29	-	0,31	0,24	2,32	-
Chrysophyta	-	0,19	0,06	0,08	0,25	0,17	0,20	0,07	0,14	0,07
Bacillariophyta	-	389,08	1 409,28	241,74	102,39	73,74	27,80	254,43	1 402,15	100,67
Chlorophyta	-	0,03	-	0,03	-	-	0,04	0,12	-	0,12
Інші	-	0,61	0,37	0,17	0,31	0,40	0,25	0,10	0,19	0,06
Всього	-	776,66	1 478,37	559,00	478,41	243,66	302,73	353,96	1 808,38	133,07
Осінній період року										
Суанопрокaryota	14,68	274,82	438,11	1 160,43	136,74	373,45	27,91	74,68	399,34	151,50
Euglenophyta	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-
Dinophyta	16,53	2,20	-	7,01	1,00	5,45	3,11	28,39	169,06	4,18
Cryptophyta	0,06	0,04	0,08	-	0,15	0,08	0,16	0,17	-	-
Chrysophyta	0,05	0,07	0,10	0,25	0,12	0,07	0,16	0,31	0,23	0,06
Bacillariophyta	103,26	7,98	1 723,15	262,38	4 610,00	12612,46	65 141,40	652,80	1 808,97	3 694,69
Chlorophyta	0,10	-	-	0,03	-	-	-	0,37	0,19	-
Інші	0,27	0,30	0,43	0,31	0,60	0,36	0,24	0,46	0,31	0,42
Всього	134,95	285,41	2 161,87	1 430,41	4 748,61	12991,87	65 172,98	757,23	2 378,10	3 850,85

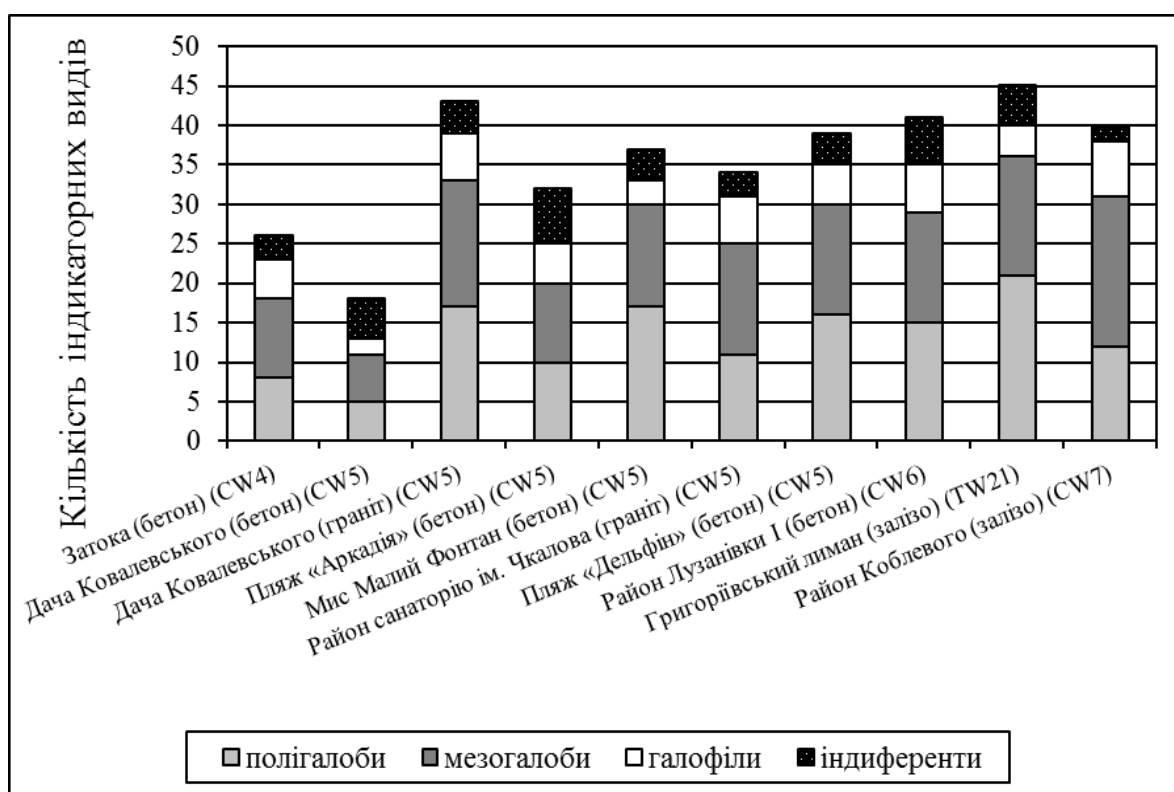
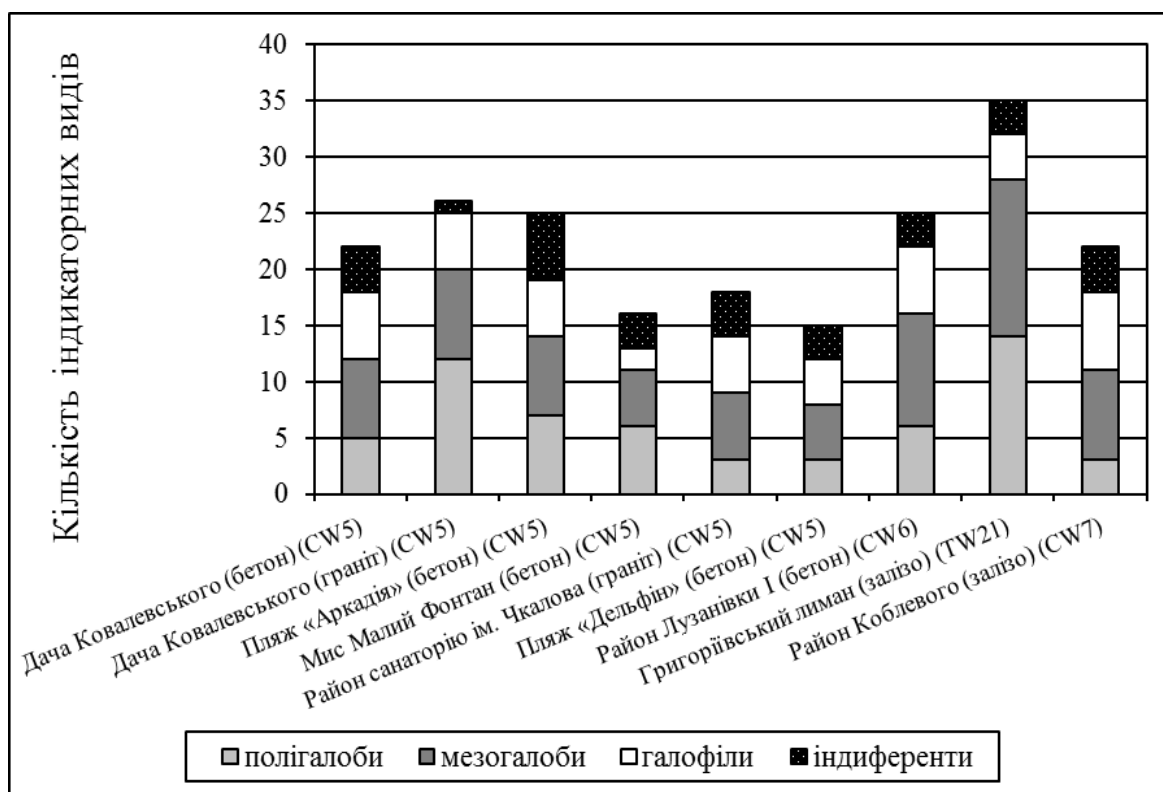
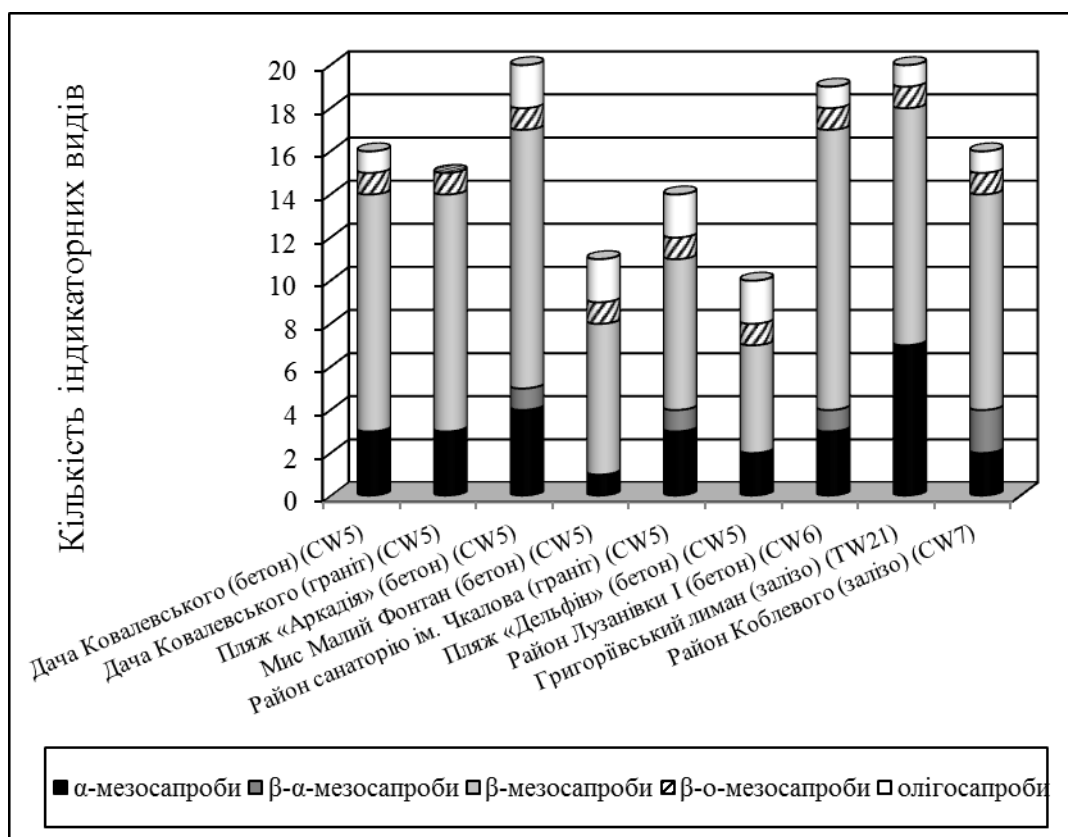
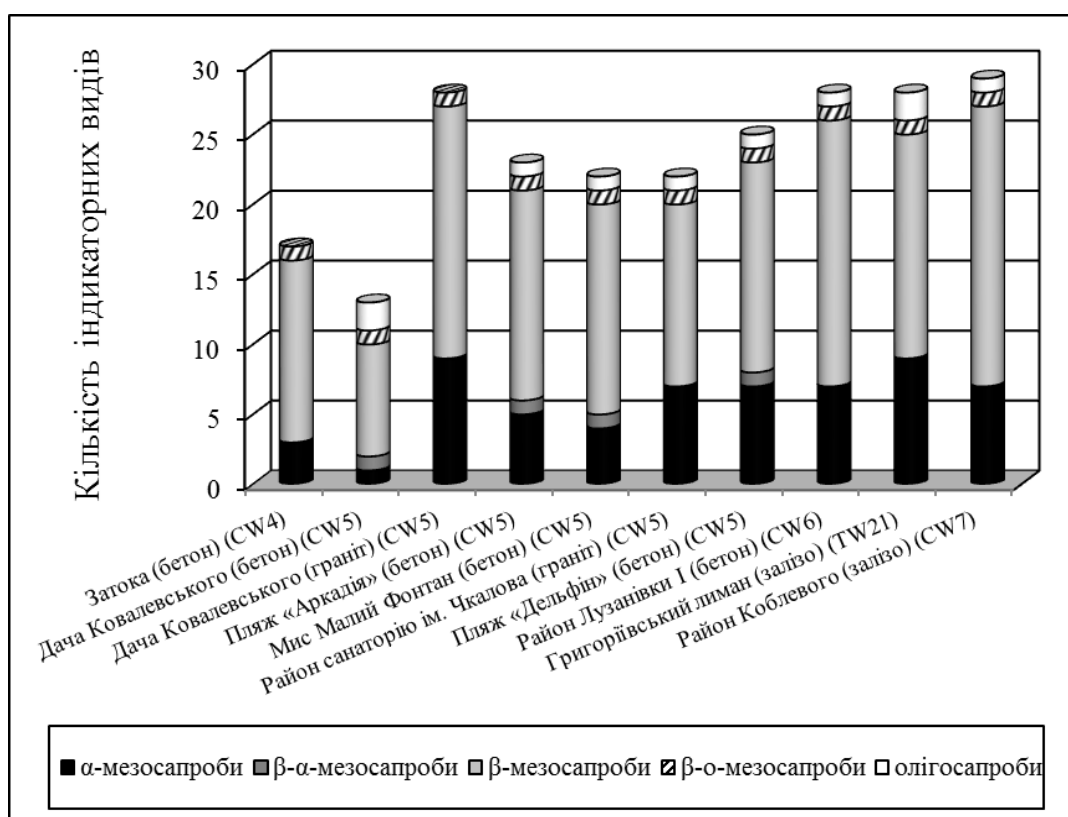


Рисунок 15 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2018 року



а) влітку



б) восени

Рисунок 16 – Сапробіонтийний склад мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Більшість становили діатомові – 67,0 %, менше було синьо-зелених – 19,0 % (див. рис. 10 (б)). Дінофітових було 8,0 %. Їхній вміст дещо збільшився порівняно з літнім періодом. Повсюдно спостерігалися ціанопрокаріоти *G. crepidium*, *L. fragilis*, *L. confervoides*, *Microcystis* sp., золотиста *E. huxleyi*, діатомеї *A. brevipes*, *C. closterium*, *C. scutellum* var. *parva*, *N. ramosissima* і *T. fasciculata*, тощо.

Основу видового складу мікрофітів на поверхнях твердих субстратів становили діатомеї родів *Nitzschia* та *Navicula* – 8 і 7 видів, відповідно. Поодинокі траплялися деформовані стулки діатомей *T. fasciculata* на залізному субстраті в Григоріївському лимані та *Nitzschia lanceolata* var. *minor* – в районі Коблевого.

Як і влітку, в угрупованні мікрофітобентосу домінували водорості, притаманні обростанням. Впродовж року їхня частка дещо зменшилася, тоді як осілих на дно планктонних видів та донних форм – навпаки, зросла (див. рис. 11 (б)). Це сталося, зокрема, за рахунок розвитку потенційно токсичних планктонних водоростей: ціанопрокаріот *Aphanizomenon flos-aquae*, дінофітових *Prorocentrum micans* і *Scrippsiella trochoidea*, діатомової *Pseudo-nitzschia delicatissima* [81]-[83]. Серед донних діатомей переважали види родів *Amphora* і *Halamphora*.

Стосовно солоності води, 42 % знайдених видів були полігалобами (див. рис. 12 (б)). Їхня частка у видовому складі збільшилася впродовж року, зокрема, внаслідок розвитку діатомей *N. ramosissima* та видів родів *Achnanthes*, *Cocconeis* і *Pleurosigma*. Зросла і кількість видів-індиферентів, особливо, ціанопрокаріот роду *Merismopedia*. Водночас, вміст мезогалобів та галофілів суттєво зменшився.

У сапробіонтному складі мікрофітобентосу переважали β -мезосапроби [84] – 58,0 % (див. рис. 13 та 14 (б)). Це були, здебільшого, дінофітова водорість *P. micans* і діатомова *Coscinodiscus radiatus*. Впродовж року спостерігалось збільшення кількості та частки α -мезосапробів. Найчисленнішими серед них були ціанопрокаріота *Phormidium limosum* та діатомея *Melosira moniliformis*.

Кількість видів мікрофітів коливалася від 23 до 51 виду (див. табл. 7). На бетоні найменшою вона була поблизу Дачі Ковалевського, найбільшою – в акваторії Лузанівки І. Скрізь переважали діатомеї (9-37 видів) та ціанопрокаріоти (5-11 видів).

По відношенню до солоності води мікрофіти, знайдені на різних станціях, здебільшого, були полі- та мезогалобами (рис. 15 (б)). Найвища кількість полігалобів спостерігалася в Григоріївському лимані, а мезогалобів – поблизу Коблевого, де були найширше представлені й галофільні види. Індиферентів, як і влітку (див. рис. 15 (а)), було найбільше на пляжі «Аркадія».

Як і влітку, у сапробіонтному складі угруповань мікрофітобентосу досліджених акваторій переважали β -мезосапроби (рис. 16 (б)). Найменше сапробіонтів було на бетонному субстраті біля Дачі Ковалевського (13 видів), найбільше – неподалік Коблевого на залізі (29 видів). Кількість α - мезосапробів варіювала від 1 (Дача Ковалевського, бетон) до 9 видів (Дача Ковалевського, граніт; Григоріївський лиман, залізо). Впродовж року спостерігалася збільшення кількості α - мезосапробів на більшості досліджених станцій (див. рис. 16).

Загальна чисельність водоростей мікрофітобентосу восени становила 830,89-7964,84 млн. кл/м² (див. табл. 8). Мінімальний показник був зареєстрований в Затоці, максимальний – на пляжі «Аркадія». Синьо-зелені водорості були найчисленнішими в усіх досліджених акваторіях, за винятком пляжу «Дельфін», де переважали діатомеї, насамперед *M. moniliformis*.

Сумарна біомаса мікрофітобентосу в осінній період варіювала від 134,85 мг/м² до 65 172,98 мг/м² (див. табл. 9). Найнижчою вона була в Затоці, найвищою – в акваторії пляжу «Дельфін». Її формували, головним чином, крупноклітинні діатомові водорості – *A. longipes*, *M. moniliformis* і види родів *Amphora*, *Gyrosigma*, *Pleurosigma*, *Nitzschia*. В Григоріївському лимані та на пляжі Лузанівки I часто зустрічалися дінофітові водорості, переважно *P. ticans*, «гіперцвітіння» та подальше «цвітіння» якого було відмічене тут в планктоні з кінця літа і до середини осені 2018 року.

Інтенсивно розвинулися мікрофіти на мідієвих стулках. Впродовж року на вертикальних поверхнях в акваторіях мису Малий Фонтан і Одеського порту кількість знайдених видів мікрофітів зросла в 1,2 рази за рахунок діатомей (табл. 10).

Таблиця 10 – Систематичні та кількісні показники розвитку мікрофітобентосу на поверхнях стулок мідій з водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Відділи водоростей	Водні масиви							
	CW5		CW6			TW21		
	Мис Малий Фонтан		Одеський порт			Григоріївський лиман		
	літо	осінь	літо	осінь		літо	осінь	
	мідії з вертикальних поверхонь	мідії з вертикальних поверхонь	мідії з вертикальних поверхонь	мідії з вертикальних поверхонь	донні мідії	мідії з вертикальних поверхонь	мідії з вертикальних поверхонь	донні мідії
Кількість видів								
Суанoprokaryota	6	9	6	6	4	5	6	6
Dinophyta	2	2	5	4	2	6	6	1
Chrysophyta	1	1	3	1	3	1	1	1
Bacillariophyta	31	36	25	35	15	31	35	15
Chlorophyta	1	1	1	1	2	1	1	-
Інші	1	1	1	1	1	1	1	1
Всього	42	50	41	48	27	45	50	24
Чисельність (млн. кл./м ²)								
Суанoprokaryota	412,43	509,84	491,30	1 847,94	379,63	531,12	1 654,04	742,76
Dinophyta	0,39	1,42	1,13	4,96	1,63	5,79	34,96	0,23
Chrysophyta	2,34	2,10	7,72	5,00	1,30	1,31	4,10	1,50
Bacillariophyta	48,78	27,33	161,54	355,80	9,59	68,57	137,52	18,17
Chlorophyta	0,45	0,27	0,95	0,33	0,44	0,06	0,13	-
Інші	1,28	1,75	6,07	7,96	1,52	1,71	10,00	2,20
Всього	465,67	542,71	668,71	2 221,99	394,11	608,59	1 840,85	764,86
Біомаса (мг/м ²)								
Суанoprokaryota	11,88	24,80	9,88	196,19	11,80	15,34	61,97	20,29
Dinophyta	0,41	22,36	4,22	27,29	7,25	42,85	193,58	1,34
Chrysophyta	0,15	0,14	0,73	0,33	0,32	0,10	0,27	0,10
Bacillariophyta	148,93	144,98	420,37	1264,30	10,57	200,76	575,75	39,87
Chlorophyta	0,11	0,06	0,21	0,08	0,06	0,01	0,03	-
Інші	0,08	0,11	0,40	0,52	0,10	0,11	0,65	1,44
Всього	161,56	192,45	435,81	1488,71	30,10	259,17	832,25	63,04

На стулках мідій з вертикальних поверхонь поодинокі траплялися аномальні клітини діатомей. Так, влітку в Одеському порту були знайдені виїмчасті стулки *Cocconeis scutellum* var. *parva*, а восени – *Stauroneis simulans*, *Synedra crystallina* (аномальна також і в Григоріївському лимані) і *T. fasciculata*.

За галобіонтним складом знайдені види водоростей були, переважно, полі-та мезогалобами, а за сапробіонтним – β -мезосапробами (табл. 11). Кількість представників цих екологічних груп зростала впродовж року. Найнижча кількість α -мезосапробів спостерігалася влітку в прибережжі мису Малий Фонтан, найвища – тоді ж на стулках мідій з вертикальних поверхонь в Григоріївському лимані.

Основу чисельності водоростей мікрофітобентосу на мідієвих стулках повсюдно формували ціанопрокаріоти родів *Leptolyngbya*, *Lyngbya*, тощо. Біомасу альгофлори створювали, головним чином, крупноклітинні діатомеї *S. crystallina*, *T. fasciculata*, *Licmophora gracilis*. Кількісні показники розвитку мікрофітів були мінімальними восени на стулках донних мідій з акваторії Одеського порту, максимальними – там же на стулках мідій з вертикальних поверхонь (див. табл. 10). Впродовж року чисельність та біомаса мікрowodоростей на мушлях мідій в акваторії мису Малий Фонтан збільшилися в 1,2 рази, в Одеському порту – в 3,3 та 3,4, а в Григоріївському лимані – в 3,0 і 3,2 рази, відповідно.

Був досліджений і мікрофітобентос пухких субстратів прибережжя ПЗЧМ та Григоріївського лиману. На відміну від твердих ґрунтів, тут часто зустрічалися донні форми – діатомея *Caloneis liber* і види родів *Amphora*, *Diploneis*, *Halamphora* і *Navicula*. Траплялися й планктонні водорості – ціанопрокаріота *Merismopedia elegans*, діатомеї *Skeletonema costatum*, види роду *Cyclotella*, тощо.

Впродовж року видовий склад мікрowodоростей на мулистих та піщаних ґрунтах зростав незначно – від 53 до 58 видів. Переважали діатомеї – 35-36 видів. Кількість видів синьо-зелених водоростей восени збільшилась в 1,5 рази, дінофітових – втричі, тоді як зелених – зменшилась вшестеро (рис. 17).

Кількість знайдених мікрофітів влітку становила 13-32 види (табл. 12). Найменше їх було поблизу мису Малий Фонтан, найбільше – в акваторії Затоки. Найширше скрізь були представлені діатомеї (5-20 видів). На пляжах Лузанівки II

Таблиця 11 – Гало- та сапробіонтний склад мікрофітобентосу на поверхнях стулок мідій з водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Екологічні групи	Водні масиви							
	CW5		CW6			TW21		
	Мис Малий Фонтан		Одеський порт			Григоріївський лиман		
	літо	осінь	літо	осінь		літо	осінь	
	мідії з верти- кальних поверхонь	мідії з верти- кальних поверхонь	мідії з верти- кальних поверхонь	мідії з верти- кальних поверхонь	донні мідії	мідії з верти- кальних поверхонь	мідії з верти- кальних поверхонь	донні мідії
Галобіонтний склад:								
Полігалоби	14	20	13	19	8	16	19	8
Мезогалоби	13	16	10	14	8	14	14	8
Галофіли	6	5	6	4	3	4	4	3
Індиференти	4	2	2	5	3	4	5	-
Всього	37	43	31	42	22	38	42	19
Сапробіонтний склад:								
α -мезосапроби	4	6	5	6	4	8	5	7
β -мезосапроби	17	20	13	19	9	15	21	3
β -о-мезосапроби	1	1	1	1	1	1	1	1
Олігосапроби	1	-	2	-	-	-	-	-
Всього	23	27	21	26	14	24	27	11

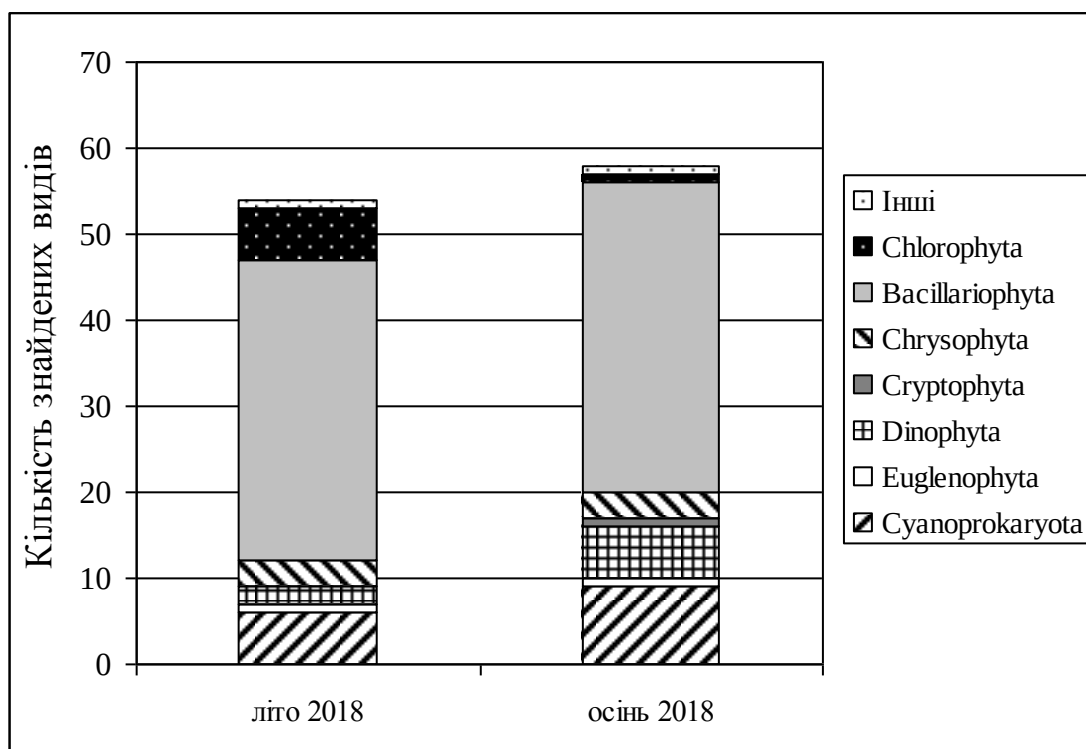


Рисунок 17 – Таксономічний склад мікрофітобентосу пухких субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2018 році

та Затоки часто траплялися також синьо-зелені та зелені водорості (по 5 видів). Тільки в Лузанівці I була знайдена евгленова водорість *Eutreptia lanovii*.

У галобіонтному складі мікрофітів, як правило, переважали полі- та мезогалоби (табл. 13). Виняток становила опріснена акваторія Затоки, де, окрім мезогалобів, домінували індиференти – здебільшого, планктонні зелені водорості.

Загальна кількість сапробіонтів коливалася від 7 (в прибережжях мису Малий Фонтан, Лузанівки II та Коблевого) до 22 видів (в Затоці) (див. табл. 14). Її формували, здебільшого, β -мезосапроби – від 4 до 12 видів (представники родів *Diatoma*, *Gomphonema*, *Navicula*). Дещо менше було α -мезосапробів – від 1 виду біля мису Малий Фонтан до 6 – в акваторії Затоки. Переважала *T. fasciculata*.

Чисельність становила 623,44-13 107,96 млн. кл./м² (табл.15). Мінімальною вона була в акваторії мису Малий Фонтан, максимальною – в Григоріївському лимані. Її створювали, переважно, синьо-зелені водорості. Численними були також діатомеї, які інтенсивніше розвивалися в Одеському порту.

Таблиця 12 – Кількість видів мікрофітобентосу пухких субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Відділи водоростей	Водні масиви						
	CW4	CW5	CW6			TW21	CW7
	Затока, пісок	Мис Малий Фонтан, пісок	Одеський порт, мул	Лузанівка І, пісок	Лузанівка ІІ, пісок	Григоріїв- ський лиман, мул	Коблеве, пісок
Літній період року							
Cyanoprokaryota	4	4	2	3	5	4	2
Euglenophyta	-	-	-	1	-	-	-
Dinophyta	1	-	-	1	1	1	-
Chrysophyta	1	1	3	1	1	1	2
Bacillariophyta	20	7	15	16	5	8	8
Chlorophyta	5	-	2	1	1	3	1
Інші	1	1	1	1	1	1	1
Всього	32	13	23	24	14	18	14
Осінній період року							
Cyanoprokaryota	4	4	3	4	3	3	7
Euglenophyta	-	-	-	1	-	-	-
Dinophyta	4	-	-	5	3	-	2
Cryptophyta	1	1		1	1		
Chrysophyta	2	1	2	1	1	2	1
Bacillariophyta	6	9	25	6	4	9	12
Chlorophyta	-	1	-	-	-	-	-
Інші	1	1	1	1	1	1	1
Всього	18	17	31	19	13	15	23

Таблиця 13 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу пухких субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Екологічні групи	Водні масиви						
	CW4	CW5	CW6			TW21	CW7
	Затока, пісок	Мис Малий Фонтан, пісок	Одеський порт, мул	Лузанівка І, пісок	Лузанівка ІІ, пісок	Григоріїв- ський лиман, мул	Коблеве, пісок
Літній період року							
Полігалоби	2	2	6	4	2	3	3
Мезогалоби	9	5	7	7	3	7	4
Галофіли	7	3	3	6	2	1	3
Індиференти	9	1	3	3	3	4	1
Всього	27	11	19	20	10	15	11
Осінній період року							
Полігалоби	4	6	13	4	3	7	8
Мезогалоби	4	4	10	5	3	3	6
Галофіли	1	2	4	1	1	2	2
Індиференти	2	2	2	2	1	3	3
Всього	11	14	29	12	8	12	19

Таблиця 14 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу пухких субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Екологічні групи	Водні масиви						
	CW4	CW5	CW6			TW21	CW7
	Загока, пісок	Мис Малий Фонтан, пісок	Одеський порт, мул	Лузанівка І, пісок	Лузанівка ІІ, пісок	Григоріїв- ський лиман, мул	Коблеве, пісок
Літній період року							
α -мезосапроби	6	1	4	4	2	3	2
β - α -мезосапроби	1	-	1	-	1	-	-
β -мезосапроби	12	4	6	9	3	6	4
β -о-мезосапроби	1	1	1	1	1	1	1
Олігосапроби	2	1	-	-	-	-	-
Всього	22	7	12	14	7	10	7
Осінній період року							
α -мезосапроби	1	2	8	1	-	1	2
β - α -мезосапроби	-	-	1	1	-	1	1
β -мезосапроби	2	6	7	5	4	4	4
β -о-мезосапроби	1	1	1	1	1	1	1
Олігосапроби	1	1	-	-	-	-	1
Всього	5	10	17	8	5	7	9

Таблиця 15 – Чисельність (млн. кл./м²) мікрофітобентосу пухких субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Відділи водоростей	Водні масиви						
	CW4	CW5	CW6			TW21	CW7
	Затока, пісок	Мис Малий Фонтан, пісок	Одеський порт, мул	Лузанівка І, пісок	Лузанівка ІІ, пісок	Григоріїв- ський лиман, мул	Коблеве, пісок
Літній період року							
Cyanoprokaryota	3 502,99	572,15	8 577,44	1 146,12	1 270,73	12 795,77	806,25
Euglenophyta	-	-	-	2,50	-	-	-
Dinophyta	2,50	-	-	1,26	1,26	4,72	-
Chrysophyta	11,27	5,00	49,32	4,38	6,25	42,25	8,13
Bacillariophyta	67,65	31,89	347,30	66,98	21,28	124,36	18,16
Chlorophyta	33,16	-	68,10	0,62	0,62	115,01	1,88
Інші	15,00	14,40	44,58	7,51	6,90	25,85	5,63
Всього	3 632,57	623,44	9 086,74	1 229,37	1 307,04	13 107,96	840,05
Осінній період року							
Cyanoprokaryota	499,54	1 078,88	3 450,45	1 019,75	807,51	4 383,10	1 294,84
Euglenophyta	-	-	-	1,88	-	-	-
Dinophyta	18,79	-	-	115,51	9,40	-	4,70
Cryptophyta	1,88	2,82	-	6,57	3,76	-	-
Chrysophyta	8,45	9,40	28,17	10,33	7,52	25,36	6,57
Bacillariophyta	23,16	43,11	318,36	57,30	33,80	140,87	62,93
Chlorophyta	-	0,94	-	-	-	-	-
Інші	12,21	14,10	25,35	40,38	5,63	61,97	9,40
Всього	564,33	1 149,25	3 822,53	1 251,72	867,62	4 611,30	1 378,44

Сумарна біомаса мікрофітобентосу досліджених акваторій варіювала від 31,99 мг/м² біля Коблевого до 322,79 мг/м² в Одеському порту (табл. 16) внаслідок розвитку діатомових та синьо-зелених водоростей.

Восени на пухких субстратах кількість знайдених видів мікрофітів коливалася від 13 до 31 (див. табл. 12). Впродовж року в акваторіях мису Малий Фонтан і Одеського порту вона зросла в 1,3, а біля Коблевого – в 1,6 рази. Разом з тим, в Лузанівці I та Григоріївському лимані кількість видів зменшилась в 1,3 та 1,2, а в Затоці – в 1,8 рази. Її формували, переважно, діатомеї та ціанопрокаріоти. В прибережжях Лузанівки I і Затоки були широко представлені дінофітові водорості.

Як і влітку, галобіонтний склад мікрофітів, здебільшого, формували полі- та мезогалоби (див. табл. 13). Особливо багато їх було в акваторії Одеського порту, де їхня кількість впродовж року зросла в 2,2 та 1,4 рази, відповідно. Водночас, в Затоці вміст видів-галофілів скоротився в сім, а індиферентів – в 4,5 рази.

Вміст сапробіонтів був найнижчим в Лузанівці II і Затоці – по 5 видів. Найбільша кількість їх, а також α -мезосапробів, відмічена в акваторії Одеського порту – 17 та 8 видів (див. табл. 14). Найменш антропогенізованою була ділянка моря біля Лузанівки II, де восени взагалі не було знайдено α -мезосапробів.

Сумарна чисельність мікрофітобентосу була мінімальною в Затоці (564,33 млн. кл./м²), максимальною – в Григоріївському лимані (4 611,30 млн. кл./м²), за рахунок дрібноклітинних синьо-зелених водоростей (див. табл. 15). Найчисленнішими були *L. fragilis* і *Microcystis* sp. В Одеському порту переважали діатомеї *N. ramosissima* і *Paralia sulcata*. А в Лузанівці I спостерігалася висока чисельність дінофітових водоростей – 115,51 млн. кл./м², внаслідок дуже інтенсивного розвитку *P. micans* і *Amphidinium ovum*.

Біомаса мікроводоростей на мулистих та піщаних ґрунтах восени варіювала від 71,87 до 924,43 млн. кл./м², найнижчою вона була в Лузанівці II, а найвищою – в Лузанівці I (див. табл. 16). На відміну від інших досліджених акваторій, тут і в Затоці її створювали, переважно, дінофітові водорості.

Таблиця 16 – Біомаса (мг/м²) мікрофітобентосу пухких субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2018 року

Відділи водоростей	Водні масиви						
	CW4	CW5	CW6			TW21	CW7
	Затока, пісок	Мис Малий Фонтан, пісок	Одеський порт, мул	Лузанівка І, пісок	Лузанівка ІІ, пісок	Григоріїв- ський лиман, мул	Коблеве, пісок
Літній період року							
Цуанопрокариота	54,23	8,36	93,91	19,76	24,61	156,06	12,74
Euglenophyta	-	-	-	1,17	-	-	-
Dinophyta	4,61	-	-	10,86	2,32	8,70	-
Chrysophyta	0,74	0,33	15,92	0,30	0,41	2,77	1,83
Bacillariophyta	92,17	32,88	195,07	120,02	10,80	72,16	16,58
Chlorophyta	34,97	-	15,17	0,12	0,15	23,13	0,47
Інші	0,98	0,94	2,92	0,50	0,45	1,69	0,37
Всього	187,70	42,51	322,79	152,73	38,74	264,51	31,99
Осінній період року							
Цуанопрокариота	8,82	20,37	88,24	23,83	11,76	113,60	55,04
Euglenophyta	-	-	-	0,88	-	-	-
Dinophyta	94,50	-	-	871,13	44,31	-	17,83
Cryptophyta	0,21	0,27	-	0,74	0,43	-	-
Chrysophyta	1,34	0,62	4,21	0,68	0,50	2,26	0,43
Bacillariophyta	13,25	183,07	539,85	24,53	14,50	125,49	116,60
Chlorophyta	-	0,22	-	0,12	-	-	-
Інші	0,80	0,92	1,66	2,64	0,37	4,10	0,62
Всього	118,92	205,47	633,96	924,43	71,87	245,45	190,52

Водночас, в прибережжях мису Малий Фонтан, Одеського порту, Григоріївського лиману та Коблевого наймасовішими були діатомеї.

За отриманими показниками біомаси мікрофітобентосу на твердих субстратах і стулках мідій (відповідно до характеристики трофності водних об'єктів України [85]) докільля більшості досліджених акваторій ПЗЧМ належить, переважно, до класу «евтрофне», а на мулистих та піщаних ґрунтах – до класу «мезотрофне».

Впродовж року чисельність мікрофітів на поверхнях пухких субстратів скоротилася в 1,1-2,8 рази (див. табл. 15). Біомаса, навпаки, зросла в 2,2-2,9 разів (див. табл. 16).

За даними якісних проб, найменше мікрowodоростей було знайдено восени на залізному субстраті в Одеському порту – 12, найбільше – тоді ж на бетоні в прибережжі мису Малий Фонтан – 46 видів (табл. 17). Ціанопрокаріоти переважали восени в Одеському порту, діатомеї – в усіх інших досліджених акваторіях. На всіх субстратах влітку в Григоріївському лимані часто зустрічалися дінофітові водорості, здебільшого *P. micans*.

За галобіонтним складом знайдені водорості були, головним чином, полі- та мезогалобами. Менше було галофілів та індиферентів. У сапробіонтному складі угруповань мікрофітобентосу переважали β -мезосапроби, найвища кількість яких спостерігалася в акваторії біля мису Малий Фонтан і в Григоріївському лимані.

Таким чином, видовий склад мікрофітобентосу різних субстратів досліджених акваторій формували, переважно, полі- та мезогалобні і β -мезосапробні діатомові водорості. Рідше зустрічалися ціанопрокаріоти і дінофітові водорості. Олігогалоби (галофіли та індиференти) були більш характерними для опріснених акваторій, зокрема Затоки. Види α -мезосапроби були більш притаманними антропогенізованим ділянкам моря – Одеському порту, Григоріївському лиману, Затоці та Лузанівці І.

Таблиця 17 – Показники розвитку мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману
за даними якісних проб в 2018 році

Відділи водоростей	Водні масиви									
	CW5		CW6				TW21			
	Мис Малий Фонтан (бетон)		Район Одеського порту (залізо)		Район Одеського порту (гума)		Григоріївський лиман (бетон)		Григоріївський лиман (гума)	
	літо	осінь	літо	осінь	літо	осінь	літо	осінь	літо	осінь
Cyanoprokaryota	10	12	7	6	7	-	6	6	5	6
Euglenophyta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dinophyta	2	1	2	2	4	-	6	1	4	1
Cryptophyta	-	1	1	-	1	-	-	-	-	1
Chrysophyta	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1
Bacillariophyta	10	30	18	2	18	-	25	28	26	23
Chlorophyta	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-
Інші	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1
Всього	24	46	32	12	33	-	39	37	37	33
Галобіонтний склад:										
Полігалоби	6	18	7	2	8	-	10	13	11	10
Мезогалоби	5	13	10	4	11	-	16	16	14	14
Галофіли	3	4	5	1	4	-	3	4	5	3
Індиференти	3	4	3	1	3	-	2	1	-	2
Всього	17	39	25	8	26	-	31	34	30	29
Сапробіонтний склад:										
α -мезосапроби	1	4	5	-	3	-	6	7	5	5
β - α -мезосапроби	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
β -мезосапроби	8	15	11	2	12	-	15	14	14	13
β - α -мезосапроби	1	1	2	1	1	-	1	1	1	1
α - β -мезосапроби	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Олігосапроби	2	2	-	1	-	-	-	-	-	-
Всього	12	23	18	4	17	-	22	22	20	19

6.2 Ретроспективна оцінка якості довкілля чорноморських акваторій за станом бентосних мікрофітів

Як і в минулі роки, у видовому складі прибережного мікрофітобентосу на поверхнях твердих субстратів переважали діатомеї, також часто зустрічалися ціанопрокаріоти. Були широко представлені дінофітові водорості, кількість видів яких впродовж року зросла вдвічі, а діатомей – в 1,4 рази. Знайдені мікрофіти, здебільшого, були представниками обростань. Їхня кількість протягом року зросла в 1,3, планктонних видів – в 1,4, а донних форм – в 1,6 рази (табл. 18, 19).

Як і торік, стосовно солоності води переважали мезо- та полігалофи. Впродовж року кількість видів-полігалофів зросла в 1,7, мезогалофів – в 1,3, а індіферентів – в 1,4 рази.

Загальна кількість видів-сапробіонтів на твердих субстратах восени збільшилася майже в 1,4 рази, головним чином, за рахунок α - та β -мезосапробів (в 1,7 та 1,4 рази, відповідно). Серед β -мезосапробів слід відмітити як масовий вид дінофітову водорість *P. micans*. Впродовж року спостерігалось також зростання кількості α -мезосапробів на більшості досліджених станцій. Найчисленнішими серед них були ціанопрокаріота *Ph. limosum* та діатомея *M. moniliformis*.

Слід підкреслити, що у 2018 році дуже інтенсивно розвивалися потенційно токсичні мікрофіти *P. micans* (у всіх водних масивах), *P. cordatum* і *A. flos-aquae*.

Порівняно з 2009-2017 роками кількість видів наступних груп водоростей суттєво скоротилась: золотистих – до 4 разів влітку та до 5 разів восени; зелених – до 5 разів влітку та до 13 восени. А діатомей – дещо зросла, тоді як вміст інших систематичних груп мікрофітів істотно не змінився.

Сумарна чисельність мікрофітобентосу в акваторіях масиву CW5 влітку становила 2 323,52-7 711,56 млн. кл/м², а восени – 2 267,60-7 964,84 млн. кл/м². На ділянці CW6 вона впродовж року зменшилася від 2 631,77 до 1 375,03 млн. кл/м², на TW21 – від 3 375,01 до 2 330,33 млн. кл/м², тоді як в CW7, навпаки,

Таблиця 18 – Показники стану мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в літні періоди 2009-2018 років

Показники	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кількість знайдених видів										
Цуанопрокaryota	19	11	12	18	12	16	12	19	12	13
Euglenophyta	1	1	-	1	1	1	1	1	-	1
Dinophyta	3	7	4	6	10	6	10	8	4	4
Cryptophyta	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-
Chrysophyta	2	3	1	3	1	2	3	4	3	1
Bacillariophyta	24	33	29	34	49	42	52	42	41	47
Chlorophyta	4	1	1	2	3	3	2	5	2	1
Інші	-	-	-	-	-	-	2	1	1	1
Всього	53	56	47	64	76	70	83	81	64	68
Життєві форми										
Планктонні	21	19	13	27	29	26	37	34	26	16
Обростання	28	26	25	27	33	33	29	38	27	33
Донні	3	9	8	6	13	10	15	8	11	17
Всього	52	54	46	60	75	69	81	80	64	66

Кінець таблиці 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Галобність										
Полігалоби	11	11	9	14	16	17	28	17	21	19
Мезогалоби	12	16	13	14	20	17	17	19	15	19
Галофіли	9	7	7	8	12	11	13	8	8	9
Індиференти	6	7	6	8	9	10	9	16	8	9
Всього	38	41	35	44	57	55	67	60	52	56
Сапробність										
α -мезосапроби	3	5	5	5	6	6	9	10	8	7
β - α -мезосапроби	-	-	2	1	1	2	2	1	2	3
β -мезосапроби	19	23	17	26	26	24	25	31	17	22
β -о-мезосапроби	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
о- β -мезосапроби	-	1	1	1	2	1	-	1	-	-
олігосапроби	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
Всього	25	32	28	36	38	37	39	47	31	36

Таблиця 19 – Показники стану мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в осінні періоди 2009-2018 років

Показники	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кількість знайдених видів										
Цуанопрокaryota	17	12	12	14	14	18	20	13	16	19
Euglenophyta	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1
Dinophyta	1	3	2	1	3	5	9	3	6	8
Cryptophyta	-	-	-	1	1	-	-	1	1	1
Chrysophyta	1	2	1	2	3	1	3	5	2	1
Bacillariophyta	28	37	25	22	68	55	42	41	85	67
Chlorophyta	1	2	-	2	1	1	3	3	13	2
Інші	-	-	-	-	-	-	2	1	1	1
Всього	49	56	40	43	90	80	79	67	125	100
Життєві форми										
Планктонні	10	16	10	13	20	22	28	23	47	29
Обростання	30	28	23	21	43	41	30	31	44	42
Донні	6	12	7	8	27	16	17	13	31	28
Всього	46	56	40	42	90	79	75	67	122	99

Кінець таблиці 19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Галобність										
Полігалоби	11	15	11	8	25	25	16	15	34	33
Мезогалоби	13	17	14	11	27	22	20	24	31	25
Галофіли	6	7	2	6	13	10	8	7	13	7
Індиференти	6	9	3	5	9	8	10	9	24	13
Всього	36	48	30	30	74	65	54	55	102	78
Сапробність										
α -мезосапроби	6	6	6	3	7	9	10	13	13	12
β - α -мезосапроби	1	1	-	-	2	2	2	1	4	1
β -мезосапроби	1	22	14	16	29	29	25	22	44	31
β -о-мезосапроби	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1
о- β -мезосапроби	-	-	-	1	1	-	1	1	1	-
олігосапроби	2	2	2	2	4	2	2	3	2	4
Всього	27	32	23	23	44	43	41	41	65	49

зростала з 1 304,29 до 4 721,46 млн. кл/м². Найчисленнішими були синьо-зелені водорості *G. crepidium*, *L. fragilis*, *L. confervoides*, *C. scopulorum* та діатомеї *M. moniliformis*, *A. brevipes*, *N. ramosissima* і *T. fasciculata*. Ретроспективний аналіз за період 2009-2018 років (осінні сезони) показав, що чисельність мікрофітобентосу коливалася за десятиріччя від 830,89 до 41 726,02 млн. кл/м².(табл. 20).

Таблиця 20 – Чисельність (млн. кл/м²) та біомаса (мг/м²) мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2009-2018 років

Роки дослід- жень	Чисельність				Біомаса			
	літо		осінь		літо		осінь	
	min	max	min	max	min	max	min	max
2009	2 504,89	44 805,21	8 836,00	41 726,02	180,73	2 863,36	286,30	1 162,43
2010	3 413,60	29 061,91	4 469,20	33 197,71	84,44	11 926,32	159,70	4 200,73
2011	2 031,07	14 291,09	10 151,56	20 430,33	58,92	15 404,63	424,34	1 194,38
2012	2 901,44	20 378,53	1 458,94	15 942,76	181,33	1 950,79	46,43	2 409,55
2013	3 819,89	24 486,91	4 955,05	18 679,77	331,25	8 520,07	297,23	4 942,28
2014	2 817,39	18 816,74	5 458,28	30 634,10	80,25	2 360,31	495,46	4 532,40
2015	1 832,84	10 793,40	4 394,96	23 338,75	49,14	23 271,52	304,33	2 928,49
2016	3 199,84	20 739,30	1 027,76	26 861,72	202,63	11 890,01	91,61	2 659,90
2017	1 435,83	4 015,99	994,06	11 357,75	86,64	15 553,94	131,22	2 566,38
2018	1 304,29	7 711,56	830,89	7 964,84	133,07	1 808,38	134,95	65 172,98

Біомасу мікрофітобентосу формували, головним чином, крупноклітинні діатомові водорості. Це, переважно, *A. longipes*, *M. moniliformis* і представники родів *Amphora*, *Gyrosigma*, *Pleurosigma*, *Nitzschia*. Загальна біомаса бентосних мікроводоростей повсюдно зростала впродовж року. Так, у водному масиві CW5 влітку вона дорівнювала 133,72-1 478,37 мг/м², а восени – 285,41- 65 172,98 мг/м². На масиві CW6 вона протягом року зростала в 2,1, а на TW21 – в 1,3 рази. Аналіз показників біомаси бентосних водоростей-мікрофітів за період з 2009 по 2018 рік засвідчив варіювання даного показника від 46,43 до 65 172,98 мг/м².

7 БАЗОВА ОЦІНКА ТА ВИЗНАЧЕННЯ ДОБРОГО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ЧОРНОГО МОРЯ

Відповідно до цілей Директиви 2008/56/ЄС (Рамкової Директиви про морську стратегію [9]) поняття «гарний екологічний стан» вживається у такому значенні – це екологічний стан морських вод, які забезпечують екологічно різноманітні і динамічні океани і моря, що є чистими, здоровими і продуктивними у значенні властивих їм умов, і за якого використання морського середовища перебуває на сталому рівні, захищаючи таким чином їх потенціал до використання та здійснення діяльності існуючими та майбутніми поколіннями.

Гарний екологічний стан морських вод визначається на основі дескрипторів якості, зазначених у Додатку I цієї директиви. «Критерії» якості морських вод – відмінні технічні характеристики, які тісно пов'язані з дескрипторами якості.

Визначенню гарного (доброго) екологічного стану передуює початкова (базова) оцінка, щодо наявного екологічного стану охоплених вод та щодо екологічного впливу на ці води людської діяльності.

Протягом 2009-2018 років за методами біотестування та біоіндикації з використанням гідробіонтів різних систематичних рівнів, неоднакових вікових стадій розвитку, яким властива різна чутливість до впливу морських вод, здійснена оцінка якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману (різних за характером та ступенем антропогенізації) і деяких віддалених від берега чорноморських акваторій України.

Досліджувались проби прибережних мезогалінних вод та мікрофітобентосу, що були відібрані, здебільшого, в Дністровському районі ПЗЧМ (рис. 20) у водних масивах:

– CW5 – на умовно-чистій в минулі роки акваторії біля мису Малий Фонтан з помірним рекреаційним навантаженням та у місці зі значним – на пляжі «Аркадія», в прибережжі Дачі Ковалевського, що перебуває під впливом

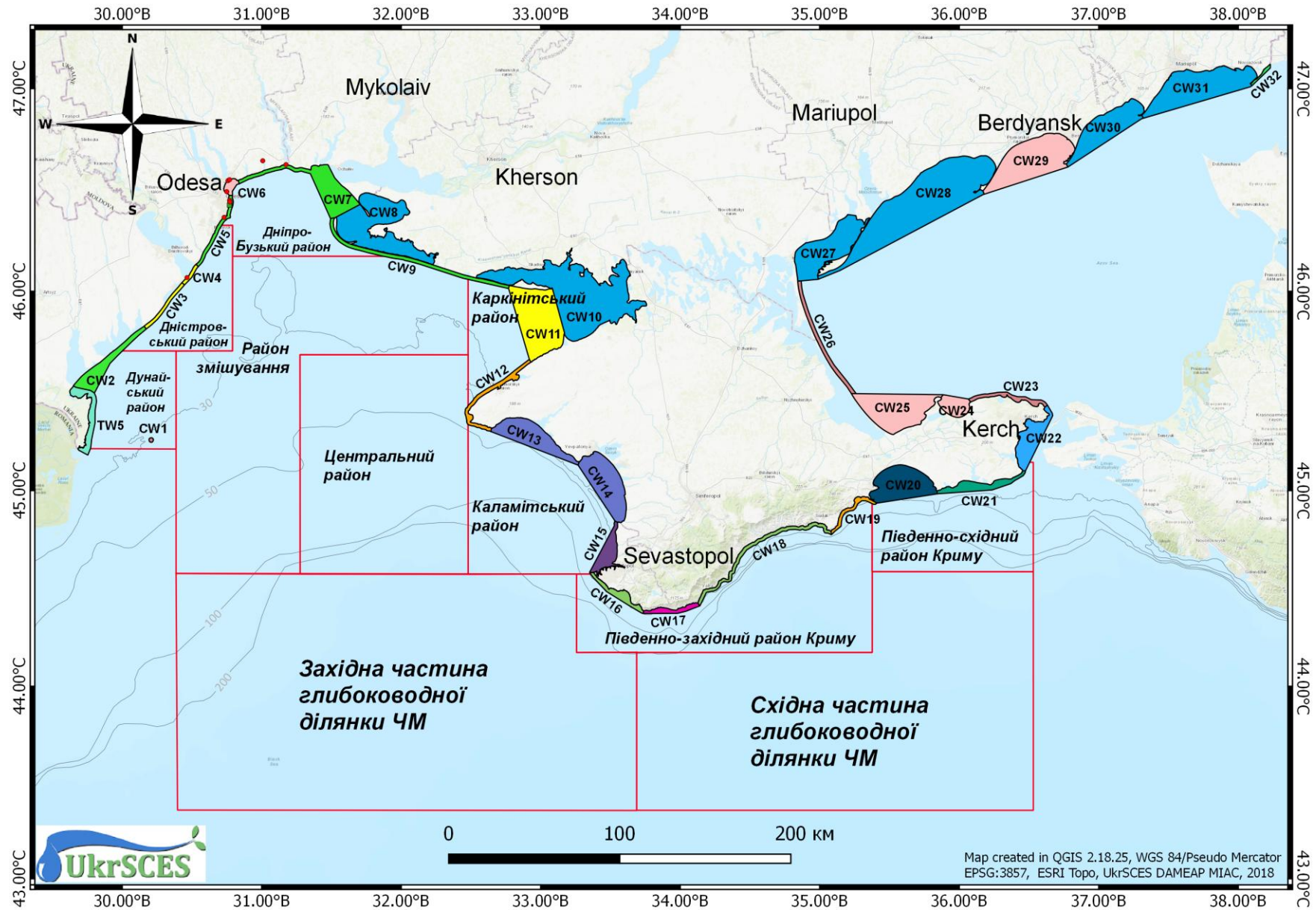


Рисунок 20 – Схема розташування водних масивів та районів досліджень української частини Чорного моря

господарсько-побутових стоків, а також в місцях скиду санаторних (район санаторію ім. Чкалова) та дренажних вод (пляж «Дельфін»);

– CW4 – на пляжі бази відпочинку «Альбатрос» в Затоці (з невеликим рекреаційним навантаженням та вільним водообміном з морем).

У Дніпро-Бузькому районі ПЗЧМ відбір цих проб здійснили у прибережних водних масивах:

– CW6 – у місцях суттєвого рекреаційного навантаження (Лузанівка I та II) та з акваторії Одеського порту, де здійснюється значна кількість портових операцій;

– CW7 – на пляжі бази відпочинку «Кипарис» біля Коблевого (з незначним рекреаційним навантаженням та за відсутності берегозахисних споруд).

Проби транзитних вод та бентосних мікрофітів у Григоріївському лимані (водний масив TW21) відібрано в зоні портових робіт поблизу с. Біляри.

Впродовж досліджуваного десятиріччя на екологічний стан морських вод суттєво впливали не тільки різні види антропогенного навантаження, а й природні фактори, як біотичні (зокрема, інтенсивний розвиток потенційно-токсичних мікрофітів (див. 6), що нерідко переходив до «цвітіння» та «гіперцвітіння» різних видів ціанопрокаріот та дінофітових водоростей), так і абіотичні (низька солоність води, аномально висока температура водних мас, штормові явища, тощо), які неодноразово викликали погіршення умов існування для водних організмів, навіть їхню загибель. Наприклад, улітку 2010 року у прибережжі ПЗЧМ склалася особлива екологічна ситуація, яку спричинила аномальна літня спека і у прибережній товщі води, в якій температурні показники сягнули від 28°C до 31°C на фоні низької солоності – від 8,99 ‰ до 9,85 ‰, що призвело до масового замору гідробіонтів (див. 4 та 5). Відновлення угруповань морських організмів сталося для деяких їхніх представників досить уповільнено. Зокрема, для мідій з вертикальних берегозахисних споруд м. Одеси, що позначилося на зниженні біогідрологічного потенціалу мідієвого поясу, як санітарів-біофільтраторів курортної зони моря. Наші власні неодноразові дослідження стану обростань берегозахисних споруд в Одеській затоці показали, що серед наявних

представників прикріплених гідробіонтів частка мідій досі залишається незначною порівняно з показниками чисельності та біомаси цих мітілід, зареєстрованими до 2010 року.

Початкова оцінка якості довкілля Чорного моря була проведена за методами біотестування та біоіндикації (згідно з Дескрипторами 6 і 8 Додатку 1 MSFD [9] та Додатком V WFD [86]) за показниками розвитку різних за чутливістю бентосних тест-об'єктів та організмів-індикаторів різних систематичних рівнів. Вона включає не тільки порівняльну оцінку екологічного стану різних акваторій моря по результатах біологічного моніторингу впродовж 2018 року (див. 3-6), а й ретроспективну порівняльну характеристику змін екологічного стану чорноморського довкілля починаючи з 2006 року по 2018 рік (по отриманих матеріалах з біотестування та біоіндикації).

Згідно Додатку V WFD, якість масивів поверхневих вод виражають як коефіцієнти екологічної якості для цілей класифікації їхнього екологічного стану [86]. Ці коефіцієнти представляють собою співвідношення між значеннями біологічних параметрів, що спостерігаються стосовно даного масиву поверхневої води, і значеннями цих параметрів за еталонних умов, застосованих до цього масиву. Коефіцієнт виражається як числове значення між нулем і одиницею, причому відмінний екологічний стан представляють значення, близькі до одиниці, а поганий екологічний стан – значення, близькі до нуля.

Шкалу коефіцієнтів екологічної якості системи моніторингу кожної держави для кожної категорії поверхневої води ділять на п'ять класів – від відмінного до поганого екологічного стану (табл. 21) [86].

Таблиця 21 – Класи екологічного стану поверхневих вод

Клас екологічного стану вод	1	2	3	4	5
	Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний

Для категорій поверхневої води, класифікація екологічного стану для водного масиву репрезентується нижчим із значень результатів біологічного моніторингу для відповідних складових якості з відповідністю кольоровим кодам (див. табл. 21).

Між класами екологічного стану надаються числові значення кожній з граничних меж. Зазвичай, значення для граничної межі між класами відмінного і доброго стану і значення для граничної межі між добрим і помірним станом встановлюються виконанням операції інтеркалібрування. По кожному масиву досліджуються не менше двох місць, які відповідають межі між нормативними визначеннями відмінного та доброго станів і не менше двох місць, що відповідають межі між нормативними визначеннями доброго та помірного станів поверхневих вод.

Місця відбору проб визначають експерти. Їх судження базуються на сумісних перевірках та іншій наявній інформації.

На основі базової оцінки визначаються ДЕС та пропозиції заходів щодо можливого покращення стану прибережних вод Чорноморського регіону.

В основу цих робіт були покладені розроблені та модифіковані в УкрНЦЕМ сучасні методики з біотестування та біоіндикації якості морського довкілля, які використовували та вдосконалювали, починаючи з 2003 року (див. 2).

На гідробіонтах різної чутливості були отримані дані, що об'єктивно віддзеркалюють вплив середовища різного ступеню забруднення на використаних тест-об'єктах та організмів-індикаторів за різних гідрологічних умов.

Дорослі чорноморські мідії менш чутливі до впливу оточуючого середовища, ніж їхні личинки на ранніх стадіях розвитку та мікрофітобентос.

У таблиці 22 наведені середні фізіолого-морфологічні показники дорослих мідій під час біотестування якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману у 2009-2018 роках.

Досліджувана стабільність мембран лізосом клітин гемолімфи мідій дала можливість оцінити екологічний стан морських вод масивів CW5, CW6 та TW21 як відмінний та добрий протягом року ([86], табл. 23). Виключення становить

Таблиця 22 – Фізіолого-морфологічні показники чорноморських мідій під час біотестування якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману у 2009-2018 роках

Місце відбору проб води (водні масиви)	Літній період року					Осінній період року				
	Кількість років (n)	max	min	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)	Кількість років (n)	max	min	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Стабільність мембран лізосом клітин гемолимфи мідій розміром 42-75 мм (у хв)										
Мис Малий Фонтан (CW5)	10	174,0	87,0	144,6 $\pm$ 9,42	6,51	9	177,0	78,0	153,7 $\pm$ 11,79	7,67
Одеський порт (CW6)	10	171,0	63,0	131,4 $\pm$ 11,69	8,90	9	171,0	57,0	142,0 $\pm$ 13,57	9,56
Григоріївський лиман (TW21)	10	165,0	49,5	119,6 $\pm$ 12,50	10,45	9	168,0	93,0	146,0 $\pm$ 8,93	6,12
Фільтраційна активність мідій розміром 45-50 мм на 4-ту годину спостережень (у % до можливого)										
Мис Малий Фонтан (CW5)	10	66,6	21,9	43,08 $\pm$ 4,838	11,23	10	67,1	46,6	61,15 $\pm$ 2,219	3,63
Одеський порт (CW6)	10	62,4	4,6	41,59 $\pm$ 6,256	15,04	10	74,6	29,0	55,35 $\pm$ 4,935	8,92
Григоріївський лиман (TW21)	10	62,7	16,6	32,15 $\pm$ 4,989	15,52	10	67,9	26,8	48,76 $\pm$ 4,448	9,12
Споживання розчиненого у воді кисню мідіями розміром 45-50 мм (у мл O ₂ /особину в годину)										
Мис Малий Фонтан (CW5)	10	0,63	0,22	0,40 $\pm$ 0,044	11,00	10	0,37	0,12	0,28 $\pm$ 0,027	11,74
Одеський порт (CW6)	10	0,78	0,18	0,38 $\pm$ 0,064	16,84	10	0,53	0,10	0,24 $\pm$ 0,047	19,58
Григоріївський лиман (TW21)	10	0,59	0,15	0,39 $\pm$ 0,048	12,31	10	0,37	0,06	0,19 $\pm$ 0,034	17,89

лише стан довкілля Григоріївського лиману влітку, тому що утримання модельного токсиканту нейтрального червоного мембранами клітин гемолімфи молюсків, які в умовах лабораторії перебували у лиманській воді, тривало менше 120 хв за середнім за десятиріччя показником, і тому мало задовільну якість.

Таблиця 23 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів CW5, CW6 та TW21 за показником стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи мідій за період з 2009 по 2018 рік (у 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	150,0-180,0	120,0-150,0	60,0-120,0	30,0-60,0	0,0-30,0
CW5	Літні сезони		144,6			
	Осінні сезони	153,7				
CW6	Літні сезони		131,4			
	Осінні сезони		142,0			
TW21	Літні сезони			119,6		
	Осінні сезони		146,0			

Фільтраційна активність мідій на 4-ту годину спостережень в осінній період року була значно більшою – в 1,3-1,5 рази, ніж літом при біотестуванні якості довкілля водних масивів CW5, CW6 та TW21, і це, як і при дослідженні кроволімфи молюсків, дозволяє стверджувати, що протягом року якість прибережних морських вод покращувалась (див. табл. 22).

Дихання мідій було більш значним у молюсків в літній період (див. 5.3) і становило (в середньому за десятиріччя) 0,38-0,40 мл O₂/особину в годину. Всі фізіолого-морфологічні показники мідій були значно кращими у двостулкових, які мешкали в лабораторії у воді з ділянки моря біля мису Малий Фонтан (CW5). Це свідчить про те, що дана акваторія була і є умовно-чистою (за середніми показниками стану мідій, отриманими під час біотестування якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману у 2009-2018 роках).

Личинкам чорноморських мідій на ранніх стадіях розвитку притаманна значно більша чутливість до впливу оточуючого середовища (табл. 24), ніж

Таблиця 24 – Кількість морфологічно нормальних личинок чорноморських мідій під час біотестування якості довілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману у 2009-2018 роках (у %)

Місце відбору проб води (водні масиви)	Літній період року					Осінній період року				
	Кількість років (n)	max	min	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)	Кількість років (n)	max	min	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Дача Ковалевського (CW5)	8	30,8	5,0	$9,6 \pm 3,90$	40,63	8	21,7	0,0	$12,9 \pm 2,89$	22,40
Пляж «Аркадія» (CW5)	9	23,6	3,6	$11,8 \pm 2,66$	22,54	10	36,6	1,0	$20,7 \pm 3,85$	18,60
Мис Малий Фонтан (CW5)	9	34,6	5,1	$13,0 \pm 3,92$	30,15	10	46,9	3,0	$24,9 \pm 4,75$	19,08
Район санаторію ім. Чкалова (CW5)	9	14,9	0,3	$5,4 \pm 1,94$	35,93	10	22,1	0,5	$9,8 \pm 2,34$	23,88
Пляж «Дельфін» (CW5)	9	19,7	2,7	$7,5 \pm 2,57$	34,27	10	34,0	3,0	$13,5 \pm 3,36$	24,89
Одеський порт (CW6)	9	22,1	3,7	$9,0 \pm 2,45$	27,22	10	32,3	2,2	$15,5 \pm 3,32$	21,42
Лузанівка II (CW6)	9	12,9	1,8	$6,0 \pm 1,97$	32,83	8	43,3	5,2	$19,3 \pm 6,76$	35,03
Григоріївський лиман (TW21)	8	26,4	1,4	$8,7 \pm 3,78$	43,45	10	35,0	1,5	$17,5 \pm 3,63$	20,74

дорослим моллюскам. За оцінками відкликів протісоконхів мідій під час біотестування якості забрудненого в різному ступені водного довкілля прибережних районів ПЗЧМ та Григоріївського лиману (і деяких відкритих акваторій української частини Чорного моря) впродовж останніх років, починаючи з 2009 року, проведено порівняльний посезонний аналіз отриманих результатів з морфогенезу досліджених тест-об'єктів ([87], табл. 24 та див. рис. 2). За середніми значеннями кількості морфологічно нормальних личинок мідій, що утворилися під час біотестування якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману у літні та осінні сезони спостережень, найбільш забрудненим було середовище акваторії, прилеглої до санаторію ім. Чкалова, тому що в його воді влітку і восени розвивалася найменша кількість нормальних личинок – 5,4 % та 9,8 % (див. табл. 24). А найкращим був екологічний стан морських вод прибережжя мису Малий Фонтан: личинок нормальної морфології (при біотестуванні) утворилася найбільша кількість – 13,0 % літом та 24,9 % – осінню (середні показники). І максимальна кількість нормальних личинок при біотестуванні якості морських вод сягнула в останньому десятиріччі 46,9 % восени теж у воді з акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан. Обидві вищезгадані досліджені акваторії розташовані в межах водного масиву CW5.

В усіх досліджених морських водних масивах від літа до осені спостерігалось покращення екологічних характеристик довкілля, які ставали більш вирівняними, що підтверджує статистична достовірність осінню.

На основі оцінки токсичності морського середовища для личинок двостулкових моллюсків, проведеної за критеріями, запропонованими у 1965 році Woelke (див. 2, [32]), до класів екологічного стану вод віднесені відповідні відсотки нормальних личинок мідій. В таблиці 25 представлені середні значення кількості личинок нормальної морфології, що були отримані за результатами біотестування якості морського довкілля (прибережних і відкритих районів моря) за останні 10 років моніторингових досліджень.

Добрий екологічний стан для розвитку личинок мідій був тільки при проведенні біотестування поверхневої води, відібраної у зоні материкового схилу

Таблиця 25 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів CW5, CW6, TW21 та відкритих акваторій ПЗЧМ за відсотком розвитку нормальних личинок мідій під час біотестування якості морських вод за період з 2009 по 2018 рік

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви та відкриті акваторії	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Відсоток нормальних личинок	90,0-100,0	50,0-90,0	15,0-50,0	5,0-15,0	0,0-5,0
Дача Ковалевського (CW5)	Літні сезони				9,6	
	Осінні сезони				12,9	
Пляж «Аркадія» (CW5)	Літні сезони				11,8	
	Осінні сезони			20,7		
Мис Малий Фонтан (CW5)	Літні сезони				13,0	
	Осінні сезони			24,9		
Район санаторію ім. Чкалова (CW5)	Літні сезони				5,4	
	Осінні сезони				9,8	
Пляж «Дельфін» (CW5)	Літні сезони				7,5	
	Осінні сезони				13,5	
Одеський порт (CW6)	Літні сезони				9,0	
	Осінні сезони			15,5		
Лузанівка II (CW6)	Літні сезони				6,0	
	Осінні сезони			19,3		
Григоріївський лиман (TW21)	Літні сезони				8,7	
	Осінні сезони			17,5		
Материковий схил ПЗЧМ (район змішування)	Літні сезони		59,1			
	Осінні сезони					
Дністровська банка (Дністровський район)	Літні сезони				9,9	
	Осінні сезони					
Філофорне поле Зернова (район змішування)	Літні сезони			26,2		
	Осінні сезони					
Зона змішування вод Дунаю з морськими	Літні сезони			12,2		
	Осінні сезони					

ПЗЧМ, бо в ній розвинулося 59,1 % нормальних продісоконхів (проявилася значно більша чутливість личинок мідій на ранніх стадіях розвитку до дії факторів навколишнього середовища, ніж організмів дорослих моллюсків).

Коефіцієнти екологічної якості для цілей класифікації стану довкілля водного масиву поверхневих вод, тобто, співвідношення між значеннями біологічних параметрів, що спостерігаються стосовно даного масиву поверхневої води, і значеннями цих параметрів за еталонних умов, застосованих до цього масиву [86], визначали окремо для літнього та осіннього сезонів спостережень.

Еталонними показниками для розрахунків коефіцієнтів екологічної якості за середніми відсотками розвитку нормальних личинок мідій при біотестуванні якості довкілля водного масиву CW5 в 2009-2018 роках було обрано найкращі показники морфогенезу личинок мідій у воді умовно-чистої акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан: за літні сезони досліджень – 34,6 %, а за осінні – 46,9 % (див. табл. 24).

В таблиці 26 наведені коефіцієнти екологічної якості 5 досліджених ділянок моря водного масиву CW5, які протягом останніх 10 років перебували під впливом різних видів антропогенного навантаження.

Таблиця 26 – Коефіцієнти екологічної якості для цілей класифікації стану довкілля водного масиву CW5, обчислені за середнім відсотком розвитку нормальних личинок мідій під час біотестування якості морських вод в 2009-2018 роках

Місце відбору проб води	Коефіцієнти екологічної якості для водного масиву CW5	
	Літні періоди	Осінні періоди
Дача Ковалевського	0,28	0,28
Пляж «Аркадія»	0,34	0,44
Мис Малий Фонтан	0,38	0,53
Район санаторію ім. Чкалова	0,16	0,21
Пляж «Дельфін»	0,22	0,29

Отримані коефіцієнти були використані для створення класифікації екологічного стану довкілля водного масиву CW5 (табл. 27).

Таблиця 27 – Класифікація екологічного стану довкілля водного масиву CW5 за період з 2009 по 2018 роки (на основі розрахунків за середнім відсотком розвитку нормальних личинок мідій під час біотестування якості морських вод)

Клас екологічного стану вод	1	2	3	4	5
	Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
Шкала коефіцієнтів екологічної якості	0,90-1,00	0,50-0,90	0,15-0,50	0,05-0,15	0,00-0,05
Літні періоди					
Дача Ковалевського (CW5)			0,28		
Пляж «Аркадія» (CW5)			0,34		
Мис Малий Фонтан (CW5)			0,38		
Район санаторію ім. Чкалова (CW5)			0,16		
Пляж «Дельфін» (CW5)			0,22		
Осінні періоди					
Дача Ковалевського (CW5)			0,28		
Пляж «Аркадія» (CW5)			0,44		
Мис Малий Фонтан (CW5)		0,53			
Район санаторію ім. Чкалова (CW5)			0,21		
Пляж «Дельфін» (CW5)			0,29		

Серед досліджених точок відбору проб прибережних водних мас CW5, що мали задовільний екологічний стан, найменшими показниками коефіцієнтів екологічної якості, як влітку, так і восени, характеризувалося довкілля ділянки моря,

прилеглої до санаторію імені Чкалова, що було обумовлено локальним негативним впливом суміші санаторних та дренажних стоків. Найліпший екологічний стан притаманний лише прибережжю мису Малий Фонтан. За створеною нами шкалою, що розрахована на основі середніх відсотків розвитку нормальних личинок мідій під час біотестування якості морських вод у 2009-2018 роках, значення коефіцієнтів екологічної якості водного середовища біля мису Малий Фонтан літом становили 0,38 (задовільний екологічний стан) та осінню – 0,53 (добрий екологічний стан). Для водних масивів CW4, CW6, CW7 та TW21, відповідно до WFD, кількість точок відбору проб та років спостережень на їхніх акваторіях виявилися недостатніми для розрахунків коефіцієнтів екологічної якості за вимогами вищезгаданої директиви [86]. В подальшому слід розробити більш докладну схему точок відбору проб у цих 4 масивах для проведення досліджень якості морських вод методами біотестування. Це дозволить продовжити ряд даних з попередніх досліджень екологічного стану прибережжя ПЗЧМ.

Такі структурні показники стану угруповань мікрофітобентосу, як чисельність, біомаса, таксономічний і сапробіонтний склад, видове біорізноманіття та інші, використовуються в морському моніторингу [20].

Динаміка середніх за 2009-2018 роки показників чисельності та біомаси ціанопрокаріот і діатомей – провідних груп у формуванні кількісних показників розвитку мікрофітобентосу, представлена у Додатку Г (табл. Г.1-Г.4).

Середня чисельність ціанопрокаріот у водному масиві CW5 влітку, як і восени, була мінімальною на акваторії біля Дачі Ковалевського і становила від 5 048,92 млн. кл/м² до 9 998,53 млн. кл/м² (див. табл. Г.1), а максимальною та стабільною протягом десятиріччя – на пляжі «Дельфін». На ділянці CW6 вона теж суттєво не змінилась, тоді як на масиві TW21 – зросла в 1,4 рази. Всі досліджені ділянки за показником чисельності ціанобактерій – евтрофні водні об'єкти [85].

Середній показник біомаси ціанопрокаріот в межах масиву CW5 влітку та восени був мінімальним, як і їхня чисельність, коло Дачі Ковалевського і дорівнював від 123,62 мг/м² до 426,89 мг/м² (див. табл. Г.2). На ділянці CW6 він був більшим в 1,8, а на масиві TW21 – в 1,7 рази. У літні періоди 2009-2018 років

їхня біомаса на пляжі «Аркадія» була найвищою, що пояснюється впливом значного рекреаційного навантаження на морське довкілля цієї акваторії.

Середня чисельність діатомей на масиві CW5 в літні сезони 2009-2018 років варіювала від 19,31 млн. кл/м² до 1 964,73 млн. кл/м², а восени – від 60,87 млн. кл/м² до 821,20 млн. кл/м² (див. табл. Г.3). В акваторії CW6 від літа до осені вона скоротилась в 2,3 рази, а в TW21 – збільшилась вдвічі. Це також дозволило віднести морські води досліджених масивів до евтрофних водних об'єктів [85].

Середній показник біомаси діатомових в акваторіях масиву CW5 за літні періоди 2009-2018 років становив від 38,81 мг/м² до 8 414,86 мг/м², а за осінні – від 117,29 мг/м² до 6 752,46 мг/м² (див. табл. Г.4). Слід відмітити, що на акваторії пляжу «Дельфін» восени 2018 року був максимальний (за останнє десятиріччя) пік розвитку діатомей – 65 141,40 мг/м², здебільшого за рахунок α -мезосапробних представників роду *Melosira* (див. 6.1, 6.2 та див. табл. Г.4). Така значна біомаса цих водоростей вказує на те, що прибережжя пляжу «Дельфін» в цей час було політрофним водним об'єктом. В осінні сезони 2009-2018 років середня біомаса діатомей на ділянці CW6 від літа істотно не змінилась, а на TW21 – зросла більш ніж в 4 рази. За більшістю середніх показників біомаси крупноклітинних діатомей досліджені водні масиви також належать до евтрофних водних об'єктів [85].

Впродовж останніх 10 років екологічні умови (в першу чергу, природного походження) в досліджених прибережних акваторіях ПЗЧМ зазнавали різких змін (наприклад, солоності до критично низьких показників та температур води до аномально високих в 2010 році), що відобразилося у неоднорідності отриманих кількісних характеристик стану бентосних мікроводоростей.

Середня кількість α -мезосапробів (організмів-індикаторів значного органічного забруднення водного середовища) в літні та осінні періоди (рис. 21) спостережень була найнижчою в мікрофітобентосі з умовно чистої акваторії поблизу мису Малий Фонтан, а в антропогенно навантаженому Григоріївському лимані – найвищою. На більшості досліджених акваторій вміст бентосних α -мезосапробів осінню був значно вищим, за винятком їхнього зниження у довкіллі пляжу поблизу санаторію ім. Чкалова. Морські мікроскопічні водорості

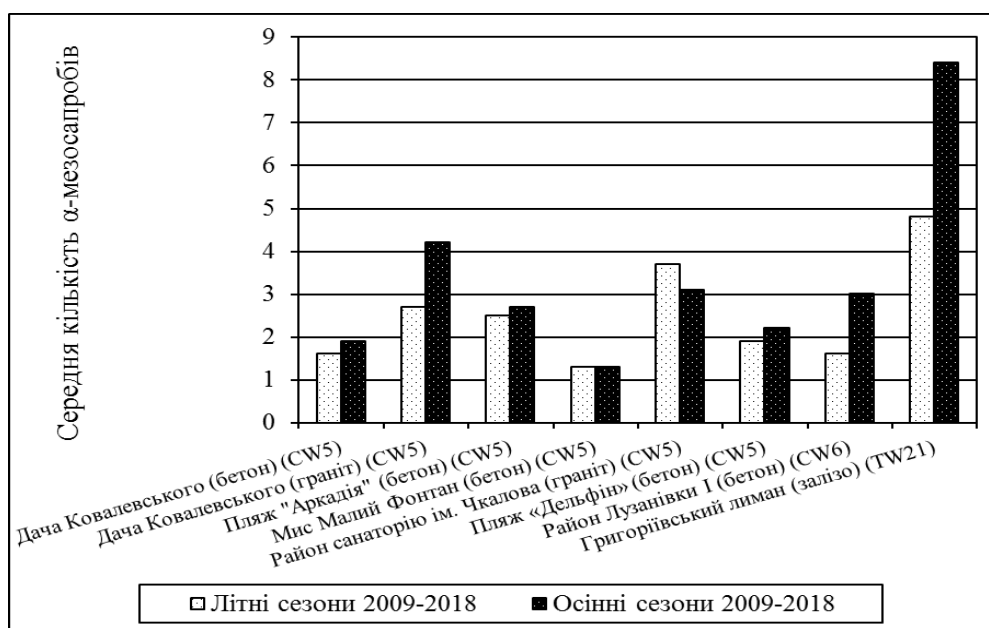


Рисунок 21 – Середня кількість α -мезосапробних видів водоростей мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману

фітобентосу достатньо чутливі до змін екологічного стану водного довкілля. Тобто, за їх відгуками на вплив оточуючого середовища можна судити про стан морських вод.

Трофність водних об'єктів та сапробність організмів мікрофітобентосу взаємопов'язані з видовим складом та чисельністю мешканців водойм.

Середні показники загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів впродовж 2009-2018 років були максимальними в районі пляжу «Дельфін» (на бетоні), а мінімальними – влітку в районі Дачі Ковалевського (на граніті), восени – в Григоріївському лимані (на залізі) (табл. 28).

Середня загальна біомаса мікрофітобентосу за останнє десятиріччя в усі сезони була найвищою біля санаторію ім. Чкалова. Найменші показники її влітку були на умовно чистій акваторії, прилеглій до мису Малий Фонтан, а восени – на пляжі Лузанівки I (табл. 29). Від літа до осені на більшості досліджених акваторій збільшились кількісні показники розвитку донних мікрофітів.

Отже, в середньому за останні 10 років найбільш евтрофікованими були антропогенізовані ділянки CW5 – пляжу «Дельфін» та санаторію ім. Чкалова.

Таблиця 28 – Середня загальна чисельність (млн.кл./м²) мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів
ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2009-2018 років

Місце відбору проб (водні масиви)	Кількість років (n)	Літні сезони 2009-2018				Осінні сезони 2009-2018			
		min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)	min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Дача Ковалевського (бетон) (CW5)	10	2 470,53	20 378,53	10 106,46 $\pm$ 1 938,183	19,18	7 548,40	20 570,40	14 484,87 $\pm$ 1 409,371	9,73
Дача Ковалевського (граніт) (CW5)	10	1 432,75	16 194,40	5 343,13 $\pm$ 1 597,653	29,90	994,06	30 337,60	10 239,83 $\pm$ 3 175,851	31,01
Пляж «Аркадія» (бетон) (CW5)	10	3 034,50	44 805,21	13 322,53 $\pm$ 4 520,844	33,93	5 405,20	24 524,62	13 004,20 $\pm$ 2 069,295	15,91
Мис Малий Фонтан (бетон) (CW5)	10	1 832,84	19 178,87	7 605,90 $\pm$ 1 877,361	24,68	2 267,60	41 726,02	12 015,57 $\pm$ 4 270,585	35,54
Район санаторію ім.Чкалова (граніт) (CW5)	10	2 688,62	21 429,07	10 365,78 $\pm$ 2 028,279	19,57	1 458,94	33 197,71	15 144,18 $\pm$ 3 435,087	22,68
Пляж «Дельфін» (бетон) (CW5)	10	3 139,54	26 523,09	15 514,46 $\pm$ 2 530,802	16,31	2 884,28	32 548,98	16 304,74 $\pm$ 3 210,610	19,69
Район Лузанівки I (бетон) (CW6)	5	2 504,89	29 061,91	11 039,76 $\pm$ 5 698,871	51,62	1 375,03	27 555,87	9 645,83 $\pm$ 4 641,863	48,12
Григоріївський лиман (залізо) (TW21)	5	1 435,83	13 871,03	6 521,61 $\pm$ 2 668,470	40,92	1 027,76	21 299,71	9 403,04 $\pm$ 4 350,158	46,26

Таблиця 29 – Середня загальна біомаса (мг/м²) мікрофітобентосу твердих субстратів водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2009-2018 років

Місце відбору проб (водні масиви)	Кількість років (n)	Літні сезони 2009-2018				Осінні сезони 2009-2018			
		min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)	min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Дача Ковалевського (бетон) (CW5)	10	81,48	1 950,79	653,90 ± 202,315	30,94	285,41	2 928,49	1 112,35 ± 286,061	25,72
Дача Ковалевського (граніт) (CW5)	10	131,96	1 509,10	600,88 ± 149,048	24,80	171,15	4 955,75	1 178,53 ± 517,837	43,94
Пляж «Аркадія» (бетон) (CW5)	10	134,64	8 520,07	1 992,80 ± 907,555	45,54	439,87	3 037,64	1 301,62 ± 281,157	21,60
Мис Малий Фонтан (бетон) (CW5)	10	49,14	1 019,24	434,82 ± 104,994	24,15	163,18	4 748,61	1 476,04 ± 496,281	33,62
Район санаторію ім. Чкалова (граніт) (CW5)	10	243,66	23 271,52	8 661,29 ± 2 492,305	28,78	46,43	12 991,87	2 529,74 ± 1 401,085	55,38
Пляж «Дельфін» (бетон) (CW5)	10	96,26	1 309,50	663,82 ± 131,309	19,78	407,85	65 172,98	7 251,40 ± 7 009,530	96,66
Район Лузанівки I (бетон) (CW6)	5	180,73	1 291,23	615,53 ± 238,302	38,71	134,83	2 566,38	892,96 ± 431,114	48,28
Григоріївський лиман (залізо) (TW21)	5	344,77	1 808,38	1 004,91 ± 314,076	31,25	91,61	4 532,40	2 250,66 ± 952,949	42,34

Нами була проведена оцінка екологічного стану довкілля водних масивів CW5, CW6 та TW21 за шкалою та класами трофності [85] по показниках загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів, як індикаторних характеристик відгуків цих чутливих організмів-моніторів на умови мешкання у різних ділянках ПЗЧМ (табл. 30).

Таблиця 30 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів

CW5, CW6 та TW21 за шкалою та класами трофності [85]

по показниках загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів за період з 2009 по 2018 рік (млн. кл/м²)

Клас екологічного стану вод			1	2	3	4	5
			Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Місце відбору проб	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
		Шкала трофності	0,1·10 ³ - 0,5·10 ³	0,5·10 ³ - 15,0·10 ³	15,0·10 ³ - 50,0·10 ³	50,0·10 ³ - 200,0·10 ³	200,0·10 ³ - 500,0·10 ³
		Класи трофності	Оліго-трофний	Мезо-трофний	Ев-трофний	Полі-трофний	Гіпер-трофний
CW5	Дача Ковалевського (бетон)	Літні сезони		10,1·10 ³			
		Осінні сезони		14,5·10 ³			
	Дача Ковалевського (граніт)	Літні сезони		5,3·10 ³			
		Осінні сезони		10,2·10 ³			
	Пляж «Аркадія» (бетон)	Літні сезони		13,3·10 ³			
		Осінні сезони		13,0·10 ³			
	Мис Малий Фонтан (бетон)	Літні сезони		7,6·10 ³			
		Осінні сезони		12,0·10 ³			
	Район сан. ім. Чкалова (граніт)	Літні сезони		10,4·10 ³			
		Осінні сезони			15,1·10 ³		
	Пляж «Дельфін» (бетон)	Літні сезони			15,5·10 ³		
		Осінні сезони			16,3·10 ³		
CW6	Лузанівка I (бетон)	Літні сезони		11,0·10 ³			
		Осінні сезони		9,6·10 ³			
TW21	Григоріївський лиман (залізо)	Літні сезони		6,5·10 ³			
		Осінні сезони		9,4·10 ³			

Встановлено, що по показниках загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів переважна більшість досліджених водних масивів належали до мезотрофного класу, що цілком відповідає доброму екологічному стану вод. Виняток становили деякі ділянки CW5, які відносились до евтрофного класу.

Для розрахунку коефіцієнтів екологічної якості для цілей класифікації екологічного стану морських вод під час біоіндикації довкілля різних масивів потрібно визначитись щодо еталонних умов існування мікрофітобентосу з відповідними історичними параметрами. Наукової інформації про показники розвитку чорноморських бентосних мікрофітів у ретроспективному аспекті небагато. Відносно ПЗЧМ її взагалі обмаль. В роботах румунських вчених наведені результати з досліджень особливостей систематичного та кількісного розвитку мікрофітобентосу на різних субстратах, з його трофічної цінності для гідробіонтів різних систематичних груп. Отримані показники, в першу чергу, чисельність та біомаса, відображають вплив розпріснюючого стоку річки Дунай, що привносить зі своїми водними масами політанти різної природи у довкілля ПЗЧМ. У якості параметру, виявленого за еталонних умов при дослідженні прибережжя цієї частини моря, було застосовано показника чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів, отриманого улітку 1964 року – 1,2 млн. кл./см² (або $12,0 \cdot 10^3$ млн. кл/м²) [88]. Обчислення коефіцієнтів екологічної якості здійснювали на основі середніх показників загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів досліджених акваторій прибережжя ПЗЧМ в літні періоди 2009-2018 років (див. табл. 30). За інші сезони інформації, потрібної для використання у розрахунках, поки не знайдено. Тому лише для літніх періодів останнього десятиріччя були вираховані коефіцієнти екологічної якості для цілей класифікації стану довкілля масивів CW5, CW6 та TW21 (табл. 31).

Відмінний клас екологічного стану вод щоліта був притаманний довкіллю прибережжя Лузанівки І. Ділянки моря біля Дачі Ковалевського, мису Малий Фонтан, санаторію ім. Чкалова та Григоріївському лиману мали ДЕС. Акваторії пляжів «Аркадія» та «Дельфін» характеризувалися як такі, що мали числові значення коефіцієнтів екологічної якості вищі за максимальний показник шкали,

Таблиця 31 – Класифікація екологічного стану довкілля водних масивів CW5, CW6 та TW21 (на основі розрахунків за середніми показниками загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів за літні періоди 2009-2018 років

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовіль- ний (moderate)	Посеред- ний (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Шкала коефіцієнтів екологічної якості	0,90-1,00	0,50-0,90	0,20-0,50	0,10-0,20	0,00-0,10
CW5	Місця відбору проб					
	Дача Ковалевського (бетон)		0,84			
	Дача Ковалевського (граніт)			0,45		
	Пляж «Аркадія» (бетон)	1,11*				
	Мис Малий Фонтан (бетон)		0,63			
	Район сан. ім.Чкалова (граніт)		0,86			
CW6	Пляж «Дельфін» (бетон)	1,29*				
	Лузанівка I (бетон)	0,92				
TW21	Григоріївський лиман (залізо)		0,54			

Примітка: * – Курсивом виділені значення коефіцієнтів екологічної якості, що перевищують максимальний показник шкали.

тому що показники середньої загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів в цих прибережжях перевищували еталонний показник чисельності бентосних мікрофітів прибережжя ПЗЧМ за 1964 рік за рахунок їхньої інтенсивнішої вегетації у 2009-2018 роках в акваторіях цих 2 пляжів. Це пояснюється підвищеним рівнем евтрофікації морського довкілля рекреаційно найзатребуваніших пляжів м. Одеси.

Розраховані коефіцієнти екологічної якості довкілля масивів CW5, CW6 та TW21 за показниками середньої загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів, наочно демонструють, що оцінка якості морських вод може здійснюватись за цим показником (див. табл. 31). Але, у зв'язку з відсутністю історичних даних щодо визначення референційних умов стану мікрофітобентосу ПЗЧМ за осінні періоди років попередніх досліджень, потрібно продовжити роботи над вирішенням цього питання.

Згідно з WFD, важливими параметрами для досліджень водної флори як біологічного якісного компонента можуть бути присутність або відсутність індикаторних видів. Є доцільним використання для оцінки екологічної якості довкілля ще одного індикатора – кількості α -мезосапробних видів у спільноті мікрофітобентосу. Вона відображає зв'язок між сапробністю і трофністю та чітко показує ступінь евтрофікації досліджених водних масивів ПЗЧМ. За вмістом цих індикаторних видів мікроводоростей переважна більшість акваторій, обстежених за період з 2009 по 2018 рік (CW5 та CW6), належали до β -мезосапробних (табл. 32), тобто мали добрий екологічний стан. Водночас, α -мезосапробні і полісапробні водні масиви траплялися рідко (зокрема, TW21).

Визначення ДЕС з використанням декількох індикаторів та тест-функцій – важливий засіб для уникнення недопустимого ризику некоректної класифікації екологічного стану довкілля водних масивів та відкритих районів Чорного моря. Тому в наших роботах були використані тест-об'єкти та організми-індикатори різних систематичних рівнів та вікових стадій розвитку, неоднакові за спектром чутливості до впливу навколишнього морського середовища для всебічного висвітлення екологічних характеристик досліджуваних водних об'єктів.

З таблиць 22-32 (де показано результати науково-дослідних робіт з встановлення ДЕС, проведених на різних гідробіонтах і з використанням різноманітних методичних підходів) видно, що чутливість досліджуваних тест-об'єктів та організмів-моніторів до змін екологічного стану морського довкілля зростала в ряду: дорослі мідії → водорості мікрофітобентосу → личинки мідій ранніх стадій розвитку.

Таблиця 32 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів

CW5, CW6 та TW21 за шкалою та рівнем сапробності [21] по показниках кількості видів α -мезосапробів у мікрофітобентосі твердих субстратів за період з 2009 по 2018 рік

Клас екологічного стану вод			1	2	3	4	5
			Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Місце відбору проб	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
		Шкала α -сапробності	0,0-0,5	0,5-3,5	3,5-7,0	7,0-9,5	9,5-12,0
		Рівень сапробності	Оліго-сапробний	β -Мезо-сапробний	α -Мезо-сапробний	Полі-сапробний	Гіпер-сапробний
CW5	Дача Ковалевського (бетон)	Літні сезони		1,6			
		Осінні сезони		1,9			
	Дача Ковалевського (граніт)	Літні сезони		2,7			
		Осінні сезони			4,2		
	Пляж «Аркадія» (бетон)	Літні сезони		2,5			
		Осінні сезони		2,7			
	Мис Малий Фонтан (бетон)	Літні сезони		1,3			
		Осінні сезони		1,3			
	Район сан. ім. Чкалова (граніт)	Літні сезони			3,7		
		Осінні сезони		3,1			
	Пляж «Дельфін» (бетон)	Літні сезони		1,9			
		Осінні сезони		2,2			
CW6	Лузанівка I (бетон)	Літні сезони		1,6			
		Осінні сезони		3,0			
TW21	Григоріївський лиман (залізо)	Літні сезони			4,8		
		Осінні сезони				8,4	

Відповідно до MSFD [9], була проведена базова оцінка наявного стану довкілля ПЗЧМ та екологічного впливу на ці води людської діяльності, визначено ДЕС. А в подальшому, згідно з адаптивним управлінням на основі екосистемного підходу, здійснюватиметься регулярне оновлення визначення ДЕС.

ВИСНОВКИ

У 2018 році була проведена базова оцінка якості довкілля та визначення Доброго екологічного стану (ДЕС) прибережних та відкритих районів Чорного моря та Григоріївського лиману, неоднакових за рівнем та характером антропогенного навантаження, за методами біотестування та біоіндикації з використанням гідробіонтів різних систематичних рівнів.

Протягом року здійснені дослідження якості довкілля українських чорноморських прибережних акваторій (згідно з Дескрипторами 6 і 8 Додатку 1 Рамкової Директиви про морську стратегію 2008/56/ЄС та Додатком V Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС) за фізіолого-морфологічними, систематичними, кількісними, галобіонтними і сапробіонтними показниками розвитку різних за чутливістю тест-об'єктів та організмів-індикаторів.

Проведено порівняльну оцінку екологічного стану різних акваторій моря по результатах біологічного моніторингу впродовж поточного року. Восени біотестування якості морського довкілля з різних за антропогенним навантаженням водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману на личинках мідій (як дуже чутливих до змін якості водного середовища) виявило, що екологічні властивості досліджених водних мас погіршувалися в ряду: TW21 > CW6 > CW5 > CW7 > CW4.

Представлено ретроспективну порівняльну характеристику змін екологічного стану чорноморського довкілля починаючи з 2006 року по 2018 рік (по матеріалах з біотестування та біоіндикації).

Встановлено, що впродовж останнього десятиріччя на екологічний стан прибережних та відкритих акваторій української частини Чорного моря та Григоріївського лиману впливали, як антропогенні чинники (рекреаційне навантаження, скиди господарсько-побутових, дренажних та санаторних стоків, проведення портових операцій, тощо), так і природні (аномально висока температура та низька солоність водних мас, штормові явища та ряд інших), що

позначилося на показниках розвитку як тест-об'єктів (одноклітинних водоростей, дорослих мідій та їхніх личинок), так і організмів-моніторів (водоростей мікрофітобентосу) у досліджуваних середовищах.

В результаті науково-дослідних робіт з використанням різноманітних методичних підходів встановлені ДЕС для водних масивів CW5, CW6 та TW21. Під час розрахунків ДЕС дуже яскраво проявилася чутливість досліджуваних тест-об'єктів та організмів-моніторів до змін екологічного стану морського довкілля, що зростала в ряду: дорослі мідії → водорості мікрофітобентосу → личинки мідій ранніх стадій розвитку.

Акваторія моря, прилегла до мису Малий Фонтан (CW5), була і є умовно-чистою в Одеському прибережжі (за середніми показниками стану мідій та мікрофітобентосу, отриманими під час біотестування та біоіндикації якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману у 2009-2018 роках).

Актуальність роботи обумовлена 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 для наступного використання при розробці ДЕС та заходів щодо можливого покращення стану прибережних вод Чорноморського регіону, підготовці Національної доповіді про стан довкілля України, для охорони у відкритій частині моря ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова», для участі у науково-практичних конференціях і для екологічної освіти населення, тощо.

Дослідження змін екологічних характеристик прибережних та відкритих акваторій ПЗЧМ та визначення ДЕС для водних масивів показали доцільність проведення подальших робіт з біологічного моніторингу для наступної систематичної комплексної оцінки, діагнозу якості чорноморського довкілля і адаптивного управління сучасним екологічним станом на основі екосистемного підходу.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

Рамкова Директива про морську стратегію (у статті 5) передбачає після базової оцінки наявного екологічного стану досліджених водних об'єктів та визначення ДЕС цих вод (за сукупністю отриманих характеристик) встановлення низки екологічних завдань для розробки в наступному програми заходів, призначених для досягнення або підтримки ДЕС.

Для Одеського прибережжя, а саме в тій його частині, в якій наявні вертикальні бетонні берегозахисні споруди (від Ланжерону до середини пляжу «Аркадія»), цілком можливе проведення заходів з підвищення біогідрологічного потенціалу мідієвого поясу, як санітарів-біофільтраторів курортної зони моря.

Наші власні багаторічні дослідження показали, що серед представників прикріплених гідробіонтів на хвилеломах та хвилерізах частка мідій в останні роки стала дуже незначною порівняно з показниками чисельності та біомаси цих мітілід, зареєстрованими там до 2010 року.

Співробітники УкрНЦЕМ володіють методикою отримання здорових личинок мідій, яких вони заселяли у каменистому прибережжі мису Малий Фонтан у 2003-2007 роках і отримали значну долю їх прикріплення на твердих субстратах, а потім і дорослих моллюсків.

Тому можна рекомендувати використовувати науково-практичний потенціал УкрНЦЕМ для відновлення поселень мідій на берегозахисних спорудах у водному масиві CW5.

Крім придонного заселення личинок мідій вздовж берегозахисних споруд, а це, здебільшого, водозабірні роботи, слід проводити роз'яснювально-освітню екологічну роботу з населенням, доводячи до їхнього відома інформацію про внесок фільтраційної роботи чорноморських мідій у забезпечення безпечного відпочинку мешканців та відпочиваючих у курортному місті-перлині Чорноморського узбережжя і неприпустимість та небезпеку використання цих санітарів моря в харчових цілях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Україна. Закони. Про охорону навколишнього природного середовища [Електронний ресурс] : закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII зі змінами та доповненнями // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>. – 24.12.2018. – Назва з екрану

2 Україна. Закони. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 зі змінами та доповненнями // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п>. – 26.12.2018. – Назва з екрану

3 Україна. Закони. Про затвердження Концепції охорони та відтворення навколишнього природного середовища Азовського і Чорного морів [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 10.06.1998 р. N 1057 // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1057-98-п>. – 25.12.2018. – Назва з екрану

4. Україна. Закони. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» [Електронний ресурс] : закон України від 21.10. 2010 р. № 2818-VI // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>. – 26.12.2018. – Назва з екрану

5. Україна. Закони. Водний Кодекс України [Електронний ресурс] : Постанова Верховної Ради України від 06.06.95 р. № 214/95-ВР зі змінами та доповненнями // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр>. – 24.12.2018. – Назва з екрану

6 Strategic Action Plan for the Rehabilitation and Protection of the Black Sea (1996) [Electronic resource] / The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution; Official Documents. – Режим доступу : http://www.blacksea-commission.org/_bssap1996.asp. – 21.12.2018. – Title from the screen

7. Україна. Закони. Про ратифікацію Угоди про партнерство і співробітництво між Україною і Європейськими Співтовариствами та їх державами-членами [Електронний ресурс] : закон України від 10.11.1994 р. № 237/94-ВР // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/237/94-вр> – 24.12.2018. – Назва з екрану

8 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

9 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

10 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.

11 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

12 Коломейченко Г. Ю. Ранняя диагностика состояния водоемов [Текст] / Г. Ю. Коломейченко, С. А. Петров, О. А. Семенова. – Одесса: ВМВ. – 2012. – 132 с.

13 Коломейченко Г. Ю. Влияние антропогенного фактора на экосистемы Азово – Черноморского бассейна [Текст] / Г. Ю. Коломейченко, О. А. Семенова,

Ю. И. Касилов [и др.] // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона: междунар. конф. 6 окт. 2010 г.: тезисы докл. – Керчь: ЮгНИРО, 2010. – С. 33–34

14 Ланская Л. А. Культивирование водорослей [Текст] / Л. А. Ланская // Экологическая физиология морских планктонных водорослей. – К.: Наукова думка, 1971. – С. 5–21

15 Хоботьев В. Г., Король В. М. Изменение активной реакции (рН) среды как показатель состояния водорослей при токсическом воздействии на них химических веществ [Текст] / В. Г. Хоботьев, В. М. Король // Методики биологических исследований по водной токсикологии / под ред. Н. С. Строганова. – М.: Наука, 1971. – С. 106–107

16 Арсан О. М. Состояние и перспективы развития водной экологотоксикологии [Текст] / О. М. Арсан // Гидробиол. журн. – 2007. – Т.43, № 6. – С.50-64

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

18 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

19 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.

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

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

22 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

23 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

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

25 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

26 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

27 Айвазова Л. Е. Метод биотестирования водной среды с использованием одноклеточных водорослей [Текст] / Л. Е. Айвазова, А. И. Старцева, О.П. Цвылев // Методы биотестирования вод. – Черногловка, 1988. – С.18-21

28 Семенова О. А. Оценка токсичности донных осадков озера Кугурлуй методом биотестирования [Текст] / О. А. Семенова, В. Л. Базелян // Причерноморский экологический бюллетень. – 2006. – № 3. – Часть.1. – С. 125 – 135

29 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

30 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

31 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

32 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

33 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

34 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

35 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

36 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

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

38 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.

39 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

40 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

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

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

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

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

45 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

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

47 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

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

49 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

50 Рябушко Л. И. Микроводоросли бентоса Черного моря (Чек-лист, синонимика, комментарий) [Текст] / Л. И. Рябушко. – Севастополь : НПП «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2006. – 143 с.

51 Information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms [Electronic resource] / Programming is by P. Kuipers, C. Guiry, M. Guiry, J. Guthrie; – AlgaeBase. – Режим доступа : www.algaebase.org. – 26.12.2018. – Title from the screen

52 List of names of marine organisms, including information on synonymy [Electronic resource] / David Berlind Editor in Chief ProgrammableWeb.com WoRMS; – World Register of Marine Species. – Режим доступа : <http://www.marinespecies.org>. – 24.12.2018. – Title from the screen

53 Плохинский Н. А. Биометрия. [Текст] / Н. А. Плохинский. – М.: МГУ, 1970. – 340 с.

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

55 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

56 Шурова Н. М. Продукционные свойства мидии *Mytilus galloprovincialis*

северо-западного шельфа Черного моря [Текст] / Н. М. Шурова, С. В. Стадниченко // Экология моря. – 2001. – Вып. 56. – С. 91-95

57 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

58 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

59 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

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

61 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

62 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

63 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

64 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

65 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

66 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

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

68 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

69 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.

70 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

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

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

73 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.

74 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

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

76 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

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

78 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

79 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

80 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

81 Рябушко Л. И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна [Текст] / Л. И. Рябушко. – Севастополь : ЭКОСИ–Гидрофизика, 2003а. – 288 с.

82 Рябушко Л. И. Атлас токсичных микроводорослей Черного и Азовского морей [Текст] / Л. И. Рябушко. – Севастополь : ЭКОСИ–Гидрофизика, 2003б. – 140 с.

83 Теренько Г. В. Цветение *Aphanizomenon flos-aquae* (Linne) Rales ex Bornet et Flahault (Сyanoprokaryota) и *Nodularia spumigena* Mertens ex Bornet et Flahault

(Cyanoprokaryota) в северо-западной части Черного моря в мае 2015 года [Текст] / Г.В. Теренько // Современные вопросы экологического мониторинга водных и наземных экосистем : материалы Международной научной конференции молодых ученых : (26-29 октября 2015 г., Ростов-на-Дону). – Ростов-на-Дону : изд-во ФГБНУ «АзНИИРХ», 2015. – С. 267-271

84 Рачинська О. В. Мікрофітобентос різних районів Одеського прибережжя як показник їх екологічного стану [Електронний ресурс] / О. В. Рачинська // Українське ботанічне товариство : матеріали XIV з'їзду : (25-26 квітня 2017 р., Київ). – К., 2017. – С. 109. – Режим доступу : http://www.botany.kiev.ua/doc/14_congress_UBT.pdf. – 15.12.2017. – Назва з екрану

85 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

86 The European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (Water Framework Directive) [Text] // Official Journal of the European Union, 22.12.2000. – 2000. – P. 1-72

87 Красота Л.Л. Оцінка якості довкілля північно-західної частини Чорного моря по результатах біотестування вод у 2008-2014 роках [Текст] / Л. Л. Красота // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спеціальний випуск : Гідроекологія. – 2015. – № 3-4 (64). – С. 358-361

88 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

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТОКСИЧНОСТІ ЕКСТРАКТІВ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ПЛЯЖІВ
М. ОДЕСИ ВЛІТКУ 2012 РОКУ ДЛЯ РЕПРОДУКЦІЇ *D. SALINA***

Таблиця А.1. Зміна чисельності клітин *D. salina* за дії екстрактів донних відкладень пляжів м. Одеси
влітку (липень) 2012 року

Точки відбору проб на пляжах м. Одеси	Концентрація, г · л ⁻¹	Тривалість експерименту, доби									
		1		3		5		7		10	
		Середня кількість клітин, екз. 10 ³	pH	Середня кількість клітин, екз. 10 ³	pH	Середня кількість клітин, екз. 10 ³	pH	Середня кількість клітин, екз. 10 ³	pH	Середня кількість клітин, екз. 10 ³	pH
Дача Ковалевського (CW5)	25,0	104,65 ± 11,40	10,5	188,43 ± 17,08	10,8	325,00 ± 28,30	10,9	388,60 ± 30,18	10,2	669,90 ± 42,86	10,5
	50,0	69,28 ± 12,30	10,4	188,43 ± 18,32	10,4	313,48 ± 30,00	10,6	416,09 ± 32,30	10,8	813,45 ± 45,30	10,9
Р-н пляжу санаторію ім. Чкалова (CW5)	25,0	83,72 ± 12,00	10,0	173,23 ± 16,50	10,2	292,50 ± 26,20	10,4	346,77 ± 31,28	10,2	387,59 ± 44,44	10,4
	50,0	117,21 ± 10,52	10,1	212,65 ± 16,88	10,3	202,56 ± 25,75	10,5	360,62 ± 30,50	10,0	400,03 ± 45,18	10,5
Пляж «Дельфін» (CW5)	25,0	94,19 ± 10,76	10,7	158,04 ± 16,96	10,8	278,56 ± 24,40	10,8	323,63 ± 26,08	10,9	382,80 ± 46,36	11,0
	50,0	104,65 ± 10,70	10,5	191,47 ± 17,00	10,6	301,78 ± 24,92	10,8	342,14 ± 27,20	10,9	401,94 ± 45,00	11,1
Ланжерон (CW6)	25,0	93,35 ± 12,30	10,0	167,15 ± 15,28	10,3	297,15 ± 27,60	10,3	332,89 ± 29,06	10,3	449,79 ± 46,88	10,6
	50,0	108,84 ± 12,38	11,0	206,66 ± 16,00	10,4	325,00 ± 29,80	10,5	369,88 ± 28,62	10,3	478,50 ± 47,92	10,7
Лузанівка (CW6)	25,0	113,02 ± 11,20	10,3	133,73 ± 17,24	10,3	278,56 ± 30,00	10,5	337,51 ± 31,62	10,4	401,94 ± 50,00	10,5
	50,0	96,28 ± 11,68	10,2	124,61 ± 16,90	10,3	227,50 ± 31,00	10,3	268,15 ± 30,00	10,4	354,09 ± 48,16	10,3
Контроль		90,00 ± 10,62	10,0	155,00 ± 16,90	10,2	260,00 ± 26,56	10,4	300,52 ± 30,06	10,5	382,80 ± 46,22	10,7

ДОДАТОК Б

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТОКСИЧНОСТІ ЕКСТРАКТІВ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ПЛЯЖІВ
М. ОДЕСИ ВОСЕНИ 2012 РОКУ ДЛЯ РЕПРОДУКЦІЇ *D. SALINA***

Таблиця Б.1. Зміна чисельності клітин *D. salina* за дії екстрактів донних відкладень пляжів м. Одеси
восени (жовтень) 2012 року

Точки відбору проб на пляжах м. Одеси	Концентрація, г · л ⁻¹	Тривалість експерименту, доби									
		1		3		5		7		10	
		Середня кількість клітин, екз. 10 ³	pH	Середня кількість клітин, екз. 10 ³	pH	Середня кількість клітин, екз. 10 ³	pH	Середня кількість клітин, екз. 10 ³	pH	Середня кількість клітин, екз. 10 ³	pH
Дача Ковалевського (CW5)	25,0	104,80 ± 10,42	9,2	174,98 ± 16,18	9,9	266,44 ± 30,00	10,4	299,86 ± 26,60	10,5	321,15 ± 48,50	10,8
	50,0	76,93 ± 11,20	9,4	163,30 ± 18,60	10,3	317,35 ± 28,06	10,5	401,30 ± 32,50	10,6	489,08 ± 44,50	10,6
Р-н пляжу санаторію ім. Чкалова (CW5)	25,0	100,52 ± 9,42	9,4	186,64 ± 20,00	9,8	213,25 ± 31,12	10,2	244,46 ± 36,02	10,4	292,13 ± 43,80	10,8
	50,0	96,25 ± 10,60	9,4	145,80 ± 14,26	9,7	291,97 ± 26,32	10,4	405,66 ± 36,42	10,6	456,44 ± 48,90	11,0
Пляж «Дельфін» (CW5)	25,0	94,10 ± 10,00	9,6	172,06 ± 16,30	10,2	203,11 ± 26,90	10,3	259,08 ± 28,00	10,3	304,85 ± 50,00	10,8
	50,0	96,25 ± 9,06	9,6	166,22 ± 16,00	10,0	304,66 ± 28,66	10,4	425,28 ± 30,18	10,5	489,08 ± 48,60	10,6
Ланжерон (CW6)	25,0	119,77 ± 7,28	9,3	169,14 ± 17,22	9,5	239,41 ± 27,66	9,9	256,90 ± 34,20	10,3	275,48 ± 44,21	10,8
	50,0	102,66 ± 11,40	9,4	163,30 ± 15,38	10,0	291,97 ± 31,40	10,4	416,56 ± 31,20	10,7	472,74 ± 50,02	10,9
Лузанівка (CW6)	25,0	100,52 ± 12,06	9,5	186,64 ± 16,76	10,0	285,87 ± 30,88	10,5	387,32 ± 34,46	10,5	395,49 ± 48,60	10,8
	50,0	91,66 ± 12,00	9,7	165,81 ± 16,80	9,9	317,35 ± 32,50	10,3	427,46 ± 36,40	10,4	456,44 ± 49,30	11,0
Контроль		96,25 ± 10,48	9,4	160,40 ± 17,28	9,7	245,00 ± 28,88	10,0	320,60 ± 32,30	10,4	388,00 ± 50,62	10,6

ДОДАТОК В

**ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД МІКРОФІТОБЕНТОСУ ВОДНИХ МАСИВІВ ПЗЧМ ТА
ГРИГОРІЙВСЬКОГО ЛИМАНУ**

Таблиця В.1 – Видовий склад водоростей мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману
в 2018 році (л – літом, о – осінню; на жовтому тлі наведені назви потенційно токсичних водоростей)

№ з/п	Види та різновиди	Водні масиви										
		CW4	CW5					CW6			TW21	CW7
		Затока	Дача Ковалевського	Пляж «Аркадія»	Мис Малий Фонтан	Район санаторію ім. Чкалова	Пляж «Дельфін»	Одеський порт	Район Лузанівки І	Район Лузанівки ІІ	Григоріївський лиман	Район Коблевого
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Відділ Cyanoprokaryota											
1	<i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886	л, о	о								л	
2	<i>Calothrix confervicola</i> C.Agardh ex Bornet & Flahault, 1886			л	о							

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	<i>C. scopulorum</i> C.Agardh ex Bornet & Flahault, 1886		л, о	л, о	л, о	л	л	л, о	л		л, о	
4	<i>Chroococcus</i> <i>minutus</i> (Kützing) Nägeli, 1849	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л	л	о
5	<i>Ch. turgidus</i> (Kützing) Nägeli, 1849		о	л	л, о	л	л					
6	<i>Dolichospermum</i> <i>flosaquae</i> (Brébisson ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek, 2009			л	л							
7	<i>Glaucospira</i> <i>laxissima</i> (G.S.West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014	о									о	
8	<i>Gloeocapsopsis</i> <i>crepidinum</i> (Thuret) Geitler ex Komárek, 1993	о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о		л, о	л, о
9	<i>Jaaginema</i> <i>kisselevii</i> (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988		о	о	о		о				о	о

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
18	<i>Phormidium chalybeum</i> (Mertens ex Gomont) & Anagnostidis & Komárek, 1988		о								о	
19	<i>Ph. limosum</i> (Dillwyn) P.C.Silva 1996		л, о	о	о	о	о	л, о	о		л, о	о
20	<i>Ph. nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) & Anagnostidis & Komárek, 1988				о	о						
21	<i>Pleurocapsa entophysaloides</i> Setchell & N.L.Gardner, 1918				л		л					
22	<i>Schizothrix septentrionalis</i> Gomont, 1899		л			л	л	л				
23	<i>Spirulina tenuissima</i> Kützing, 1836				л, о			л	о		о	
	Всього ціанопрокариот	4 л, 8 о	8 л, 13 о	10 л, 11 о	10 л, 15 о	9 л, 7 о	9 л, 8 о	10 л, 8 о	6 л, 10 о	5 л, 3 о	8 л, 10 о	4 л, 10 о
	Відділ Euglenophyta											
1	<i>Eutreptia lanovii</i> Steuer, 1904								л, о			

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ost.) Dodge, 1976	л, о	л	л, о	л		л	л, о	л, о	л	л, о	о
10	<i>P. micans</i> Ehrenberg, 1834	о	о	о	о	о	о	л, о	о	о	л, о	о
11	<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech, 1974				о							
12	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III, 1976							о	о		о	
13	<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez, 2013			л					о			
14	<i>Woloszynskia reticulata</i> Thompson, 1951							л			л	
15	<i>Dinophyta sp.</i>		л,					л, о			л, о	
	Всього дінофітових	1 л, 4 о	2 л, 2 о	2 л, 3 о	2 л, 2 о	2 о	1 л, 2 о	7 л, 6 о	2 л, 6 о	1 л, 3 о	7 л, 5 о	2 о
	Відділ Cryptophyta											
1	<i>Hillea fusiformis</i> (J.Schiller) J.Schiller, 1925	о	о		о	о	о	л,	о	о	о	
	Всього криптофітових	1 о	1 о		1 о	1 о	1 о	1 л	1 о	1 о	1 о	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Відділ Chrysophyta											
1	<i>Chrysamoeba radians</i> Klebs, 1893							л				
2	<i>Coccolithus</i> sp.	о						л, о				л
3	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler, 1967	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о
4	<i>Syracolithus dalmaticus</i> (Kamptner) Leoblich Jr. & Tappan, 1966							л, о			о	
	Всього золотистих	1 л, 2 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	4 л, 3 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 2 о	2 л, 1 о
	Відділ Bacillariophyta											
1	<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh, 1824	о	л, о	л, о	л, о	о	о	л, о	л, о		л, о	о
2	<i>A. delicatula</i> (Kützinger) Brun, 1880							л				
3	<i>A. longipes</i> C.Agardh, 1824	о	л, о	л, о	л, о	л	л, о	л, о	л, о		л, о	о
4	<i>Amphora angusta</i> Gregory, 1857				о							
5	<i>A. hyalina</i> Kützinger 1844	о	л								л, о	
6	<i>A. proschkiniana</i> Gusliakov, 1987		о	о	л, о	о		л, о			л, о	л, о

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	<i>A. proteus</i> Gregory, 1857		о	о	л, о	о	о	о	о		л, о	о
8	<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F.Müller) T.Marsson, 1901										о	
9	<i>Berkeleya rutilans</i> var. <i>rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow, 1880	о	л					о			л	
10	<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory de Saint Vincent) Cleve, 1894											л
11	<i>C. liber</i> (W.Smith) Cleve, 1894		л, о		л, о		о	л, о	л, о		л, о	
12	<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg, 1845										о	
13	<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G.Reid, 2012		о		л, о	о			о		о	
14	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey, 1937							л			л	
15	<i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg, 1839	л, о	л, о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	л, о	л, о
16	<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory, 1855		о		л, о	о	о	л, о	о		л, о	о

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	<i>Fallacia subforcipata</i> (Hustedt) D.G.Mann, 1990										О	
38	<i>F. pygmaea</i> (Kützing) A.J.Stickle & D.G.Mann, 1990	Л	о									
39	<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow, 1862							о			о	
40	<i>Fragilaria sp.</i>							Л				
41	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson, 1838	Л										
42	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844		Л	Л	Л, о		о	о	Л, о			
43	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst, 1853		о			о					Л, о	о
44	<i>G. prolongatum</i> (W.Sm.) (W.Smith) J.W.Griffith & Henfrey, 1856				о							

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
45	<i>Halamphora acutiuscula</i> (Kützing) Levkov, 2009								л			
46	<i>H. coffeaeformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009				о			о	л, о		о	л, о
47	<i>H. cymbifera</i> (Gregory) Levkov, 2009		о		л, о				о		л, о	
48	<i>H. eunotia</i> (Cleve) Levkov, 2009							о			о	
49	<i>H. terroris</i> (Ehrenberg) P.Wang in P.Wang et al., 2014								о		о	о
50	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow, 1879				о							
51	<i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh, 1831		л								л	
52	<i>L. gracilis</i> (Ehr.) Grun., 1867		л, о	о	о			л, о	о		л, о	о
53	<i>L. ovulum</i> Mereschkovsky, 1902		о					л, о	л		л	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
54	<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva, 1978			о		о	о					
55	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh, 1824		о	л, о	л, о	л, о	о	л	о		л, о	о
56	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunow) Hustedt, 1927		л, о		л, о	о	о	о	о		л, о	о
57	<i>Navicula cancellata</i> Donkin, 1872	л			л				о			л, о
58	<i>N. cryptocephala</i> Kützing, 1844	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	л, о	л, о		л, о	л, о
59	<i>N. directa</i> (W.Smith) Ralfs in Pritchard, 1861	о	л, о		л, о			л, о	о		л, о	
60	<i>N. distans</i> (W.Smith) Ralfs in Prichard, 1861							о				
61	<i>N. palpebralis</i> Brébisson ex W.Smith, 1853								о			о
62	<i>N. pennata</i> A.Schmidt, 1876	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	л, о	л, о		л, о	л, о
63	<i>N. peregrina</i> var. <i>peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	л, о	л, о		л, о	о	о	л, о	л, о		л, о	л, о

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
64	<i>N. ramosissima</i> (C.Agardh) Cleve, 1895	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о
65	<i>N. salinarum</i> Grunow, 1880	л									л	
66	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith, 1853	л										
67	<i>N. amphibia</i> Grunow, 1862				л						л	
68	<i>N. angularis</i> W.Smith, 1853										л	
69	<i>N. communis</i> Rabenhorst, 1860										л	
70	<i>N. holsatica</i> Hustedt, 1930							о				
71	<i>N. hybrida</i> Grunow				л				л			о
72	<i>N. lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i> W.Smith, 1853	л, о	л, о	л, о			о	л, о	о		л, о	о
73	<i>N. lanceolata</i> var. <i>minor</i> Grunow in Van Heurck 1881	о	о	л, о	о	о	о	л, о	о		л, о	л, о
74	<i>N. lorenziana</i> var. <i>lorenziana</i> Grunow in Cleve & Möller, 1879			о		о	о				о	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
75	<i>N. pusilla</i> Grunow, 1862		о	о								
76	<i>N. scalpelliformis</i> Grunow, 1880											о
77	<i>N. sigma</i> (Kützing) W.Smith, 1853				о			о	о		л, о	о
78	<i>N. sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Smith, 1853											о
79	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch, 1860										о	
80	<i>N. vitrea</i> G.Norman, 1861										о	л
81	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873	о			о			л, о	о		о	
82	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J.Cox, 1988		л, о		л, о		л	л				
83	<i>Pinnularia quadratarea</i> (A.Schmidt) Cleve, 1895							о				

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
84	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Bukhtiyarova, 1999							л				
85	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) W.Smith, 1852		о		л, о			л			л, о	о
86	<i>P. elongatum</i> W.Smith, 1852										о	о
87	<i>P. formosum</i> W.Smith, 1852										о	
88	<i>P. minutum</i> Grunow in Cleve & Möller, 1878										о	
89	<i>P. rigidum</i> W.Smith, 1853		о									
90	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> Cl.	о	о		л, о			л, о	л, о		л, о	о
91	<i>Pseudosolenia calcaravis</i> (Schultze) B.G.Sundström, 1986							о			о	
92	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot, 1980	л	л	л	л, о	л	л, о	л	л		л	л
93	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873							л, о			л	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
94	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg, 1843								л			л
95	<i>S. simulans</i> (Donk.) Ross ex Hartley, 1986		о		л, о	о	о	л, о	л		л, о	о
96	<i>Staurophora salina</i> (W. Sm.) Mer., 1903				л			л, о			л, о	
97	<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1881										о	
98	<i>S. unipunctata</i> (Lyngbye) C.Agardh, 1832				о		о				о	
99	<i>Synedra crystallina</i> (C.Agardh) Kützing 1844				о	о	о	о			л, о	
100	<i>Tabularia gaillonii</i> (Bory de Saint- Vincent) Bukhtiyarova, 1995				о			о			о	
101	<i>T. fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round, 1986	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л	л, о	л, о

Кінець таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	<i>Oocystis borgei</i> J.W.Snow, 1903							л				
6	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen, 1829	л										
7	<i>Tetradismus lagerheimii</i> M.J.Wynne & Guiry, 2016	л										
	Всього зелених	5 л, 2 о	1 л	1 л, 1 о	1 л, 1 о		1 л	3 л, 2 о	1 л, 2 о	1 л	3 л, 2 о	1 л
	Інші види											
1	<i>Flagellata sp.</i>	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о	л, о
	Всього флагеллят	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о
	Разом видів мікрофітобентосу	32 л, 39 о	37 л, 57 о	31 л, 39 о	47 л, 62 о	22 л, 39 о	21 л, 44 о	65 л, 67 о	37 л, 55 о	14 л, 13 о	65 л, 78 о	27 л, 53 о

ДОДАТОК Г

**КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ МІКРОФІТОБЕНТОСУ ВОДНИХ МАСИВІВ ПЗЧМ
ТА ГРИГОРІЙВСЬКОГО ЛИМАНУ**

Таблиця Г.1 – Середня чисельність (млн.кл./м²) ціанопрокаріот мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ та
Григоріївського лиману впродовж 2009-2018 років

Райони досліджень	Кількість років (n)	Літні сезони 2009-2018				Осінні сезони 2009-2018			
		min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)	min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Дача Ковалевського (бетон) (CW5)	10	2 440,93	20 055,33	10 032,34 ± 1 906,406	19,00	7 529,20	20 566,80	14 419,61 ± 1 411,059	9,79
Дача Ковалевського (граніт) (CW5)	10	1 240,12	15 584,82	5 048,92 ± 1 552,527	30,75	849,47	29 478,00	9 998,53 ± 3 098,466	30,99
Пляж «Аркадія» (бетон) (CW5)	10	3 010,81	44 747,48	12 804,79 ± 4 517,160	35,28	3 405,89	24 293,22	12 160,84 ± 2 260,636	18,59
Мис Малий Фонтан (бетон) (CW5)	10	1 802,04	19 168,35	7 580,95 ± 1 879,556	24,79	1 806,80	41 690,29	11 923,60 ± 4 316,590	36,20
Район санаторію ім.Чкалова (граніт) (CW5)	10	849,90	21 416,53	8 392,19 ± 2 225,926	26,52	1 452,53	32 509,17	14 975,41 ± 3 361,260	22,45
Пляж «Дельфін» (бетон) (CW5)	10	3 112,41	26 370,01	15 404,58 ± 2 517,170	16,34	1 157,89	32 543,70	15 748,53 ± 3 396,886	21,57
Район Лузанівки І (бетон) (CW6)	5	2 371,73	24 049,03	9 857,91 ± 4 651,732	47,19	1 178,52	27 544,68	9 569,23 ± 4 674,720	48,85
Григоріївський лиман (залізо) (TW21)	5	1 394,43	13 710,72	6 388,33 ± 2 642,953	41,37	993,06	21 168,70	9 137,77 ± 4 329,491	47,38

Таблиця Г.2 – Середня біомаса (мг/м²) ціанопрокаріот мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2009-2018 років

Райони досліджень	Кількість років (n)	Літні сезони 2009-2018				Осінні сезони 2009-2018			
		min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)	min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Дача Ковалевського (бетон) (CW5)	10	47,64	1 587,79	432,94 ± 166,690	38,50	274,82	2 668,97	993,86 ± 259,119	26,07
Дача Ковалевського (граніт) (CW5)	10	15,14	623,09	123,62 ± 65,798	53,22	20,17	1 268,72	426,89 ± 135,131	31,65
Пляж «Аркадія» (бетон) (CW5)	10	35,08	2 742,03	1 038,63 ± 292,973	28,20	24,70	1 190,73	749,66 ± 126,199	16,83
Мис Малий Фонтан (бетон) (CW5)	10	8,76	1 010,44	393,67 ± 108,412	27,54	136,74	2 406,35	685,62 ± 245,640	35,83
Район санаторію ім.Чкалова (граніт) (CW5)	10	13,45	729,97	244,03 ± 77,549	31,77	29,79	1 207,73	625,42 ± 127,488	20,38
Пляж «Дельфін» (бетон) (CW5)	10	86,32	1 196,90	534,04 ± 120,198	22,51	26,33	1 245,91	497,83 ± 131,995	26,51
Район Лузанівки I (бетон) (CW6)	5	98,83	984,88	403,31 ± 190,137	47,14	37,35	2 537,10	712,63 ± 443,206	62,19
Григоріївський лиман (залізо) (TW21)	5	37,95	810,72	422,40 ± 165,830	39,30	18,41	1 328,62	717,50 ± 281,158	39,19

Таблиця Г.3 – Середня чисельність (млн.кл./м²) діатомей мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2009-2018 років

Райони досліджень	Кількість років (n)	Літні сезони 2009-2018				Осінні сезони 2009-2018			
		min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)	min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Дача Ковалевського (бетон) (CW5)	10	4,99	322,00	69,09 ± 34,310	49,66	1,00	283,85	60,87 ± 30,613	50,29
Дача Ковалевського (граніт) (CW5)	10	2,52	991,20	288,99 ± 107,005	37,03	19,53	859,60	234,50 ± 90,921	38,77
Пляж «Аркадія» (бетон) (CW5)	10	16,56	4 759,74	512,47 ± 513,354	100,17	0,67	7 134,62	821,20 ± 772,107	94,02
Мис Малий Фонтан (бетон) (CW5)	10	0,84	50,40	19,31 ± 5,364	27,78	4,00	448,20	87,07 ± 48,076	55,22
Район санаторію ім.Чкалова (граніт) (CW5)	10	12,41	7 602,19	1 964,73 ± 821,442	41,80	3,74	350,31	164,78 ± 37,509	22,76
Пляж «Дельфін» (бетон) (CW5)	10	5,19	468,52	103,43 ± 50,146	48,48	2,00	4 340,27	599,73 ± 469,531	78,29
Район Лузанівки I (бетон) (CW6)	5	2,51	537,80	165,16 ± 114,868	69,55	1,00	176,34	70,89 ± 31,088	43,85
Григоріївський лиман (залізо) (TW21)	5	37,14	318,22	121,72 ± 60,317	49,55	28,72	611,29	252,47 ± 125,014	49,52

Таблиця Г.4 – Середня біомаса (мг/м²) діатомей мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману впродовж 2009-2018 років

Райони досліджень	Кількість років (n)	Літні сезони 2009-2018				Осінні сезони 2009-2018			
		min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)	min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Дача Ковалевського (бетон) (CW5)	10	5,77	1 263,32	216,86 ± 136,104	62,76	2,31	282,72	117,29 ± 30,349	25,87
Дача Ковалевського (граніт) (CW5)	10	1,17	1 457,88	474,61 ± 157,660	33,22	20,03	3 687,03	750,13 ± 396,879	52,90
Пляж «Аркадія» (бетон) (CW5)	10	30,14	8 474,51	945,19 ± 913,934	96,69	4,03	2 998,44	545,95 ± 324,085	59,36
Мис Малий Фонтан (бетон) (CW5)	10	4,38	102,39	38,81 ± 10,607	27,33	3,04	4 610,00	529,79 ± 498,611	94,11
Район санаторію ім.Чкалова (граніт) (CW5)	10	9,45	23 181,79	8 414,86 ± 2 507,942	29,80	3,30	12 612,46	1 901,27 ± 1 364,689	71,78
Пляж «Дельфін» (бетон) (CW5)	10	4,61	388,44	121,43 ± 41,542	34,21	5,02	65 141,40	6 752,46 ± 7 049,710	104,40
Район Лузанівки I (бетон) (CW6)	5	4,51	649,68	197,49 ± 138,447	70,10	9,40	652,80	174,13 ± 114,075	65,51
Григоріївський лиман (залізо) (TW21)	5	102,35	1 402,15	357,36 ± 278,924	78,05	72,37	3 992,64	1 479,89 ± 841,251	56,85