

УДК 504.4.054.001.5; 504.4.06.001.5, 504.4.054.001.5; 504.4.06.001.5, 504.58
КП 87.19.03
№ держреєстрації 0122U201792
Інв.№

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
НДУ «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ» (УкрНЦЕМ)
65009, м.Одеса, Французький бульвар, 89. тел. (094) 9468721
e-mail: accem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

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



Віктор КОМОРИН
2025 року

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ СТАНУ БІОЦЕНОЗІВ І БІОРІЗНОМАНІТТЯ
ЧОРНОГО МОРЯ В МЕЖАХ ВИКЛЮЧНОЇ МОРСЬКОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ
ЗОНИ УКРАЇНИ У 2024 РОЦІ

Науковий керівник НДР,
в. о. начальника ВНД та ОМБ

І.П. Трет'як

2024

Рукопис закінчено 25 грудня 2024 р.

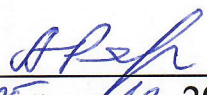
Результати цієї роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ,
протокол від 27 грудня 2024 року № 9

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР:

Зав. сектором ОМБ відділу
НД та ОМБ,
В.о. начальника ВНД та
ОМБ
«25» 12 2024І. П. Трет'як
(вступ, розділи 1.1, 1.2,
3.3, 3.4, 4; висновки)

Виконавці:

Наук. співроб. сектору ГБД
відділу НД та ОМБ
«25» 12 2024К. В. Жирякова
(розділи 1.2, 2.11, 2.12;
висновки; додаток)Наук. співроб. сектору ГБД
відділу НД та ОМБ,
канд. біол. наук
«25» 12 2024Т. В. Чужекова
(розділи 1.2, 3.1, 3.2,
3.3, 3.4; висновки)Наук. співроб. сектору ГБД
відділу НД та ОМБ
«25» 12 2024О. В. Зотова
(розділи 1.2, 2.5, 2.6,
2.7, 2.8, 2.9, 2.10;
висновки)Наук.співроб.
сектору БМОЯМВ
відділу НД та ОМБ
«25» 12 2024О. В. Рачинська
(розділи 1.2, 3.5;
висновки; додаток В)Пров. фахівець сектору ГБД
відділу НД та ОМБ
«25» 12 2024О. В. Соколовська
(розділи 1.2, 2.1, 2.2,
2.3, 2.4; висновки;
додаток А)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 147 стор., 55 рис., 30 табл., 68 посилань, 3 додатки.

ЧОРНЕ МОРЕ, ФІТОПЛАНКТОН, ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПІГМЕНТИ,
ЗООПЛАНКТОН, МАКРОЗООБЕНТОС, МАКРОФІТОБЕНТОС,
МІКРОФІТОБЕНТОС, ДІАГНОЗ, ОРГАНІЗМИ-ІНДИКАТОРИ,
КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА.

Об'єкт дослідження – біота і стан екосистеми Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України.

Мета роботи – оцінка та діагноз стану біоценозів та біорізноманіття морських екосистем.

Методи досліджень – прийняті в гідробіології для оцінки стану планктонних та бентосних угруповань морських екосистем.

У звіті наведені результати спостережень за гідробіологічною складовою екосистем морського середовища Чорного моря у 2024 році. Проведена оцінка стану біоти планктону та бентосу на популяційному (біоценотичному) рівні за екологічними критеріями та видами-індикаторами. Узагальнено огляд світового досвіду з проведення біотестування з використанням показників розвитку макроводоростей.

В Додатках А, Б, В наведено список зареєстрованих видів фітопланктону, мезозoopланктону та мікрофітобентосу.

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки.....	6
Вступ.....	8
1 Гідробіологічні дослідження.....	9
1.1 Вихідні дані гідробіологічного моніторингу акваторій ПЗЧМ.....	9
1.2 Методи досліджень.....	10
2 Стан планктонного угруповання.....	15
2.1 Таксономічна характеристика фітопланктону за 2022-2024 роки.....	15
2.2 Кількісна характеристика фітопланктону прибережної зони Одеського регіону у 2022-2024 роках.....	21
2.3 Оцінка якості води за показниками фітопланктону у 2022-2024 роках	32
2.4 Вплив біогенних речовин на біомасу та чисельність фітопланктону у 2022-2024 роках.....	36
2.5 Оцінка екологічного стану прибережної зони Одеської затоки на основі значень концентрації хлорофілу <i>a</i>	38
2.6 Аналіз сезонної мінливості концентрації пігментів в прибережній зоні м. Одеса в 2024 році.....	39
2.7 Аналіз внутрішньорічної мінливості концентрацій пігментів в прибережній зоні м. Одеса в 2022-2024 роках.....	40
2.8 Аналіз міжрічної мінливості концентрацій пігментів в прибережній зоні м. Одеса в 2022-2024 роках.....	41
2.9 Аналіз локальної мінливості концентрацій пігментів між станціями відбору Чорноморський яхт-клуб (С) та мис Малий Фонтан (F) в 2022-2024 роках.....	45

2.10 Оцінка екологічного стану в прибережній зоні Одеської затоки у 2022-2024 роках на основі значень концентрації хлорофілу <i>a</i>	48
2.11 Біорізноманіття та кількісні показники зоопланктону ПЗЧМ.....	49
2.12 Оцінка екологічного стану акваторії ОМР за кількісними показниками мезозоопланктону.....	57
3 Стан бентосного угруповання.....	60
3.1 Біорізноманіття та екологічний стан макрозообентосу в 2024 році.....	60
3.2 Угруповання донних безхребетних у 2024 році.....	64
3.3 Біорізноманіття та екологічний стан макрозообентосу в 2022-2024 роках.....	66
3.4 Зміни структури угруповань макрозообентосу, які спостерігали впродовж 2022-2024 років.....	68
3.3 Біорізноманіття, кількісні показники та еколого-біологічна характеристика макрофітобентосу у 2024 році.....	71
3.4 Оцінка Екологічного Статус Класу досліджуваних ділянок акваторій за морфофункціональними показниками макрофітобентосу.....	78
3.5 Оцінка екологічного стану прибережного чорноморського довкілля за показниками розвитку мікрофітобентосу впродовж 2024 року.....	84
4 Оцінка стану пелагіалі та бенталі методом біотестування на макроводоростях.....	97
Висновки.....	102
Перелік джерел посилання.....	109
Додаток А Список зареєстрованих видів фітопланктону.....	118
Додаток Б Список зареєстрованих видів мезозоопланктону.....	129
Додаток В Таксономічний склад мікрофітобентосу водного масиву CW5 ПЗЧМ в 2024 році.....	132

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ГЕС – гідроелектростанція;

ГОСТ – державний стандарт;

ДЕС – добрий екологічний стан;

ЕСК – Екологічний Статус Клас;

ЄС – Євросоюз;

КМУ – Кабінет міністрів України;

НДР – науково-дослідна робота;

ОМР – Одеський морський регіон Чорного моря;

ПЗЧМ – північно-західна частина Чорного моря;

ПП – проєктивне покриття;

УкрНЦЕМ – Український науковий центр екології моря;

АМВІ – морський біотичний індекс (Marine Biotic index AZTI);

В – біомаса гідробіонтів;

ВАС : DIN – співвідношення діатомових (Bacillariophyceae) до динофітових (Dinophyceae);

GES – Добрий стан навколишнього середовища, якісний опис стану морів (Good environmental Status);

Н – індекс видового різноманіття за Шенноном;

ISO – Міжнародна організація зі стандартизації (International Organization for Standardization);

М-АМВІ – багатовимірний морський біотичний індекс AZTI (Multi AZNI Bioticindex);

МІСІС – міжнародний проєкт по Чорному морю (MSFD Guiding Improvements in the Black Sea Integrated Monitoring System);

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

Н – чисельність гідробіонтів;

(SI_{ph}) - Індекс поверхні фітоценозу;

$(S/W)_{3DP}$ - Індекс екологічної активності трьох домінантів;

$(S/W)_x$ - Індекс середньої питомої поверхні структурних елементів водоростей;

TC – стандартна культура тканин або тканева культура (Standard tissue culture (TC)-treated);

WFD – Водна рамкова директива (Water Framework Directive).

ВСТУП

Біологічне різноманіття означає різноманітність живих організмів з усіх джерел, включаючи, серед іншого, наземні, морські та інші водні екосистеми і екологічні комплекси, частиною яких вони є. Дане поняття включає в себе різноманітність у рамках виду, між видами і різноманіття екосистем. Біорізноманіття змінюється наслідок деяких видів людської діяльності [1], [2].

Повномасштабне вторгнення суттєво вплинуло, в тому числі, і на стан екосистеми Чорного моря. Перш за все, на це відреагували представники пелагічних біоценозів, популяції автотрофних та гетеротрофних організмів.

Впродовж 2022-2024 років в Українському науковому центрі екології моря (УкрНЦЕМ) були проведені дослідні роботи в Одеському морському регіоні (ОМР) Чорного моря. Під час досліджень вивчено стан планктонних і бентосних угруповань у відповідності до критеріїв, означених у Постанові Кабінету міністрів (КМУ) № 758 від 19 вересня 2018 року [3], яка включила вимоги Директив Євросоюзу (ЄС) [4] – [7].

Були отримані сучасні дані про стан фітопланктону, фотосинтетичних пігментів, зоопланктону, макробообентосу, макрофітобентосу та мікрофітобентосу різних районів Чорного моря. Узагальнено наявні в сучасній науковій літературі методи біотестування на макроводоростях з метою подальшої розробки придатної методики для північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ).

1 ГІДРОБІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Оцінка якості морських екосистем за біологічними методами враховує показники загального біорізноманіття, таксономічного і видового багатства біоценозів гідробіонтів пелагіалі і бенталі.

1.1 Вихідні дані гідробіологічного моніторингу акваторій ПЗЧМ

УкрНЦЕМ протягом 2024 року проводив екологічний моніторинг у прибережних водах ОМР, схема розташування станцій прибережного моніторингу наведена на рисунку 1.1, а координати станцій та їх об'єктна і функціональна прив'язка представлені в таблиці 1.1.

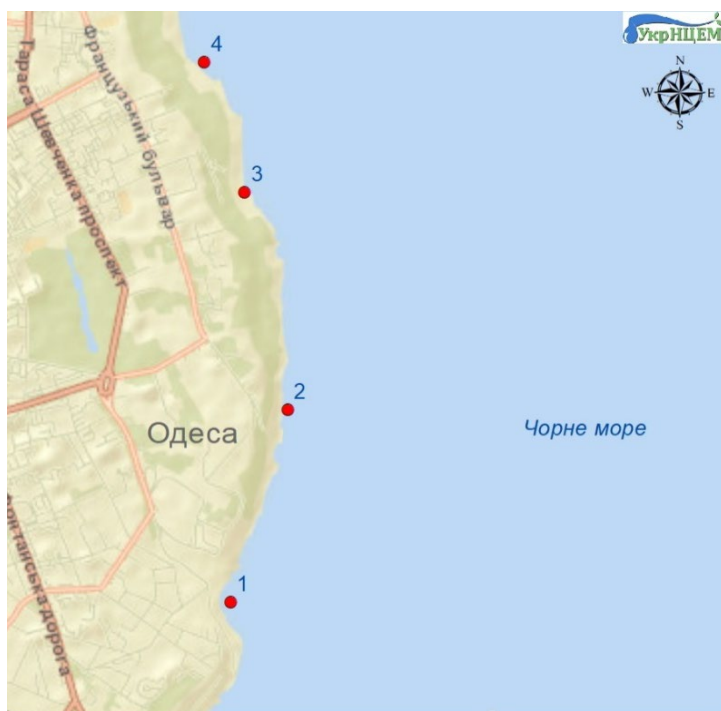


Рисунок 1.1 – Схема розташування станцій гідробіологічного моніторингу Одеського регіону у 2024 році

Таблиця 1.1 – Мережа станцій прибережного екологічного моніторингу,
що виконував УкрНЦЕМ протягом 2024 року

№ станції	Назва станції	Широта	Довгота
1	Аркадія	46,4265	30,7676
2	Мис Малий Фонтан	46,4384	30,7725
3	Яхт клуб «Чорноморський» Одеса	46,4598	30,7653
4	Пляж "Дельфін"	46,4517	30,7652

Нажаль, через зовнішні обставини, робота цього року була ускладнена обмеженнями військового часу та об'єктивною небезпекою проведення деяких робіт через військові дії. З початку року додали ще дві багаторічні точки відбору проб – прибережжя мису Малий Фонтан та акваторія пляжу «Аркадія».

В межах Одеського регіону гідробіологічний моніторинг проводився на підставі регулярних спостережень, з періодичністю раз на тиждень, на станції «Чорноморський яхт-клуб» впродовж року, в прибережжі мису Малий Фонтан та в акваторії пляжу «Аркадія» щотижня – планктонні проби. В січні, квітні-травні та вересні-жовтні – проводився відбір бентосних проб на акваторії пляжу «Дельфін».

1.2 Методи досліджень

Проби води для дослідження фітопланктону відбирали відром з поверхневого шару води з пірсу та в пластиковій ємності відразу доставляли в лабораторію. Далі їх згущали методом зворотної фільтрації через ядерний фільтр з порами 1,5 мкм. Об'єм профільтрованої води становив від 1 до 4 л, пробу згущали до 10-50 мл. Мікроскопіювали «живі» проби та зафіксовані 38 % розчином формаліну до кінцевої концентрації 2 %. Визначення видів фітопланктону проводили за допомогою визначників ботанічної флори для

Чорного моря [8] – [10], данні перевіряли та узгоджували з електронною базою водоростей AlgaeBase. Підрахунок клітин фітопланктону здійснювали в камері Нажотта об'ємом 0,05 мл за допомогою світлового фазово-контрастного мікроскопа BioBlue.Lab від компанії Euromex. Розрахунки об'ємів клітин мікроводоростей, сумарної чисельності, сирої біомаси, індексів видового складу планктонних угруповань були виконані за стандартними методами [11] – [13].

Проби води для визначення пігментів відбирали пластиковою ємністю від 1 л до 3 л із поверхневих шарів води та доставляли у лабораторію впродовж 0,5 години. Визначення пігментного складу фітопланктону для прибережних акваторій виконано відповідно до ГОСТ 17.1. 04.02.1990 [14]. Морську воду відфільтровували під тиском (насос вакуумний ВН-461) на мембранний фільтр «Sartorius» (діаметр пор 0,45 мкм), який вкрито рівномірно за товщиною вуглекислим магнієм $MgCO_3$. Після фільтрації фільтр із осадом висушували та поміщали в центрифужну пробірку, заливали 90 % ацетоном і експонували у темряві протягом години перед центрифугуванням. Спектр оптичної щільності екстракту реєстрували за допомогою фотоколориметру КФК-3 (кювета 1 см) двічі: до та після підкислення 2 % розчином HCl в ацетоні на довжинах хвиль 750; 665; 647; 480; 430 нм. Одночасно з визначенням концентрації хлорофілу-а визначали концентрації інших пігментів: феофітину, хлорофілу- a , b і c_1+c_2 , сумарну концентрацію каротиноїдів, а також пігментний індекс. Обрахунок статистичних показників виконувався в програмі Statgraphics plus 5.0.

Відбір проб зоопланктону в прибережжі здійснювався за допомогою сітки Апштейна з діаметром вхідного отвору 37 см, розміром вічка мірошникового газу – 150 мкм. Великі желетілі організми планктону перед фіксацією видалялися із проби та підраховувалися окремо [11]. Проби фіксували 4%-ним розчином формальдегіду. Ідентифікацію організмів зоопланктону проводили у камері Богорова-Расса за допомогою світлового мікроскопа МБС-10 з використанням визначників фауни Чорного та

Азовського морів [15]-[17], інших визначників [18]-[20], деяких наукових статей та інших джерел [21]. Біомаса визначалася за допомогою рівняння алгометричного росту [22].

В умовах прибережжя відбір проб макрофітів здійснювали з поверхні твердих предметів (каменів, бетонних споруд) за допомогою шкребка, ножа, скальпеля чи ложки з заточеним краєм. Відбір проб для подальшого якісного (визначення до виду) та кількісного (чисельність та біомаса) аналізу проводили за методом «пробних квадратів»: водорості знімали з точно обмеженої рамкою площі субстрату, зазвичай розміром 10×10 см (площею $0,01 \text{ м}^2$), повторність – 3-5-кратна. Проби відбирали за вегетаційними сезонами (весна, літо, осінь). У місці відбору проб (станції) визначався склад ґрунту, проєктивне покриття (ПП) поверхні рослинністю (в %) [11]. Кожна проба водоростей забезпечувалась докладною етикеткою, написаною простим олівцем і упаковувалась в поліетиленові мішечки. Якщо не було можливості обробити того ж дня, у береговій лабораторії проби водоростей поміщали до морозильної камери. Підготовка оптики і водоростей до визначення проводилась за методиками, описаними у посібнику Наумова [23].

Мікроскопічна обробка і визначення макрофітів виконувались в умовах лабораторії за допомогою мікроскопу зі 100-, 200- та 400-кратним збільшенням. При визначенні морських водоростей макрофітів користались визначником Зінової [24]. Таксономічна структура флори і видові назви водоростей представлені у відповідності за загальноприйнятою у світовій практиці системою класифікації [25].

Для оцінки екологічного стану морських акваторій використовували шкалу чутливості макрофітів до органічного забруднення, запропоновану ще Н. В. Морозовою-Водяницькою [26]. Пізніше вона була розширена і доповнена О. А. Калугіною-Гутнік [27], [28]. Відповідно до цієї шкали за чутливістю до забруднення водорості-макрофіти поділені на 3 групи: оліго-, мезо- і полісапроби. [27].

Оцінку Екологічного Статусу Класу акваторії проводили за морфофункціональними показниками макрофітобентосу: питома поверхня трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$, $m^2 \cdot kg^{-1}$, питома поверхня угруповання $(S/W)_x$, $m^2 \cdot g^{-1}$, індекс поверхні фітоценозу (SI_{ph} , од.). Для цього було використано схему класифікації прибережних і шельфових оселищ Чорного моря з солоністю 12-17 ‰ [29]. Для оцінки екологічного стану акваторії за двома категоріями стану GES – NotGES вибрано три типи морфофункціональних індикаторів макрофітів, для яких визначено порогові значення: екологічна активність трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$, середня екологічна активність видів $(S/W)_x$ та відсоток чутливих видів (S_{sp}), % (для яких $S/W_p = 5-25 m^2 kg^{-1}$) [30].

Проби мікрофітобентосу відбирали та обробляли за загальноприйнятими методиками [31]-[34]. У кожній акваторії мікрководорості відбирали з усіх наявних видів субстратів: пухких (пісок) та твердих (бетон, граніт, черепашник). Мікроскопічну обробку проб виконували згідно з вимогами відповідних методик [11], [35]. Назви систематичних груп мікрководоростей вказували за загальноприйнятою у світовій практиці системою класифікації [36]-[39]. При обробці проб враховували не тільки суто бентосні водорості, а й наявність у складі мікрофітобентосу планктонних та бенто-планктонних форм.

У прибережних акваторіях проби макрозообентосу відбирали рамкою $10 cm^2 \times 10 cm^2$ з площею захвату $0,01 m^2$. Усі проби відбирали у двох повторях. Відбір проб макрозообентосу та їх подальша камеральна обробка в умовах берегової лабораторії проводилась відповідно до стандартних методів [13]. Видова належність організмів макрозообентосу визначалась з використанням відповідних визначників [15]-[18], [40]-[43]. Відібрані проби макрозообентосу промивали відфільтрованою морською водою крізь систему бентосних сит, мінімальний діаметр ячеї котрих був $0,5 mm$. Гідробіологічний аналіз проб здійснювали відразу. Для визначення дрібних форм та біомаси гідробіонтів проби фіксували 4 % розчином формаліну на період до 30 діб. Зважування гідробіонтів проводили на електронних вагах з точністю до $0,01 g$.

Гідробіологічний аналіз проб макрозообентосу визначав наступні біологічні параметри: видова належність організмів, їх чисельність – N (екз·м⁻²), біомаса – B (г·м⁻²).

Для класифікації екологічного стану вод використовуються п'ять класів. Для графічного відображення кожен з класів екологічного стану вод позначається відповідним кольором:

I клас екологічного стану, що відповідає екологічному стану «відмінний», позначається синім кольором;

II клас екологічного стану, що відповідає екологічному стану «добрий», позначається зеленим кольором;

III клас екологічного стану, що відповідає екологічному стану «задовільний», позначається жовтим кольором;

IV клас екологічного стану, що відповідає екологічному стану «поганий», позначається помаранчевим кольором;

V клас екологічного стану, що відповідає екологічному стану «дуже поганий», позначається червоним кольором [44].

2 СТАН ПЛАНКТОННОГО УГРУПОВАННЯ

2.1 Таксономічна характеристика фітопланктону за 2022-2024 роки

В 2022-2024 рр. в альгоценозі прибережної зони Одеського регіону було відмічено 213 видів і різновидів мікроводоростей (Додаток А, таблиці А.1, А.2), що відносяться до 13-ти класів фітопланктону. Основу складали представники Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae, Суанophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Ebriophyceae, Euglenoidea і Flagellata (рис. 2.1).

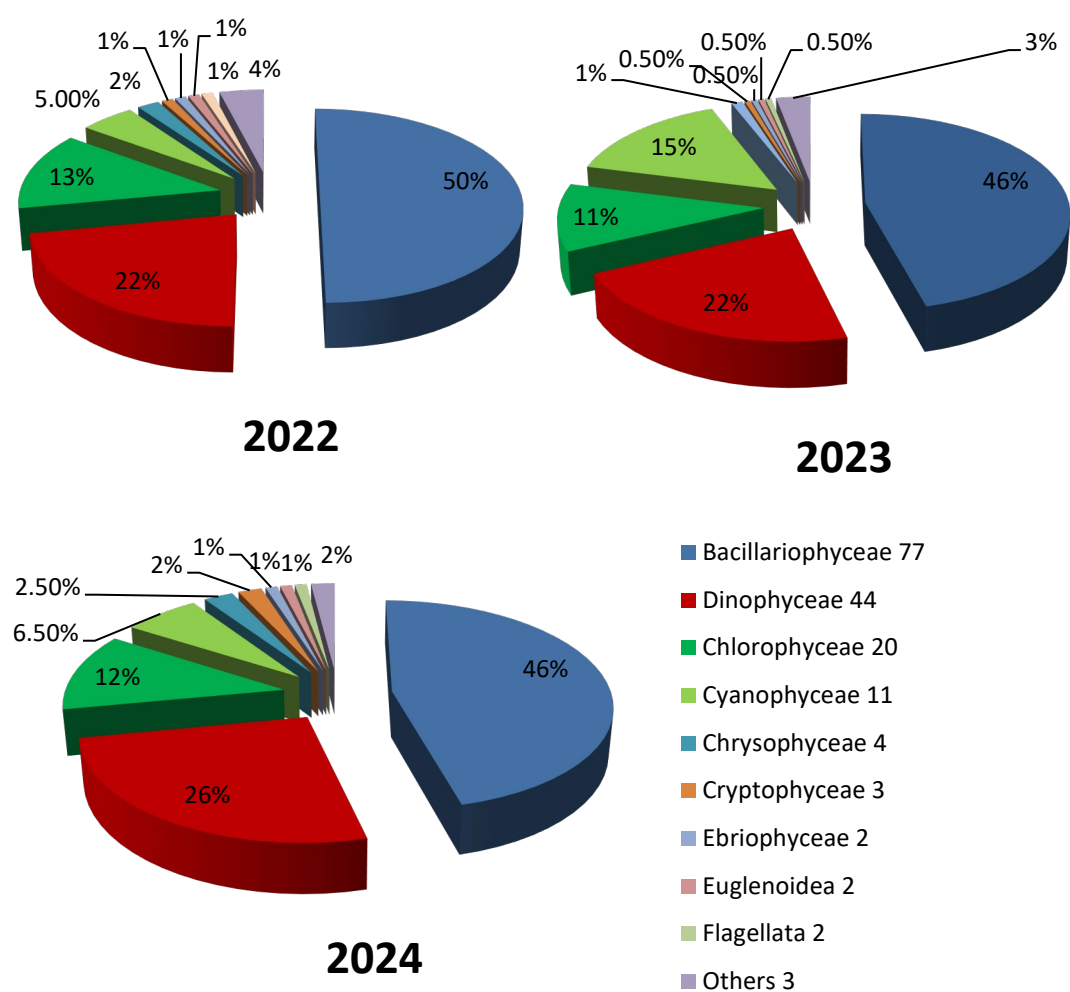


Рисунок 2.1 – Таксономічна характеристика фітопланктонного угруповання Одеського регіону у 2022, 2023 та 2024 роках

У 2022 році Bacillariophyceae складали 50 % визначених таксонів, Dinophyceae – 22 %, Chlorophyceae – 5 %, Cyanophyceae – 13 %, Chrysophyceae – 2 %, а Cryptophyceae, Ebriophyceae, Euglenoidea і Flagellata – по 1 %. Решта видів склали 4 %.

У 2023 році Bacillariophyceae становили 46 % знайдених видів, Dinophyceae – 22 %, Chlorophyceae – 15 %, Cyanophyceae – 11 %, Chrysophyceae – 2 %, а Cryptophyceae, Ebriophyceae, Euglenoidea і Flagellata – по 0,5 %). Інших видів було 3 %.

У 2024 році Bacillariophyceae складали також 46 % визначених таксонів, але частка Dinophyceae виросла до 26 %, вміст Chlorophyceae зменшився до 12 %, а Cyanophyceae – до 6,5 %. Частка Chrysophyceae склала 4 %, Cryptophyceae – 2,5 %, Ebriophyceae, Euglenoidea і Flagellata – по 1 %). Решта видів становила 2 %.

Взимку 2022 року здебільшого домінували діатомові водорості (74 %), у лютому була помітна частка зелених (23,5 %) та дінофітових (11,7 %). У червні при зниженні солоності води зелених, синьозелених, золотистих, евгленових та інших прісноводних водоростей було майже 40 %. В липні та серпні у закритій бухті яхт-клубу розвивалася крупноклітинна діатомея *Cerataulina pelagica* (Cleve) – майже 96 % видів у пробах.

Восени спостерігались прісноводні види, здебільшого синьозелених водоростей (від 16 до 37,6 %) і джгутиконосців (більше 6 %), та діатомові і дінофітові водорості з відкритих частин моря (рис. 2.2, 2.3).

У 2023 році взимку переважали діатомові 30,5 % (домінувала *Skeletonema costatum* (Greville)) та зелені (65 % чисельності) водорості (переважно *Monoraphidium contortum* (Thuret)). На початку весни 2023 року було «зимове» цвітіння прісноводної дінофітової водорості *Chimonodinium lomnickii* (Woloszynska) S.C. Craveiro (75 % біомаси проби), а наприкінці - дрібноклітинної діатомової *Chaetoceros thronsenii* (Marino) (92 % чисельності проби).

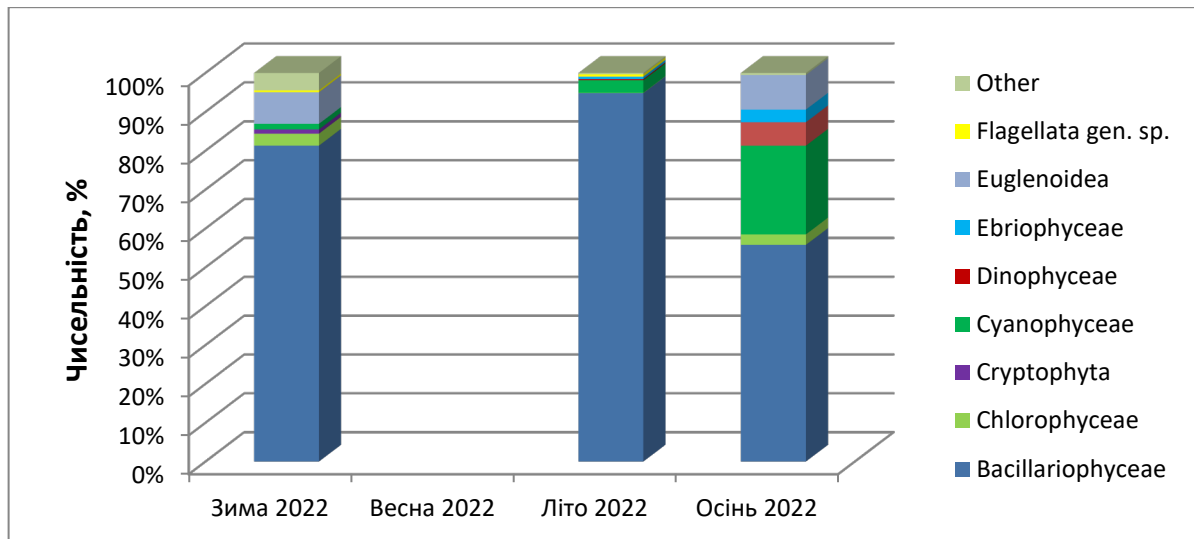


Рисунок 2.2 – Внесок різних таксонів у формування чисельності фітопланктону у 2022 році

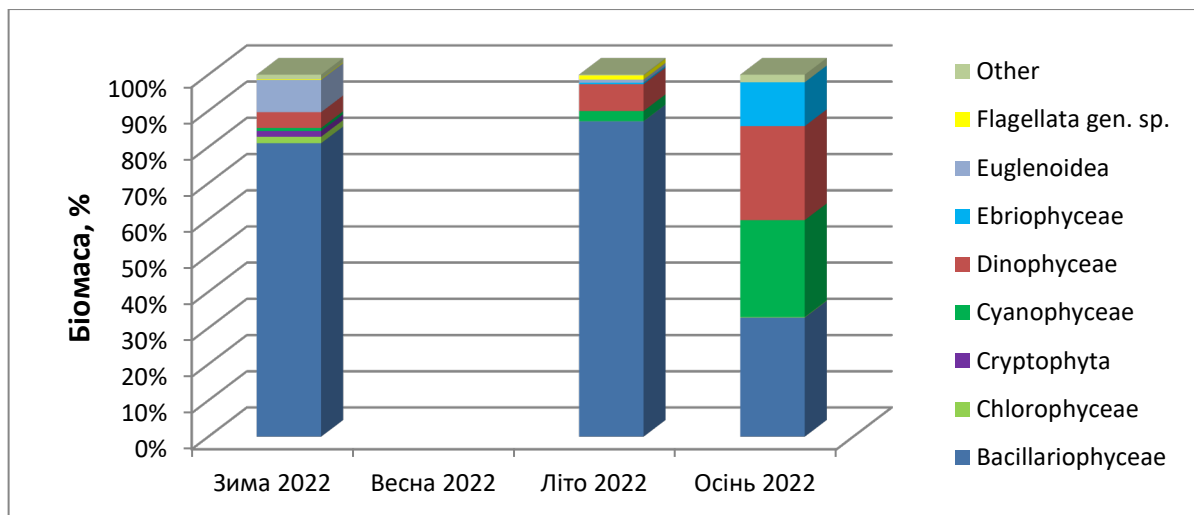


Рисунок 2.3 – Внесок різних таксонів у формування біомаси фітопланктону у 2022 році

Влітку після катастрофи на Каховській ГЕС спочатку було екстремальне цвітіння синьозелених (40 % чисельності проби) та зелених (9 %) прісноводних водоростей на фоні зниження солоності води. Після чого з'явилося багато дінофлагелят різних родів (20 % біомаси проби) та ціанобактерій (46 % чисельності проби), серед яких почали домінувати коккові форми, на відміну від нитчастих, які домінували до підриву дамби Каховської ГЕС.

Співвідношення чисельності мікрободоростей за систематичними групами у 2023 році представлено на рисунку 2.4, а співвідношення їхньої біомаси – на рисунку 2.5.

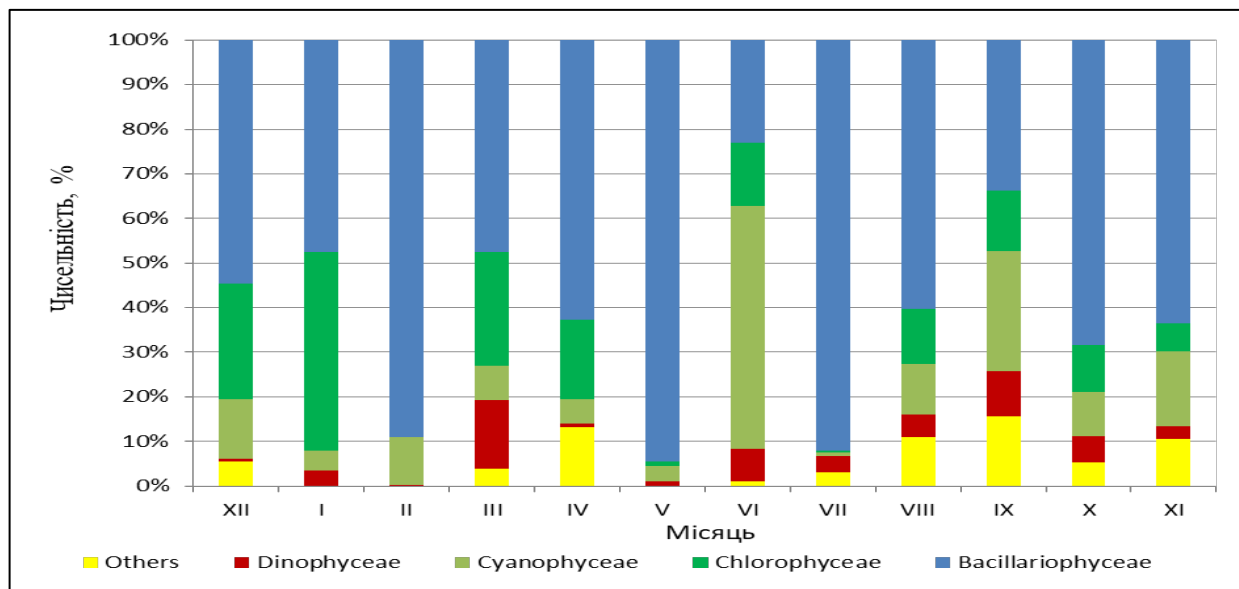


Рисунок 2.4 – Співвідношення чисельності мікрободоростей у 2023 році за систематичними групами по місяцях.

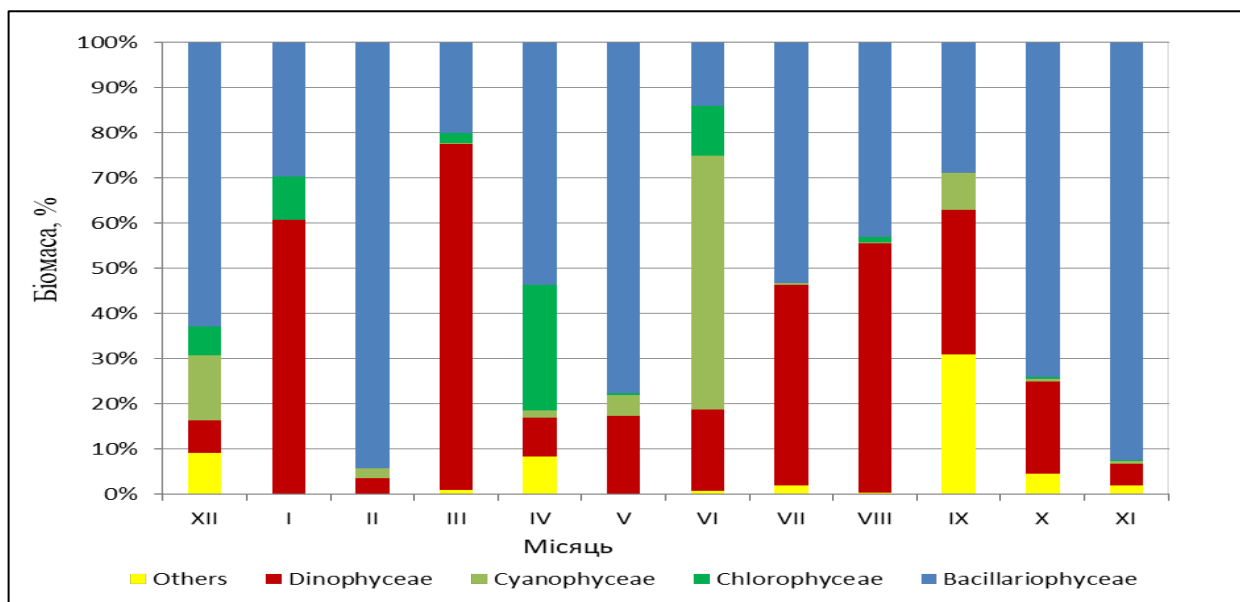


Рисунок 2.5 – Співвідношення біомаси мікрободоростей у 2023 році за систематичними групами по місяцях.

Взимку 2024 року у січні домінувала крупноклітинна діатомея *Ditylum brightwellii* (T. West) (92% біомаси проби), у лютому – *S. costatum* та декілька видів роду *Chaetoceros*.

Навесні було декілька випадків зниження солоності води до 7-8 ppt, що супроводжувалося домінуванням прісноводних зелених водоростей, зокрема *M. contortum* (70% чисельності проби). При підвищенні солоності до 16-17 проміле відмічалися дінофітові водорості, домінував рід *Heterocapsa*.

У липні у пробах з'явився *Lingulaulax polyedra* (F. Stein), а у вересні-жовтні його кількість вже досягла рівня «червоного припливу» з сильною флюоресценцією моря та бурими плямами «цвітіння». У «червоному припливі» брали участь і види роду *Protoperidinium*, які скупчувалися у плями від рожевого до пурпурного кольору.

Співвідношення чисельності мікроводоростей за систематичними групами у 2024 році представлене на рисунках 2.6, а їхніх біомас – на рисунку 2.7.

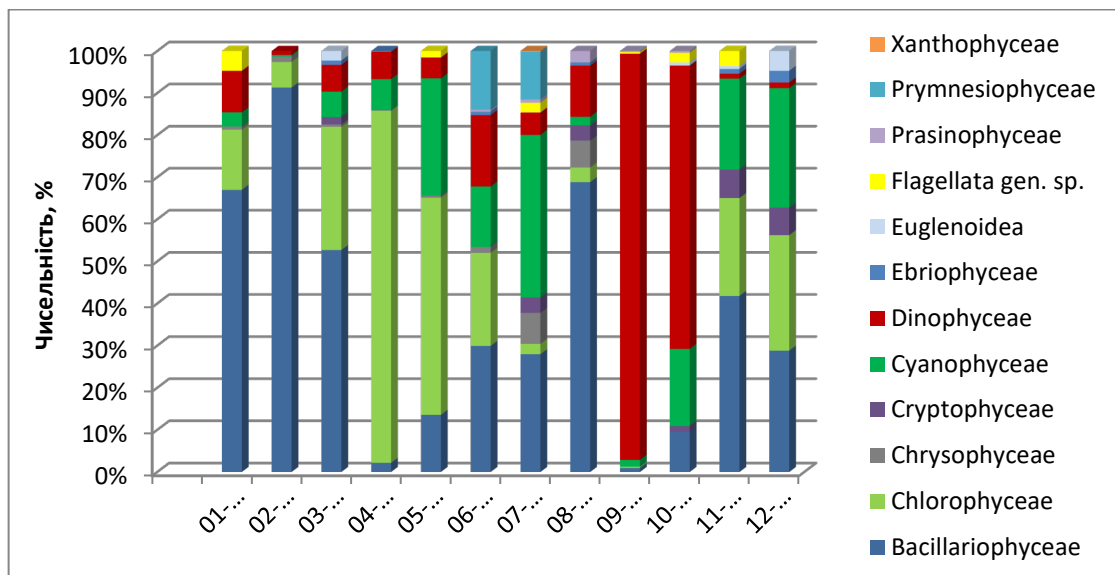


Рисунок 2.6 – Співвідношення чисельності мікроводоростей у 2024 році за систематичними групами по місяцях

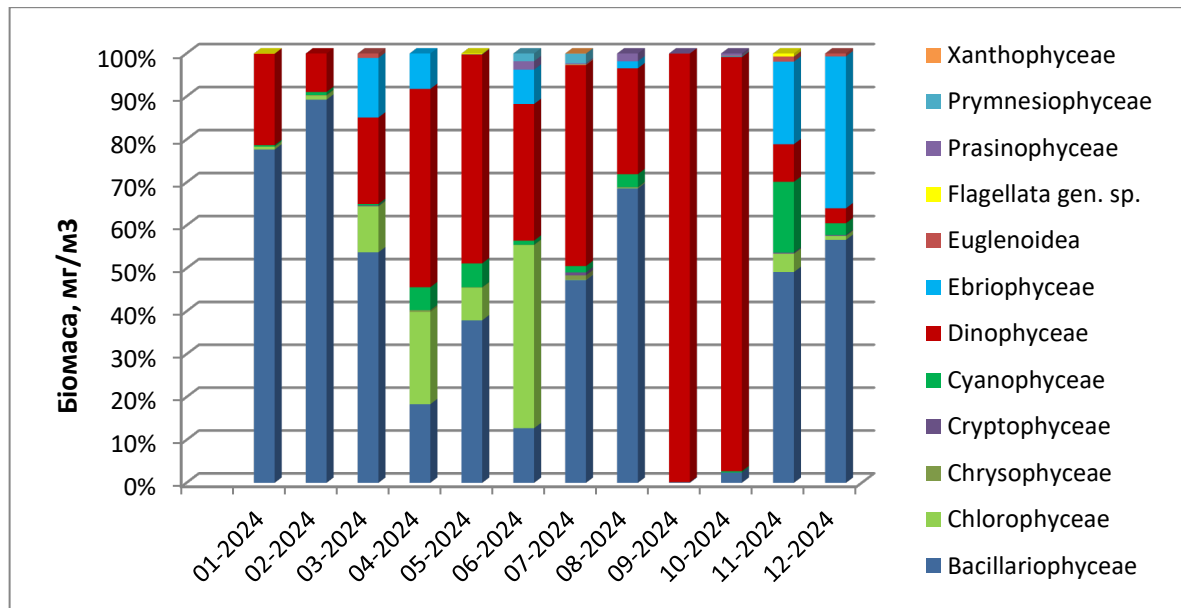


Рисунок 2.7 – Співвідношення біомаси мікроводоростей у 2024 році за систематичними групами по місяцях

Велика кількість дінофітових водоростей є характерною ознакою для осіннього сезону, але у 2024 році їхнє домінування супроводжувалося дуже малою кількістю діатомових. Порівняння співвідношення таксономічних груп фітопланктону у 2022, 2023 та 2024 роках по чисельності та біомасі представлено на рисунках 2.8 та 2.9.

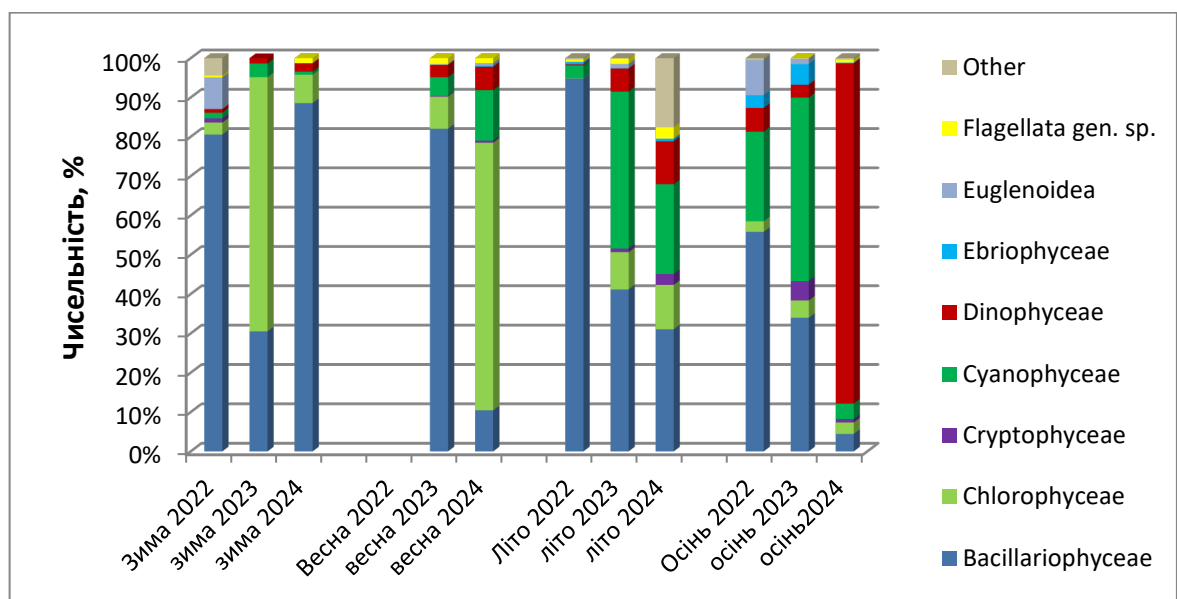


Рисунок 2.8 – Порівняння співвідношення чисельності таксономічних груп фітопланктону у 2022-24 роках

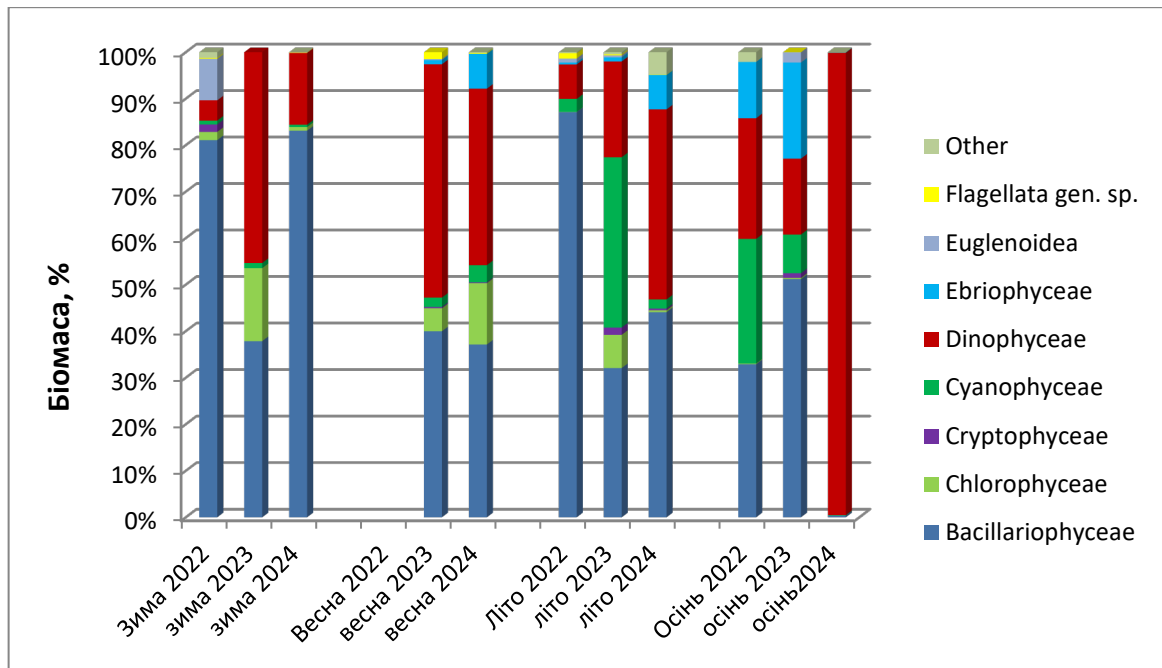


Рисунок 2.9 – Порівняння співвідношення біомаси таксономічних груп фітопланктону у 2022-24 роках

2.2 Кількісна характеристика фітопланктону прибережної зони Одеського регіону у 2022-2024 роках

Дослідження кількісних показників фітопланктону прибережної зони Одеського регіону у 2022–2024 роках показало приблизно такі ж низькі значення, що і у попередні роки, за винятком «зеленого припливу» після Каховської трагедії та «червоного припливу» в кінці літа – на початку осені 2024 року.

Середньорічна чисельність у 2022 році склала 83 тис. кл/л, у 2023 – 904 тис. кл/л, а у 2024 році – 369 тис. кл/л. В середньому за три роки вона складала 452 тис. кл/л, а за 2022 та 2024 – 226 тис. кл/л. Середня чисельність за попередні три роки (2019-2021) була 242 тис. кл/л (рис. 2.10).

Середньорічна біомаса у 2022 році склала 182,12 мг/м³, у 2023 році – 759 мг/м³, а у 2024 році – 792 мг/м³, в середньому за ці роки дорівнюючи

582,45 мг/м³, що у 1,8 рази більше ніж у попередні 3 роки та у 2,4 рази більше порівняно з останніми 2 роками (рис. 2.11).

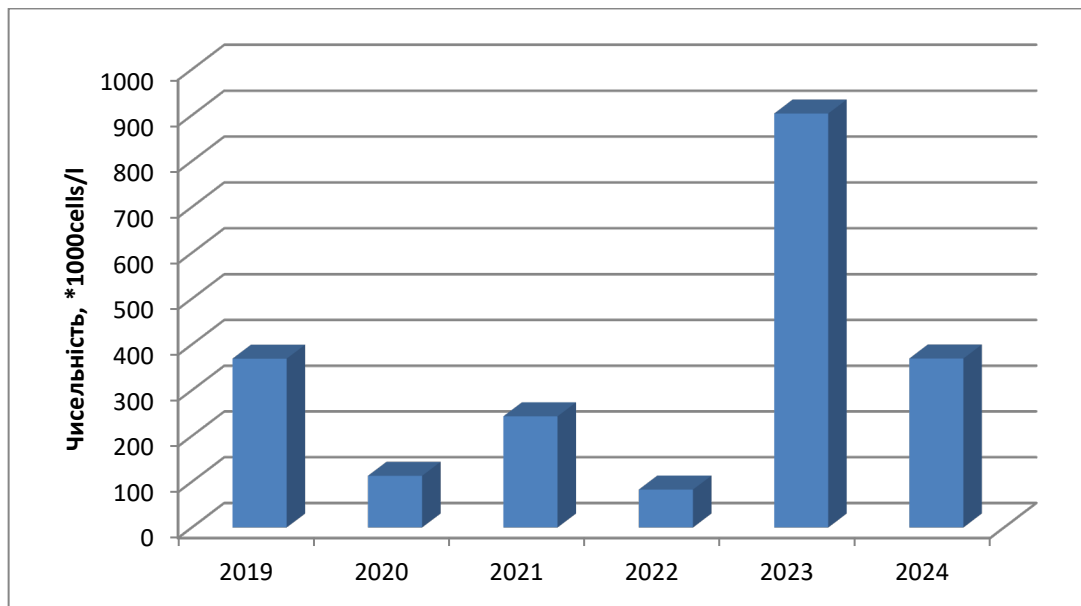


Рисунок 2.10– Середньорічна чисельність фітопланктону в Одеському регіоні у 2019 – 2024 роках.

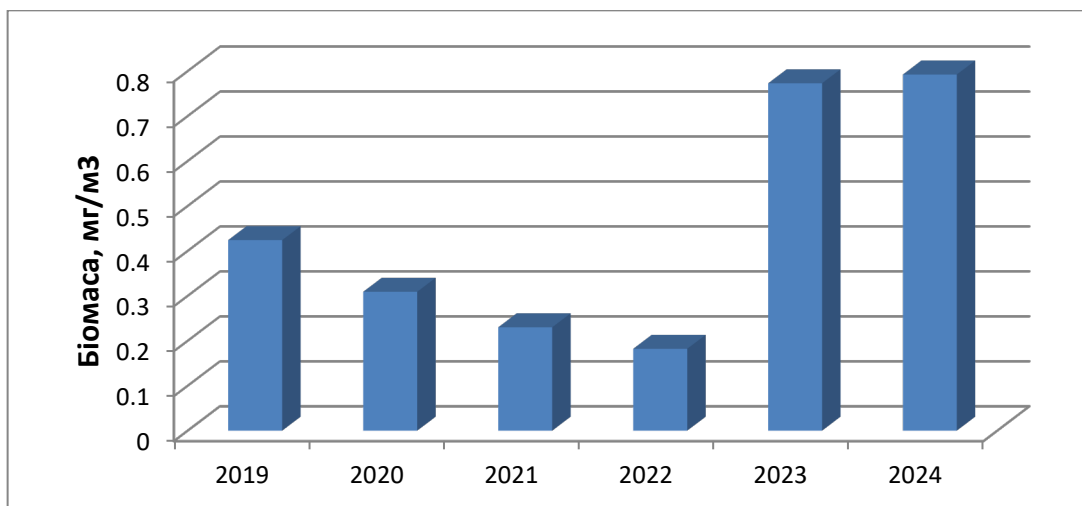


Рисунок 2.11 – Середньорічна біомаса фітопланктону в Одеському регіоні у 2019 – 2024 роках.

У 2022 році внаслідок військових дій у Чорному морі та небезпеки безпосередньо в Одеському регіоні, навесні та влітку моніторинг не проводили, тому досліджували тільки закриту акваторію Чорноморського яхт-клубу в Отраді. Тут

періодично виникали спалахи чисельності різних видів фітопланктону. У 2022 році таке явище відмічалось двічі. 20 липня при температурі 20,5°C та солоності 17,6 ‰ розмножилася крупноклітинна діатомова водорість *C. pelagica* (Cleve), біомаса якої становила 538 мг/м³, або 84 % загальної біомаси проби (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – *Cerataulina pelagica* [45]

А вже 3 серпня при температурі 20,6°C та солоності 16,6 ‰ домінувала *S. costatum* (Grev.) Cl., чисельність якої становила 523,2 тис. кл/л, а біомаса – 370 мг/м³, але була присутня і *C. pelagica* (2,9 тис. кл/л, 101,7 мг/м³). Крім них, у пробі були дінофітові водорості морського (*Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld), *P. micans* Ehrenberg) та синьо-зелені водорості солонуватоводного (*Jaaginema kisselevii* (Anissimova), *Merismopedia tranquilla* (Ehrenberg) генезису.

В цілому, фітопланктонне угруповання 2022 року характеризувалось досить низькими середньорічними показниками чисельності та біомаси.

У 2023 році, ще до екстремального «зеленого припливу», викликаного Каховською трагедією, спостерігалось 2 максимуми кількісних показників фітопланктону.

1 березня при температурі води 6 °C, солоності 11,5 ppt та північному вітрі було зафіксовано зимове «цвітіння», сформоване масовим розвитком декількох

видів мікроводоростей, які належали до трьох відділів фітопланктону – діатомових, зелених та дінофітових. Домінантою була прісноводна дінофітова водорість *Chimonodinium lomnickii* (Wolosz.) Crav. et al., біомаса якої склала 1 557 мг/м³, при чисельності 248 тис. кл/л (рис. 2.13).

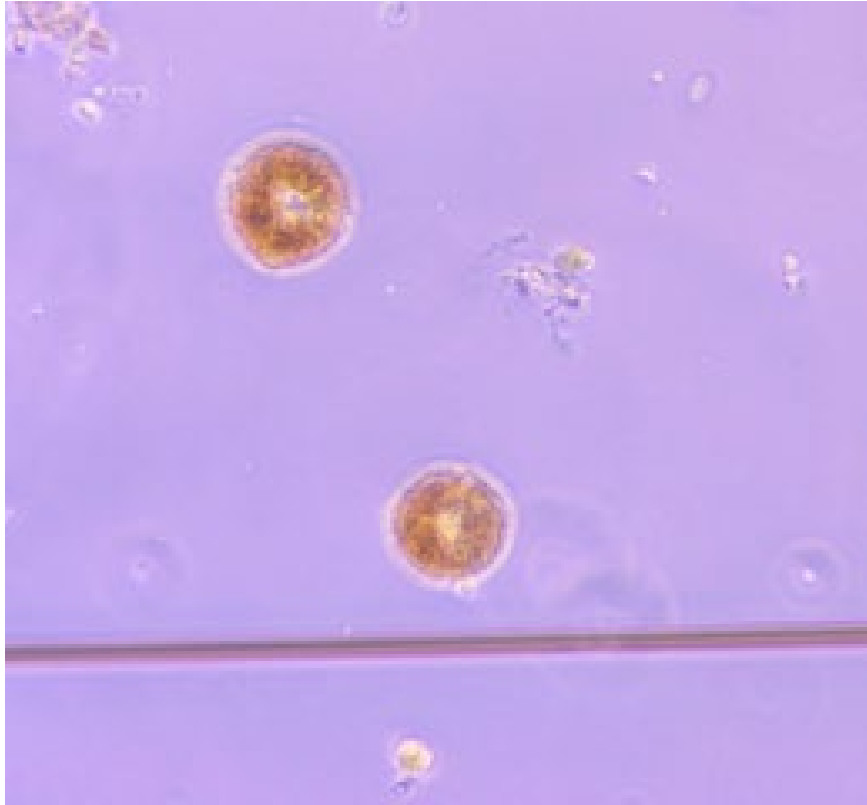


Рисунок 2.13 – *Chimonodinium lomnickii* 01.03.2023 р.

Субдомінантами 01.03.23 були діатомова *S. costatum* (Grev.) Cl. (561 тис. кл/л, 69 мг/м³) та зелена *M. contortum* (Thur.) Komár.-Legner. (206 тис. кл/л, 17 мг/м³). Крім них, у пробі було ще 28 видів із загальною чисельністю 1 551 тис.кл/л та біомасою 2 141мг/м³.

У кінці травня 2023 року в акваторії яхт-клубу було зафіксовано цвітіння діатомового нанопланктону (*Chaetoceros thronsdensei* (Marino) – з чисельністю 7 662 тис. кл/л, та біомасою 673,6 мг/м³ та *Chaetoceros minimus* (Levander), (52 тис. кл/л; 9,7мг/м³) при температурі води 21°C та солоності 11 ppt (рис. 2.14).

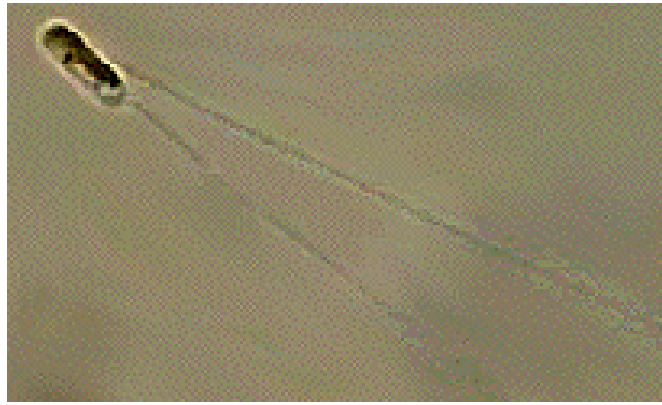


Рисунок 2.14 – *Chaetoceros thronsenii* [46]

Головною подією 2023 року, яка суттєво вплинула на фітопланктонне угруповання північно-західної частини Чорного моря, та похитнула домінування діатомей, безумовно, був підрив дамби Каховського водосховища 6 червня. Це спричинило спочатку бурхливе цвітіння ціанобактерій, а потім, після короткочасної стабілізації гідрологічного становища на фоні відновлення солоності, – підвищення кількості дінофітових водоростей.

У червні після розливу Каховського водосховища та потрапляння великої маси прісної води у море фіксувалося цвітіння води, викликане, переважно, ціанобактеріями. Найвищу кількість мікрроводоростей у пробі на узбережжі Одеси вдалося зафіксувати 14.06. 2023 року на мисі Малий Фонтан. При температурі води 19°C та солоності 5,1 ppt загальна чисельність фітопланктону у пробі сягала 9 428 тис. кл/л; а загальна біомаса проби – 10 435 мг/м³ (рис. 2.15).

У «зеленому припливі» після Каховської трагедії домінували *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs (459 тис. тріхом/л, 2 883 мг/м³), *Dolichospermum flos-aquae* (Brébisson) (131 тис. кл/л, 1 009 мг/м³), та *Microcystis aeruginosa* (Kützinger) (6393 тис. кл/л, 3 346 мг/м³) (рис. 2.16).

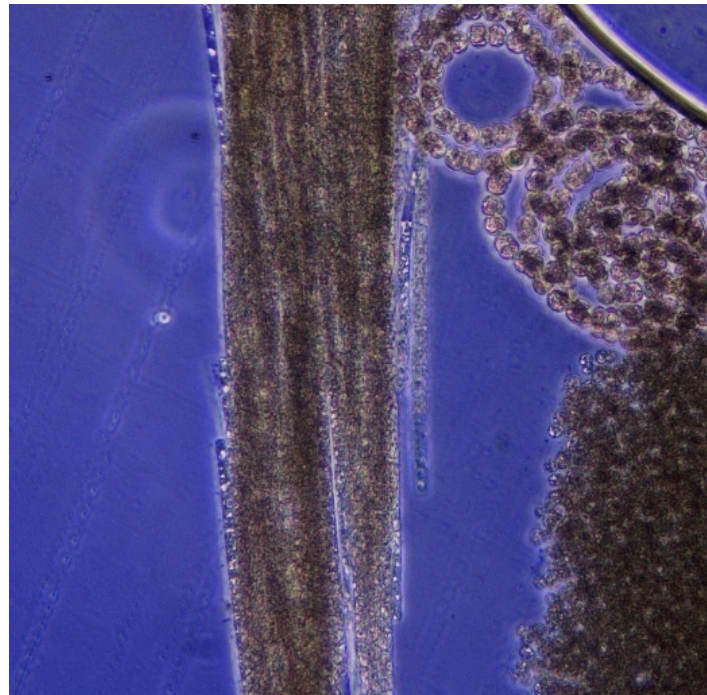
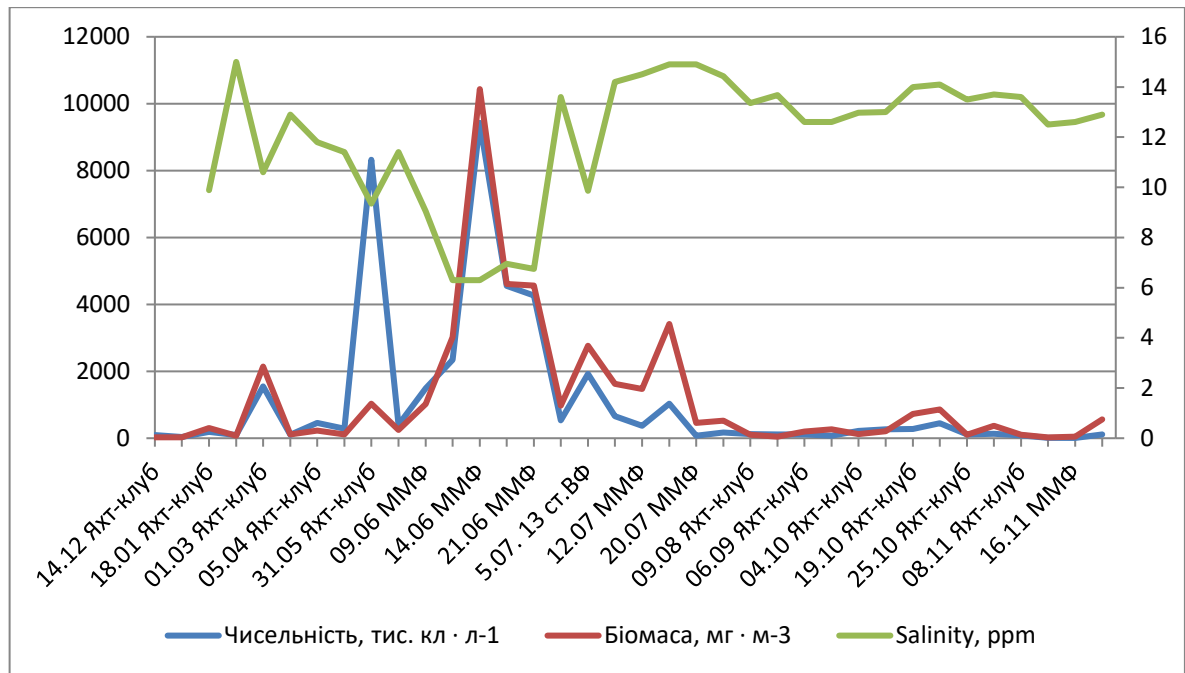


Рисунок 2.16 – *A. flosaquae*, *M. aeruginosa* та *D. flosaquae* 14.06.23 р.

Крім них, у пробах були присутні ще 9 видів ціанобактерій ((такі, як *Limnothrix planctonica* (Woloszynska) (74 тис. кл/л, 83 мг/м³), *Jaaginema kisselevii* (Anissimova) (197 тис. кл/л, 389 мг/м³), *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann),

(213 тис. кл/л, 562 мг/м³), *Merismopedia minima* G.Beck (13 тис.кл/л, 0,05 мг/м³) та 19 видів зелених мікроводоростей. Крім звичного для північно-західної частини Чорного моря *M. contortum* (Thuret) (295 тис. кл/л та 21 мг/м³), фіксувалися ще й *Ankistrodesmus falcatus* Corda (41 тис. кл/л, 131 мг/м³), *Pseudopediastrum boryanum* Turpin (4,9 тис.кл/л, 79 мг/м³), *Oocystis borgei* J.W.Snow (78 тис.кл/л, 0,05 мг/м³), *Coelastrum microporum* Nägeli, (33 тис.кл/л, 268 мг/м³) та інші.

З відновленням гідрохімічних показників води в ОМР кількість видів прісноводного планктону значно скоротилася, але на відстані від берега пляма прісної води дрейфувала ще деякий час, що було відмічено 05.07.2023 на 13-й станції Великого Фонтану при відборі проб з човна.

З 12.07.2023 після штормів з потужним перемішуванням води та південного вітру мікрофлора змінилася на звичайну морську і в подальшому спостерігалось значне біорізноманіття переважно морського генезису. Зростання біомаси 20.07.2023 (3 415,41 мг • м-3, 34 види) було зумовлено розвитком видів водоростей з великими за розміром клітинами з класів дінофітових: *Triplos furca* (Ehrenberg) F.Gómez, 2013, *T. muelleri* Bory de Saint-Vincent, 1824, *T. fusus* (Ehrenberg) F.Gómez, 2013, потенційно токсичних *Dinophysis fortii* Pavillard, 1923, *Phalacroma rotundatum* Kofoid&Michener, 1911, і *L. polyedra* (F.Stein) andall 2024 та діатомових: *Chaetoceros curvisetus* Cleve, 1889, *C. pelagica* (Cleve) Hendey, 1937, *D. brightwellii* (T.West) Grunow, 1885, *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) B.G.Sundström, 1986 та *Proboscia alata* (Brightwell) Sundström, 1986 (рис. 2.17).

Всього у пробі було ідентифіковано 34 види мікроводоростей. Цвітіння, або навіть домінування якогось окремого виду, не спостерігалось.

Взимку 2024 року зареєстровано розмноження крупної діатомової водорості *Ditylum brightwellii* (T.West) Grunow, 1885 (24.01.2024 – 1 243,9 мг/м³, 93% біомаси проби, 31.01.2024 – 1 039,5 мг/м³, 60 % біомаси проби) та декілька видів роду *Chaetoceros* (рис. 2.18).



Рисунок 2.17 – *Tripos furca*, *Tripos fusus*, *Dinophysi sf ortii*, *Protoperidinium pellucidum*, *Lingulaulax polyedra*, *Cerataulina pelagica* та інші
20.07.2023 у Отраді

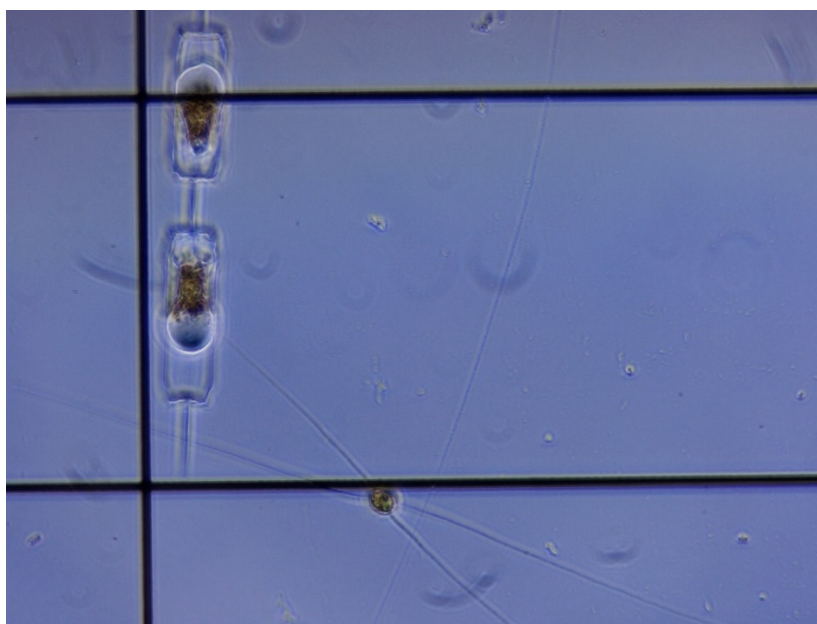


Рисунок 2.18 – *Ditylum brightwellii* та *Chaetoceros sp.* 31.01.2024
на мисі Малий Фонтан

У лютому різноманіття діатомей було ще більше – 61 % видів у пробі. Домінувала *S. costatum*, *Chaetoceros curvisetus* Cleve, 1889, *Ch. socialis* H.S. Lauder, 1864, *Melosira moniliformis* (O. F. Müller) C. Agardh, 1824. Були і динофітові водорості. *Ch. lomnickii* у 2024 році відмічався у незначній кількості, але з лютого у пробах постійно були присутні види родів *Protoperidinium* та *Heterocapsa*.

Восени 2024 року «цвітіння» води було спричинено довготривалими «червоними припливами» викликаними переважно *Lingulaulax polyedra*, токсичною дінофітовою водорістю (рис. 2.19).

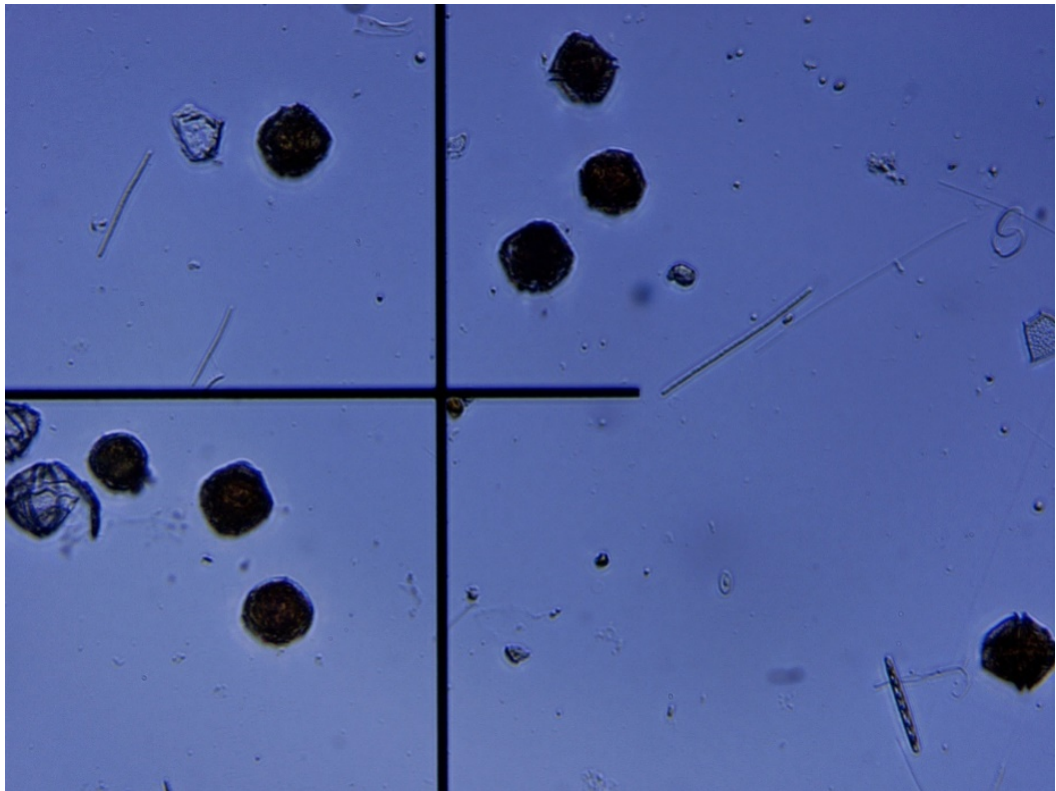


Рисунок 2.19 – *Lingulaulax polyedra* на місі Малий Фонтан 03.10.2024 р.

Кількісні показники чисельності та біомаси фітопланктону в Одеському регіоні у 2022-2024 роках представлені на рисунках 2.20 та 2.21.

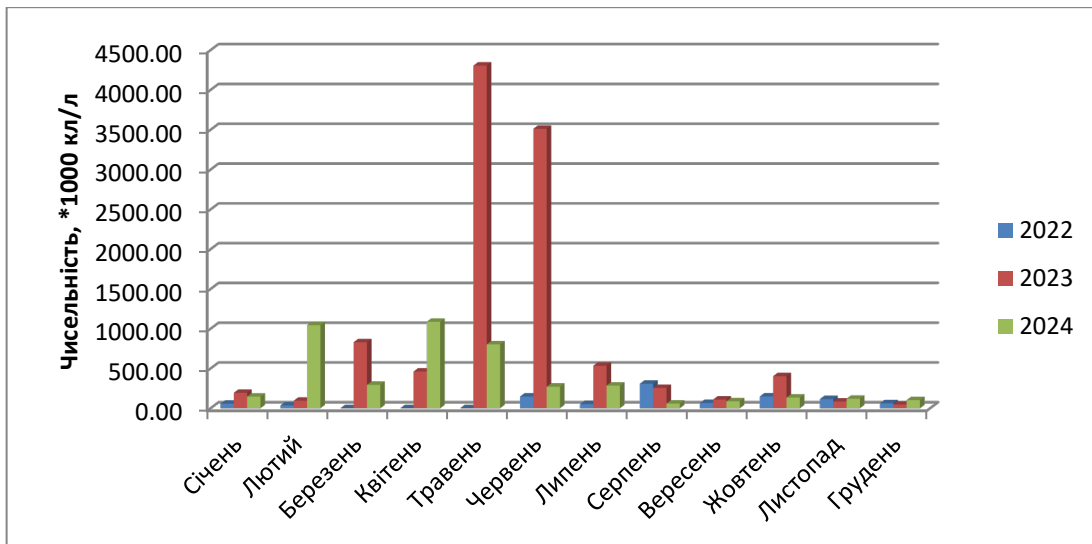


Рисунок 2.20 – Кількісні показники чисельності (тис. кл/л) фітопланктону в Одеському регіоні у 2022-2024 роках

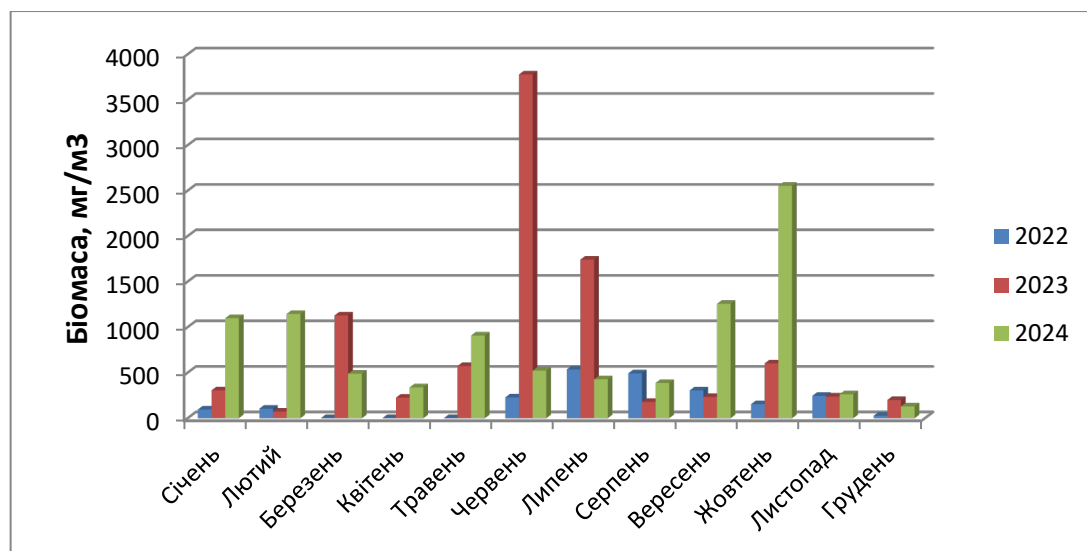


Рисунок 2.21 – Кількісні показники біомаси (мг/м³) фітопланктону в Одеському регіоні у 2022-2024 роках

Індекс видового різноманіття Шеннона вираховували за показниками чисельності фітопланктону. Максимальне зафіксоване значення за трирічний період спостережень отримано у жовтні 2023 р. ($3,58 \text{ біт} \cdot \text{екз}^{-1}$), мінімальне – у вересні 2024 року ($1,1 \text{ біт} \cdot \text{екз}^{-1}$) (рис. 2.22), в цілому це трохи вище ніж у попередній трирічний період (рис. 2.23).

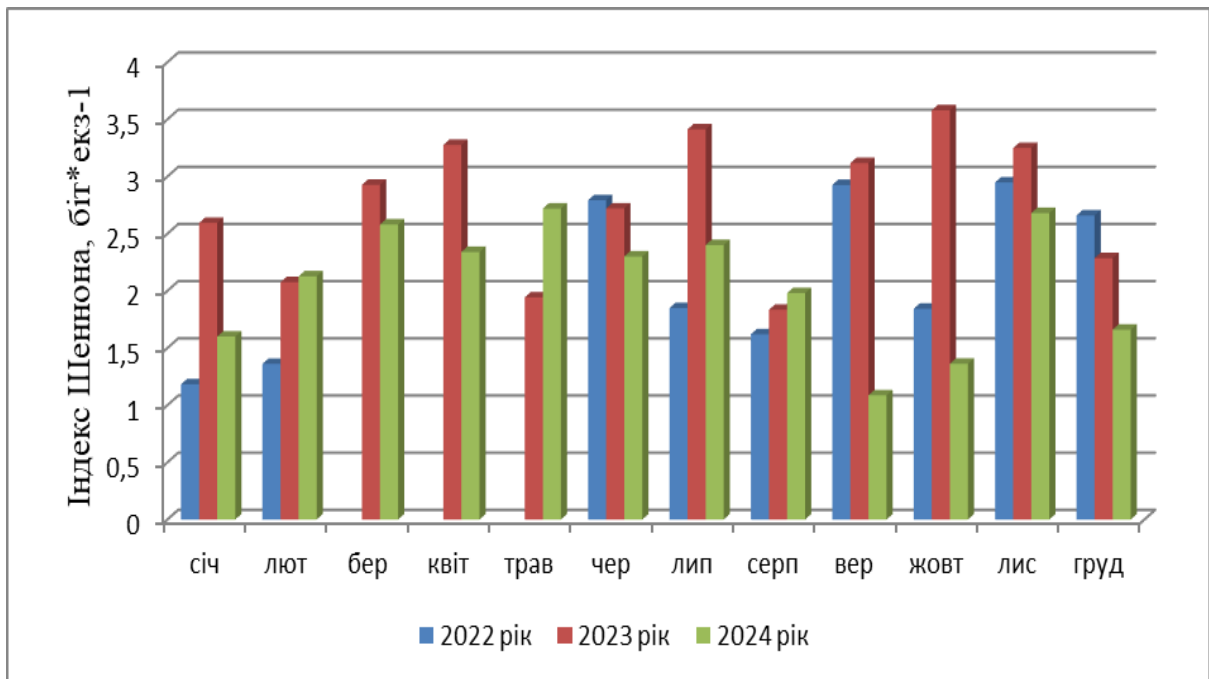


Рисунок 2.22 – Середньомісячні показники індексу видового різноманіття за Шенноном в ОМР у 2022-2024 роках

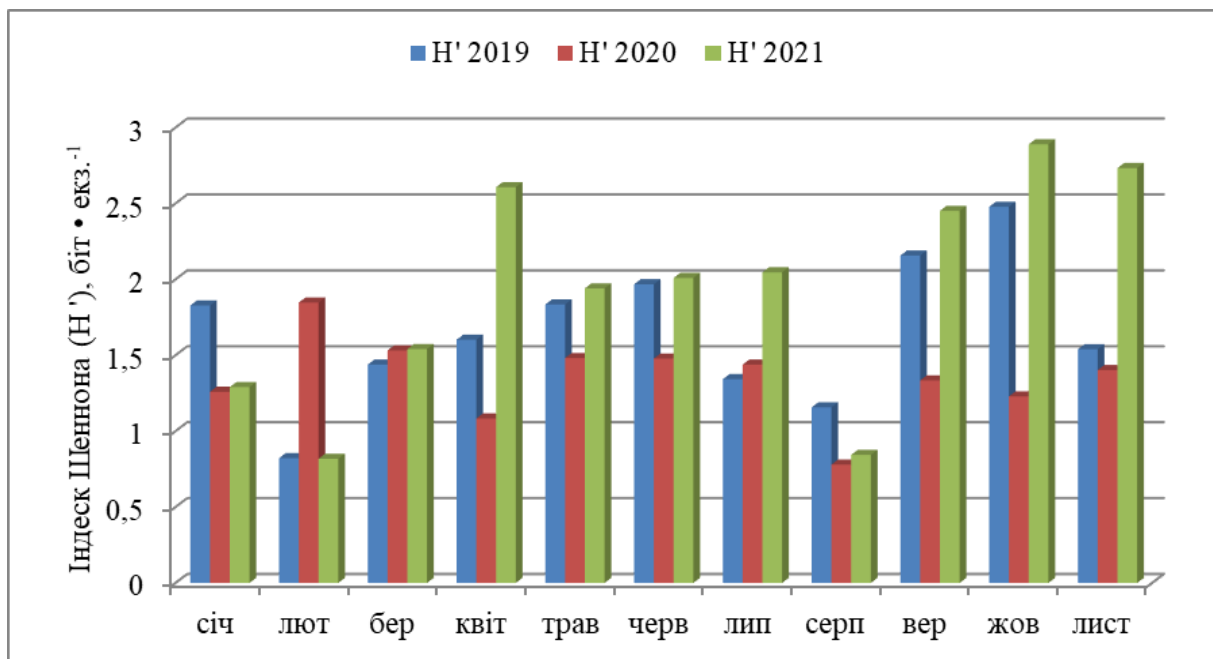


Рисунок 2.23 – Середньомісячні показники індексу видового різноманіття за Шенноном в ОМР у 2019-2021 роках

Співвідношення чисельності, біомаси та індексу видового біорізноманіття Шеннона для фітопланктону у 2022-2024 роках представлено на рисунку 2.24.

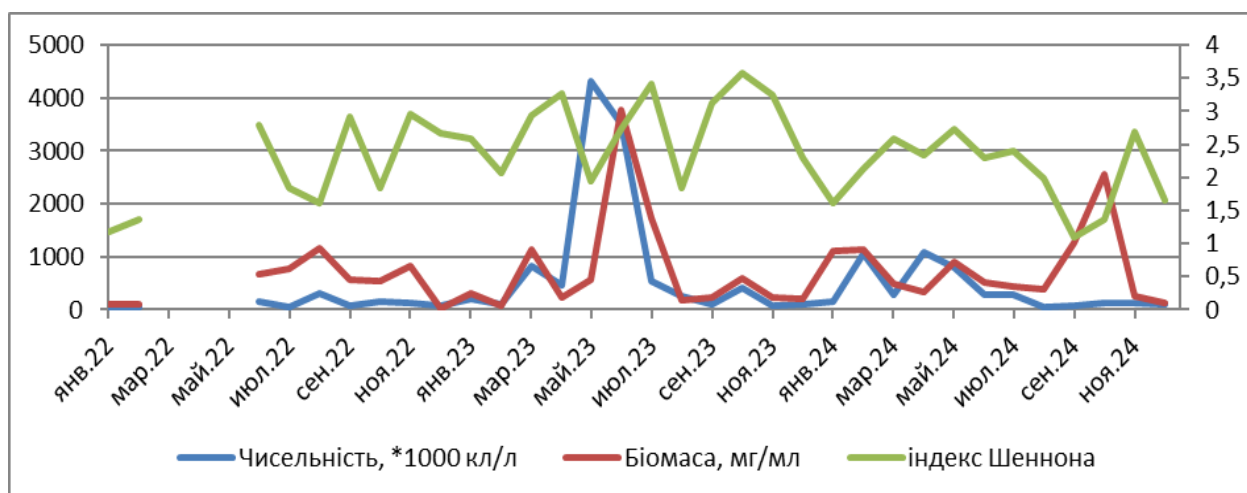


Рисунок 2.24 – Співвідношення чисельності, біомаси та індексу видового різноманіття Шеннона для фітопланктону у 2022-2024 роках

2.3 Оцінка якості води за показниками фітопланктону у 2022-2024 роках

Оцінку якості води проводили за шкалою, розробленою УкрНЦЕМ в рамках державної науково-дослідної роботи «Базова оцінка та визначення доброго екологічного стану (ДЕС) біоценозів та біорізноманіття Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України» [47]. Згідно з цією шкалою основним параметром для оцінки якості води за показниками фітопланктону є його біомаса. Критерії оцінки екологічного стану акваторії за показником біомаси фітопланктону представлені нижче (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Шкала для оцінки екологічного стану морського середовища за показниками біомаси фітопланктону у прибережній зоні української частини Чорного моря

зима	<1100	1100-1400	1400-2000	2000-4000	>4000
весна	<1400	1400-1700	1700-2500	2500-4700	>4700
літо	<1100	1100-1400	1400-2000	2000-4000	>4000
осінь	<1000	1000-1250	1250-1850	1850-3700	>3700

За 2023 рік в цілому за критерієм загальної біомаси фітопланктону стан ОМР можна оцінити як «Відмінний». Показникам «Відмінного» стану відповідали всі місяці року крім червня та липня, які відповідали «Поганому» (червень) та «Задовільному» (липень) екологічному стану після катастрофи на Каховській ГЕС. Згідно з середньомісячним значенням індексу Менхініка, екологічний стан взимку, навесні та влітку відповідав категоріям «Поганого» екологічного стану, восени – «Задовільного», в цілому за рік його можна оцінити як «Поганий». За індексом МЕС % у червні та серпні екологічний стан середовища можна оцінити як «Поганий», а в липні – «Добрий». За співвідношенням діатомових та динофітових водоростей в березні під час «цвітіння» *Chimonodinium lomnickii* екологічний стан морського середовища був «Поганим», а у квітні та травні – «Відмінним». В цілому за рік по всіх чотирьох показниках вода відповідала «Доброму» екологічному стану (табл. 2.4, 2.5).

Таблиця 2.4 – Екологічний стан морського середовища за кількісними показниками фітопланктону у 2023 році по місяцях

Показник	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Біомаса	27,27	305,30	72,79	1128,18	225,62	572,42	3777,93	1741,76	179,27	233,01	601,50	237,66
Вас : Din	76,00	14,00	331,00	3,94	77,36	55,59	27,32	25,21	11,88	3,56	15,87	67,43
МЕС	24,12	3,25	53,50	24,67	20,25	27,08	41,48	3,76	44,33	62,63	44,67	34,82
Menchnik	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,06	0,06	0,06	0,04	0,10
Оцінка												

Таблиця 2.5 – Екологічний стан морського середовища за кількісними показниками фітопланктону у 2023 році по сезонах та в цілому за рік

Показник	Зима	Весна	Літо	Осінь	За рік
Біомаса	135,12	642,07	1899,65	357,39	758,56
Вас : Din	140,33	45,63	21,47	28,95	59,09
МЕС	26,96	24,00	29,86	47,37	32,05
Menchnik	0,04	0,03	0,05	0,07	0,05
Оцінка					

У 2024 році в цілому за критерієм загальної біомаси фітопланктону стан Одеського регіону можна оцінити як «Відмінний». Весь рік була прозора вода,

яка відповідала критеріям «відмінного» екологічного стану (крім лютого, коли спостерігалось невеличке збільшення біомаси за рахунок діатомових водоростей, зокрема *Skeletonema costatum* та декількох видів роду *Chaetoceros*) та вересня-початку жовтня, коли спостерігався «червоний приплив», викликаний комплексом динофітових водоростей, у першу чергу – *Lingulaulax polyedra*. Згідно індексу Менхініка, екологічний стан моря біля Одеси весь рік був «добрий», крім зими, коли він був середньої якості, погіршившись у лютому. За індексом МЕС % стан моря влітку 2024 року був «відмінний». Співвідношення діатомових та динофітових водоростей навесні 2024 року було «поганим» другий рік поспіль, цього року за рахунок розмноження декількох видів роду *Heterocapsa*. Але в цілому за рік по всім показникам стан морської екосистеми можна характеризувати як «добрий» (табл. 2.6, 2.7).

Таблиця 2.6 – Екологічний стан морського середовища за кількісними показниками фітопланктону у 2024 році по місяцях

2024	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Біомаса	1097,80	1144,40	487,80	338,00	907,40	521,45	427,00	385,85	1255,85	2551,68	261,88	129,29
Menchnik	0,1	0,04	0,07	0,13	0,11	0,08	0,10	0,18	0,11	0,14	0,08	0,08

Таблиця 2.7 – Екологічний стан морського середовища за кількісними показниками фітопланктону у 2024 році по сезонах та в цілому за рік

2024	Зима	Весна	Літо	Осінь	За рік
Біомаса	1121,10	577,70	444,77	1356,47	875,00
Вас : Din		1,28			
МЕС %			17,00		
Menchnik	0,08	0,10	0,12	0,11	0,10
Оцінка					

Таким чином, впродовж всіх трьох років спостережень екологічний стан моря по совокупності критеріїв був «добрим».

2.4 Вплив біогенних речовин на біомасу та чисельність фітопланктону у 2022-2024 роках

Перш за все слід зазначити що концентрації іонів PO_4 , NO_2 , NO_3 та NH_4 у морській воді біля берегів Одеси після катастрофи з Каховською ГЕС у червні 2023 року зросли та у 2024 році не повернулися до показників 2021-2022 років (рис. 2.25).

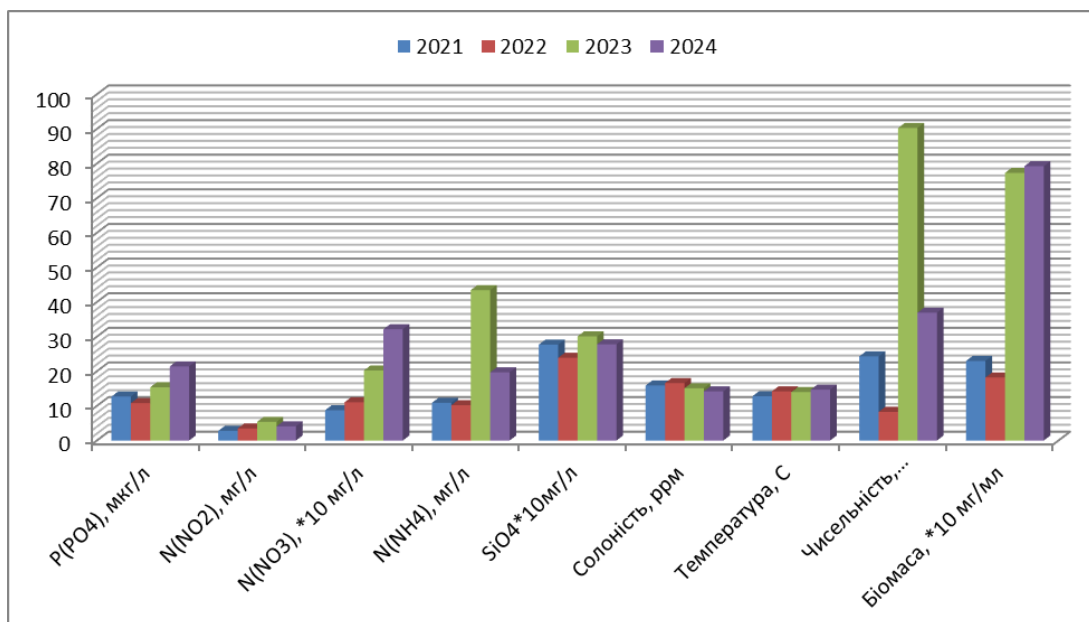


Рисунок 2.25 – Показники температури, солоності та біогенів у порівнянні з чисельністю та біомасою фітопланктону у 2021-2022 роках

Крім того, показники солоності морської води зменшились, а показники температури води зросли у 2023-2024 роках у порівнянні з 2022 роком.

Чисельність та біомаса фітопланктону після прориву дамби Каховської ГЕС теж зростає. Це обумовлено короточасним «зеленим припливом» влітку 2023 року, викликаним переважно дрібноклітинними зеленими та синьо-зеленими прісноводними водоростями та досить тривалим «червоним припливом» кінця літа – початку осені 2024 року, викликаного крупноклітинними динофітовими водоростями.

Найбільш помітним було зростання концентрації амміака під час прориву дамби та «зеленого припливу» у 2023 році та під час «червоного припливу» у 2024 році (рис. 2.26).

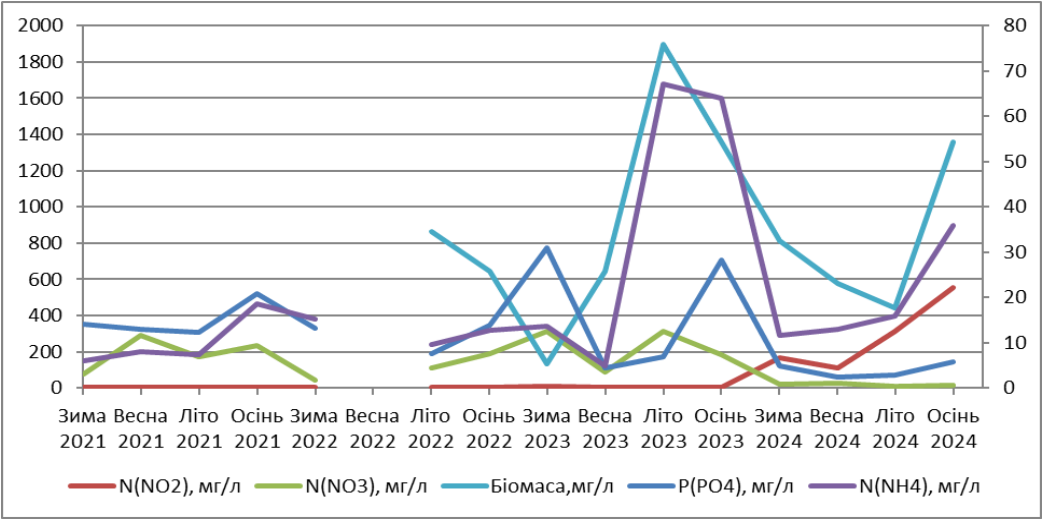


Рисунок 2.26 – Динаміка зміни біомаси фітопланктону та концентрації біогенів у 2021-2024 роках

Також помітно, що «цвітінням» передуює збільшення концентрації іонів фосфору (рис. 2.27, 2.28).

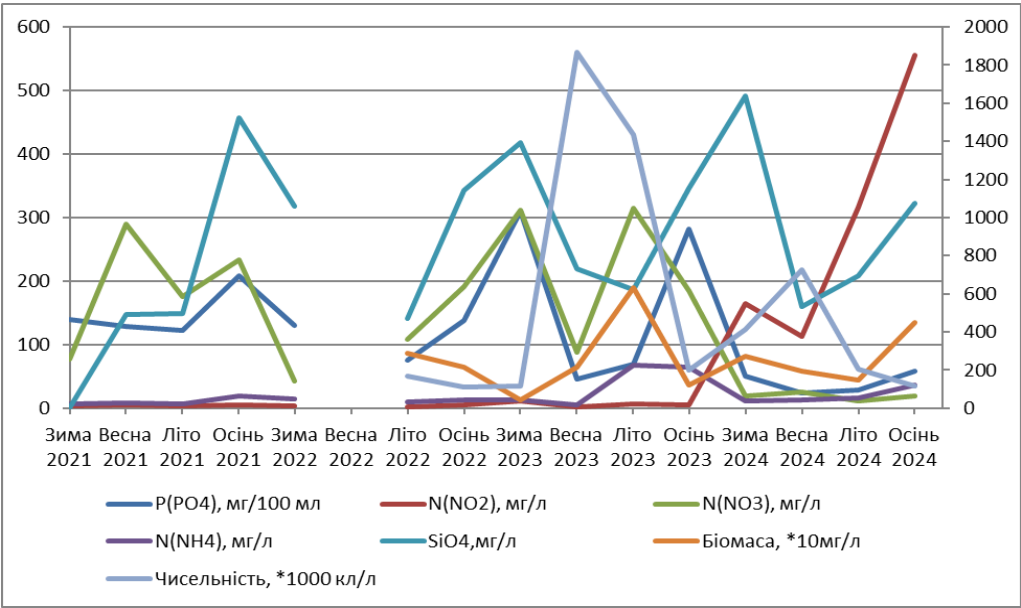


Рисунок 2.27 – Динаміка зміни чисельності та біомаси фітопланктону у 2021-2024 роках у співставленні з концентрацією біогенів

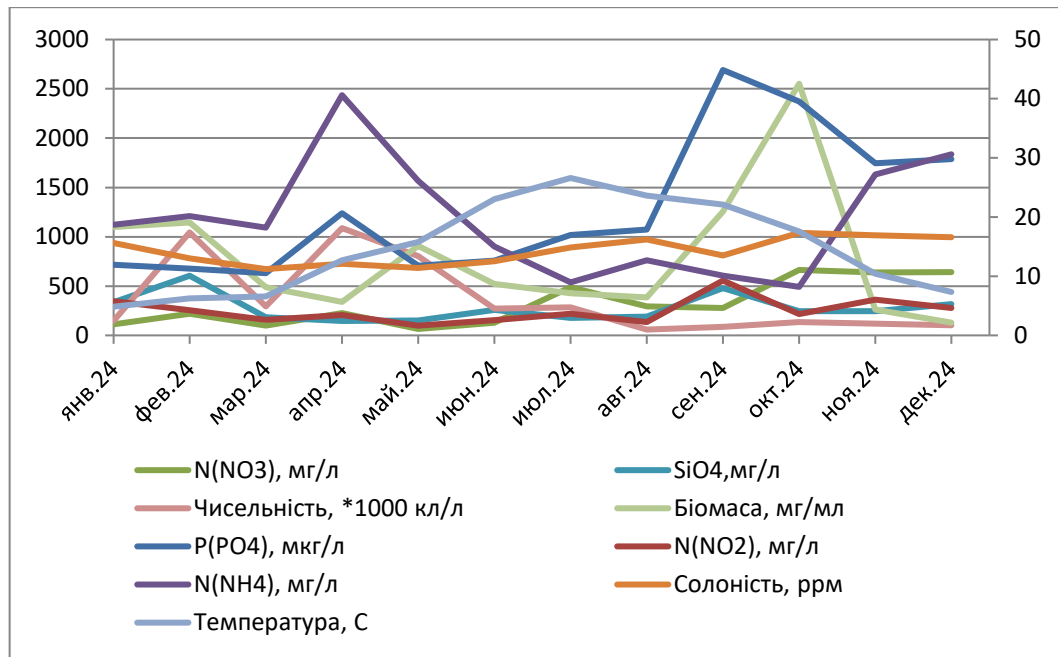


Рисунок 2.28 – Динаміка зміни чисельності та біомаси фітопланктону у 2024 році у порівнянні з динамікою зміни температури, солоності та концентрації біогенів

2.5 Оцінка екологічного стану прибережної зони Одеської затоки на основі значень концентрації хлорофілу *a*

Загальна кількість значень концентрацій хлорофілу, отриманих в 2022-2024 рр. – 145. В 2022 було відібрано і оброблено 27 зразків, в 2023 – 55 зразків, в 2024 – 63 зразки. Мінімальна кількість проб, відібраних в 2022 р. пов'язана з критичною ситуацією, викликаною повномасштабним вторгненням російської федерації і пов'язаними з цим обмеженнями доступу до морського узбережжя. Кількість вимірювань зростала щороку, що відображає активізацію моніторингу у 2023–2024 роках.

2.6 Аналіз сезонної мінливості концентрації пігментів в прибережній зоні м. Одеса в 2024 році

Середньосезонні значення концентрацій хлорофілу *a* в 2024 році варіювали від 1,64 мкг·л⁻¹ до 2,46 мкг·л⁻¹. Найбільші середньосезонні значення були зафіксовані навесні, найменші – восени. Середні значення концентрацій хлорофілу-*a* взимку та влітку становили відповідно 2,35 мкг·л⁻¹ та 1,81 мкг·л⁻¹.

Як мінімальні (0,42 мкг·л⁻¹, 17.01.2024), так і максимальні (5,80 мкг·л⁻¹, 14.02.2024) річні значення концентрацій хлорофілу *a* виявлено в зимовий період. В цілому, концентрації фотосинтетичних пігментів в 2024 році характеризувалися більш низькою, порівняно з іншими роками, мінливістю. За виключенням піку в лютому значення хлорофілу *a* протягом року не перевищували 4,5 мкг·л⁻¹ (рис. 2.29).

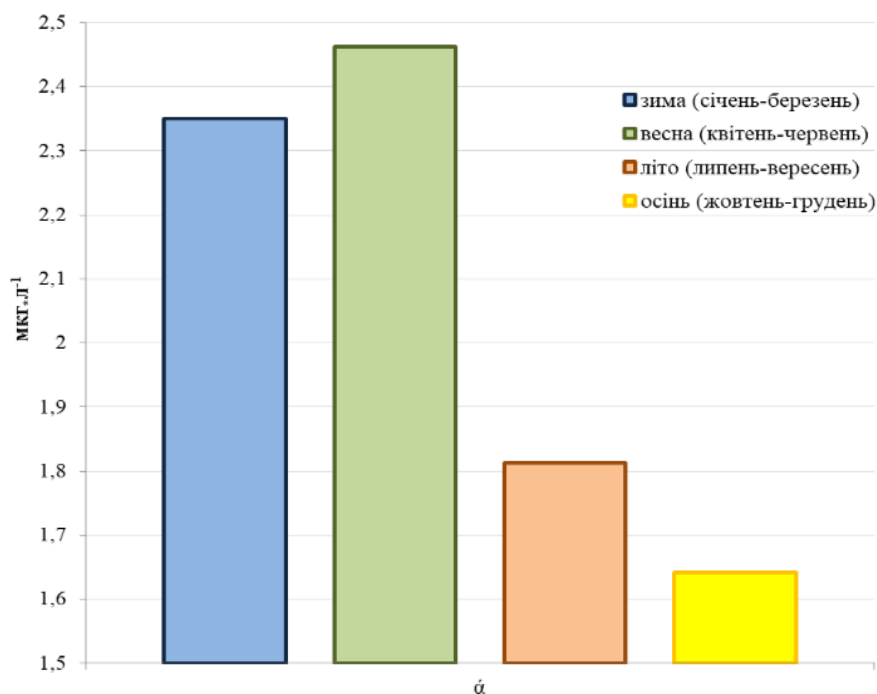


Рисунок 2.29 – Середньосезонні значення хлорофілу *a* в 2024 році
(мис Малий Фонтан)

2.7 Аналіз внутрішньорічної мінливості концентрацій пігментів в прибережній зоні м. Одеса в 2022-2024 роках

На рисунку 2.30 представлено динаміку концентрації хлорофілу *a* у прибережній зоні м. Одеса за період із початку 2022 року до квітня 2024 року. Зміни хлорофілу *a* як індикатора кількісного розвитку фітопланктону, відображають зміни екологічного стану водного середовища.

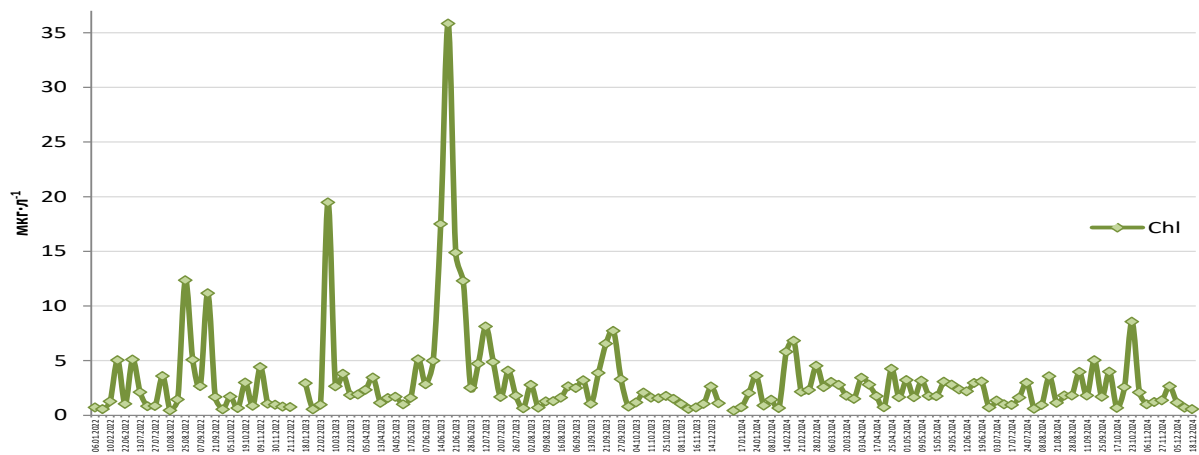


Рисунок 2.30 – Динаміка концентрації хлорофілу *a* в прибережній зоні міста Одеса в 2022-2024 роках

В цілому, ця динаміка свідчить про характерну для ПЗЧМ сезонну динаміку. Сплески концентрації хлорофілу *a* зазвичай спостерігалися у весняно-літній період, що пов'язано з активізацією фотосинтетичних процесів фітопланктону в умовах підвищеної температури та збільшення річкового стоку, насиченого біогенними речовинами. В інші сезони, особливо восени та взимку, рівні вмісту хлорофілу були стабільно низькими, переважно не перевищували 2-5 мкг·л⁻¹.

Кінець 2022 року характеризувався стабільними значеннями концентрації хлорофілу *a* з окремими коливаннями цього показника на рівні 2-7 мкг·л⁻¹. На

початку березня 2023 року спостерігався нетиповий сплеск (до $20 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$), можливо, зумовлений локальною евтрофікацією.

На початку червня 2023 року концентрація досягла максимуму, перевищивши $35 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, що є найвищим значенням за весь період, який аналізувався. Це аномальне підвищення було пов'язано з катастрофою на Каховській гідроелектростанції внаслідок підриву її російськими окупаційними військами.

У першому кварталі 2024 року концентрація хлорофілу *a* залишалася помірною без яскраво виражених піків. Це може свідчити про стабілізацію екосистеми ПЗЧМ після катастрофічних наслідків умов, пов'язаних з Каховською катастрофою.

2.8 Аналіз міжрічної мінливості концентрацій пігментів в прибережній зоні м. Одеса в 2022-2024 роках

Середнє значення хлорофілу *a* за період 2022-2024 рр. становило $3,02 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ (рис. 2.31).

Аналіз середньорічних значень цього показника демонструє пікове зростання у 2023 році на тлі більш стабільних значень у 2022 і 2024 роках, що відображає динамічність вплив бойових дій на екологічні процеси у прибережній зоні Одеси.

Середнє значення концентрацій хлорофілу *a* у 2022 році ($2,62 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) відображає помірний рівень розвитку фітопланктону і свідчить про відносно стабільну екологічну ситуацію (див. рис. 2.31).

Внаслідок підриву Каховської дамби і надходження в прибережну зону м. Одеси великої кількості біогенних речовин у 2023 році було виявлено найвище значення за період, який аналізувався ($4,02 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$).

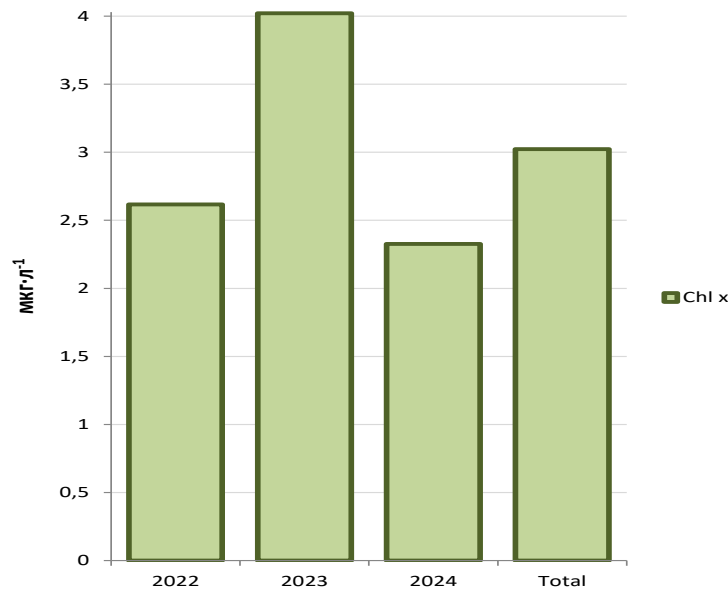


Рисунок 2.31 – Мінливість середніх концентрацій хлорофілу *a* в прибережній зоні міста Одеса в 2022-2024 роках

Це може бути пов'язане з піковим розвитком фітопланктону і «цвітінням» води, внаслідок надходження великої кількості біогенних речовин (див. рис. 2.31).

В 2024 році спостерігалось значне зниження середньодобового значення (до 2,33 мкг·л⁻¹), порівняно з попереднім роком, що може свідчити про ослаблення біологічної активності внаслідок змін гідрологічних чи екологічних умов.

Використання метода найменш значущої різниці за критерієм Фішера (LSD) що демонструє, що зниження значень хлорофілу *a* в 2024 році було статистично значущим на рівні довіри 95,0% (рис. 2.32, табл. 2.8).

Зростання концентрацій хлорофілу *a* в 2022-2023 роках, натомість, не було статистично значущим, що може бути пов'язано з обмеженою кількістю спостережень в 2022 році в зв'язку із заборонаю досліджень в прибережних акваторіях в цей період.

eans and 95,0 Percent LSD Intervals

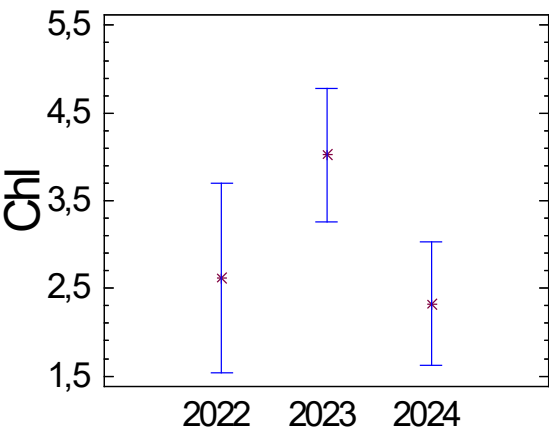


Рисунок 2.32 – Відмінності середньорічних значень хлорофілу *a* в прибережній зоні міста Одеса за 2022–2024 роках за критерієм Фішера (LSD)

Таблиця 2.8 – Оцінка міжрічних відмінностей середньорічних значень хлорофілу *a* в прибережній зоні міста Одеса в 2022–2024 роках за критерієм Фішера (LSD)

Роки	Відмінність	+/-Ліміти
2022-2023	-1,40461	1,86509
2022-2024	0,290582	1,82568
2023-2024	1,69519	1,46469

Аналіз стандартних статистичних показників концентрацій хлорофілу *a* у водах прибережної зони м. Одеса протягом 2022–2024 років підтверджує попередній аналіз (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Статистичні показники середньорічних концентрацій хлорофілу *a* в прибережній зоні міста Одеса в 2022–2024 роках

Рік	№ проб	Chl min	Chl x	Chl max	Дисперсія	Станд. відхил.	Діапазон	Станд. асимет.	Станд. ексцес
2022	27	0,45	2,62	12,35	9,23	3,04	11,90	4,74	5,22
2023	55	0,54	4,02	35,82	35,18	5,93	35,28	11,04	23,89
2024	63	0,42	2,33	8,56	2,41	1,55	8,14	5,27	6,20
Заг.	145	0,42	3,02	35,82	16,52	4,06	35,40	24,02	78,34

Найнижчу концентрацію хлорофілу *a* зафіксовано у 2024 році – 0,42 мкг·л⁻¹. Найвище значення (35,82 мкг·л⁻¹) спостерігалось у 2023 році.

Діапазон коливань у 2023 році становив 35,28 мкг·л⁻¹ – це значно перевищує аналогічні показники інших років і вказує на наявність екстремальних піків, які суттєво вплинули на загальну структуру розподілу.

Найбільші значення дисперсії (35,18) та стандартного відхилення (5,93) спостерігалися у 2023 році, що свідчить про найвищу мінливість концентрацій хлорофілу *a* в цей період. Найстабільнішими були показники 2024 року: дисперсія становила 2,41, а стандартне відхилення – 1,55, що вказує на рівномірний розподіл значень у межах року.

Позитивна асиметрія спостерігалась у всі роки дослідження, що свідчить про переважання невисоких значень із наявністю окремих пікових. Найвищу асиметрію зафіксовано у 2023 році (11,04), далі – 2024 (5,27) та 2022 (4,74). Загальна асиметрія за період – 24,02.

Стандартний ексцес, що відображає «гостровершинність» розподілу, був також найвищим у 2023 році – 23,89. Це вказує на концентрацію значень навколо середнього з наявністю кількох сильних викидів. У 2024 році цей показник становив 6,20, а в 2022 – 5,22. Сумарне значення за три роки – 78,34, що підтверджує наявність аномальних або екстремальних подій, переважно у 2023 році.

Таким чином, аналіз статистичних показників свідчить про виражену нестабільність екосистеми у 2023 році через значну мінливість, пікові значення та високі показники асиметрії й ексцесу. У 2024 році, навпаки, спостерігалась стабілізація показників, що може свідчити про нормалізацію екологічних умов у прибережній зоні.

2.9 Аналіз локальної мінливості концентрацій пігментів між станціями відбору Чорноморський яхт-клуб (С) та мис Малий Фонтан (F) в 2022-2024 роках

На ділянці С було здійснено 81 вимірювання, що свідчить про інтенсивніший моніторинг. Для станції F кількість вимірювань становила 64, у зв'язку з меншою доступністю цієї локації в певні періоди. В зв'язку з цим аналіз локальної просторової мінливості концентрацій хлорофілу *a* між двома станціями відбору проб у період 2022–2024 років має певні обмеження.

У 2022 році вміст хлорофілу *a* на станції С становив $2,74 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, що було помітно вищим за показник на станції F – $1,90 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. Це свідчить про вищу біологічну продуктивність в закритій і можливо більш евтрофованій акваторії яхт-клубу (рис. 2.33).

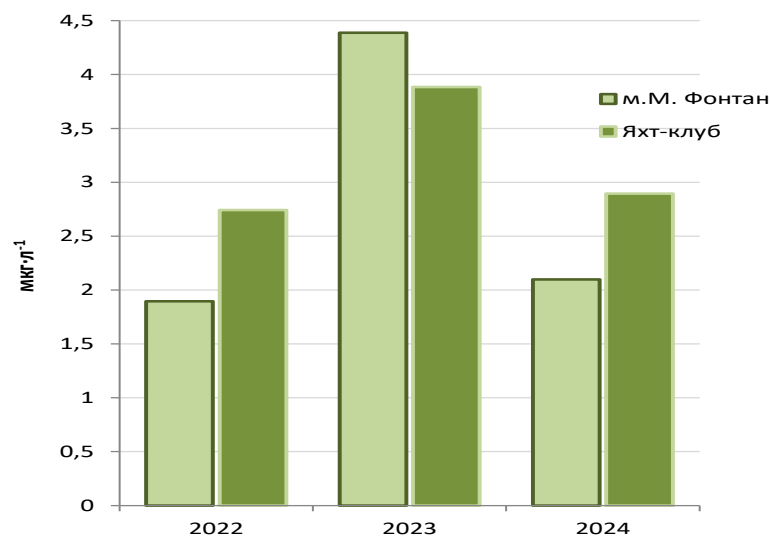


Рисунок 2.33 – Мінливість середніх концентрацій хлорофілу *a* в прибережній зоні міста Одеса для станцій відбору Чорноморський яхт-клуб та мис Малий Фонтан в 2022-2024 рр.

У 2023 році ситуація змінилася: найвищу концентрацію за весь період зафіксовано саме на станції F – $4,39 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, тоді як на станції С вона становила $3,88 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. Це є логічним і вказує на більший зовнішній вплив «цвітіння»,

викликаного Каховською катастрофою на більш відкриту акваторію мису Малий Фонтан у цей рік, в той час як більш закрита акваторія яхт клубу була під меншим зовнішнім впливом.

У 2024 році спостерігалось загальне зниження концентрацій хлорофілу *a* на обох станціях. На станції С значення становило $2,90 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, а на F – $2,10 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, що свідчить про стабілізацію екологічного стану в обох зонах, хоча рівень продуктивності в акваторії яхт-клубу був вищим.

Загалом, дані демонструють щорічну мінливість пігментного складу у воді, яка може бути зумовлена як гідрологічними чинниками, так і зовнішнім антропогенним навантаженням. Спостерігалася тенденція до вищих значень хлорофілу *a* на станції С, за винятком 2023 року.

Використання метода найменш значущої різниці за критерієм Фішера (LSD) продемонструвало, що різниця значень хлорофілу *a* для станцій відбору Чорноморський яхт-клуб (С) та мис Малий Фонтан (F) в 2022-2024 роках не було статистично значущим на рівні довіри 95,0% (рис. 2.34).

Means and 95,0 Percent LSD Intervals

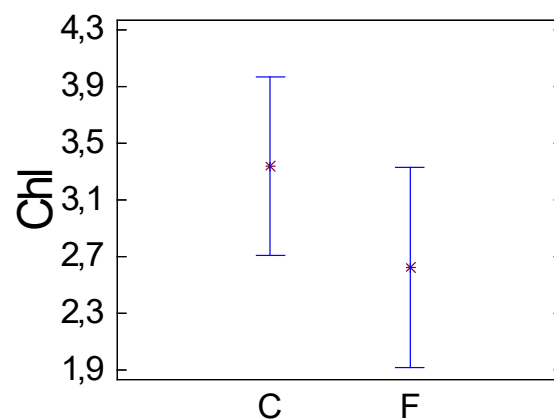


Рисунок 2.34 – Відмінності значень хлорофілу *a* для станцій Чорноморський яхт-клуб (С) та мис Малий Фонтан (F) в 2022-2024 роках за критерієм Фішера (LSD).

Виявлене в результаті цього аналізу значення ліміту (1,34316) значно перевищувало значення відмінності (0,718594).

Середній вміст хлорофілу на станції С становив $3,34 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, а на станції F – $2,62 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. Вищі середні концентрації на станції С можуть вказувати на більш евтрофний стан або підвищену біологічну продуктивність у цій частині акваторії пов'язаний з сповільненим водообміном на станції С порівняно з напіввідкритою акваторією станції F (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Статистичні показники середньорічних концентрацій хлорофілу *a* для станцій відбору Чорноморський яхт-клуб (С) та мис Малий Фонтан (F) в 2022-2024 роках

Рік	№ проб	Chl min	Chl x	Chl max	Дисперсія	Станд. відхил.	Діапазон	Станд. асимет.	Станд. ексцес
С	81	0,45	3,34	35,82	22,82	4,78	35,37	17,37	51,33
F	64	0,42	2,62	17,49	8,50	2,91	17,07	11,44	23,71
Заг.	145	0,42	3,02	35,82	16,52	4,06	35,40	24,02	78,34

На ділянці С зафіксовано вищу дисперсію (22,82) та стандартне відхилення (4,78), що свідчить про значну варіативність даних. Для ділянки F ці показники склали 8,50 та 2,91 відповідно, що вказує на більш стабільний характер змін (див. табл. 2.10).

Мінімальні значення хлорофілу *a* були подібними: $0,45 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ (С) та $0,42 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ (F). Однак максимальна концентрація на станції С ($35,82 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) майже вдвічі перевищує аналогічне значення на станції F ($17,49 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$), що свідчить про наявність екстремальних піків, пов'язаних із «цвітіннями» (див. табл. 2.10). Діапазон коливань на ділянці С становив 35,37, що майже вдвічі перевищує діапазон на ділянці F (17,07). Це вказує на менш стабільний екологічний стан ділянки С (див. табл. 2.10).

Позитивна асиметрія характерна для обох ділянок: 17,37 для С та 11,44 для F. Це свідчить про переважання низьких значень з окремими високими піками. Станція С має більш екстремальний профіль розподілу (див. табл. 2.10).

Розподіл значень хлорофілу *a* має гостровершинну форму з вираженими викидами: 51,33 для станції С і 23,71 для F. Такі значення підтверджують

наявність короткочасних, але інтенсивних підйомів концентрації, особливо виражених на ділянці С (див. табл. 2.10).

Порівняльний аналіз показує, що ділянка Чорноморського яхт-клубу (С) є більш динамічною за екологічними характеристиками, з вищим середнім рівнем хлорофілу *a*, більш широким діапазоном значень і вищою варіативністю. У той час як ділянка мису Малий Фонтан (F) характеризується нижчими концентраціями та є більш «екологічно стабільною». Обидві ділянки демонструють ознаки періодичних «цвітінь» фітопланктону, однак їх інтенсивність значно вища на ділянці С, що може вказувати на підвищену вразливість до антропогенних чи природних впливів.

2.10 Оцінка екологічного стану в прибережній зоні Одеської затоки у 2022-2024 роках на основі значень концентрації хлорофілу *a*

Для проведення оцінки була використана класифікація, розроблена для Болгарських та Румунських прибережних вод [48], та апробована в таких міжнародних проектах, як MISIS [49]. Шкалу представлено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Шкала категорій оцінки екологічного стану
за концентрацією хлорофілу *a* (мкг·л⁻¹)
для прибережного пелагічного середовища (WFD) [48]

Район	Відмінний	Добрий	Задовільний	Поганий	Дуже поганий
Прибережжя	<0.9	0.9-1.5	1.5-3.1	3.1-7.0	>7.0
Зона змішаних вод	<0.7	0.7-1.2	1.2-2.5	2.5-5.5	>5.5
EQR	1-0.80	0.80-0.63	0.63-0.43	0.43-0.23	0.23-0.0

Ця шкала була розроблена відповідно до вимог WFD і розрізняє п'ять категорій оцінки екологічного стану (відмінний – синій; добрий – зелений; задовільний – жовтий; поганий – помаранчевий; дуже поганий – червоний).

Відповідно до сучасних вимог MSFD виділяється лише дві категорії оцінки статусу: «добрий екологічний стан» (GES; синій); і «недобрий екологічний стан» (Not-GES, червоний).

Оцінка екологічного стану в прибережній зоні Одеського морського регіону на підставі середньосезонних значень концентрації хлорофілу *a* виявила статус «Задовільний» протягом всіх чотирьох сезонів 2024 року (табл. 2.12).

Таблиця 2.12 – Оцінка екологічного стану на основі середньосезонних значень концентрації хлорофілу *a* (мкг·л⁻¹) в прибережній зоні міста Одеса в 2022-2024 роках

сезон	2022 р.	2023 р.	2024 р.
зима	1,50	1,63	2,35
весна	-	3,67	2,46
літо	3,08	7,20	1,81
осінь	2,81	2,37	1,64

При порівнянні з аналогічними показниками 2022 року це свідчить про відносне покращення екологічного стану в 2024 році (див. табл. 2.12).

2.11 Біорізноманіття та кількісні показники зоопланктону ПЗЧМ

При описі груп зоопланктону для зручності були використані традиційні назви (напр. Cladocera) замість більш сучасних (напр. Anomopoda).

Зоопланктонні організми є однією з важливіших складових у харчовому ланцюгу будь-якої водойми, з одного боку вони переробляють фіто- та бактеріопланктон, з іншого самі виступають в якості об'єктів харчування для молоді риб, дорослих риб-планктофагів, а також низки видів бентосних безхребетних і морських желетілих. Крім того, деякі прикріплені та донні безхребетні мають у своєму розвитку личиночні стадії, які ведуть пелагічний

спосіб життя. Ця частина зоопланктонного угруповання – меропланктон, хоч і є тимчасовим компонентом, проте складає значний відсоток, як за чисельністю, так і по біомасі, а також значно підвищує видове різноманіття. Умови розвитку і біологічні процеси в групі меропланктонних організмів є одними з визначних і лімітуючих факторів у розвитку бентосних, перифітонних та нектонних угруповань. Крім того, організми зоопланктону є достатньо чутливими до змін стану навколишнього середовища, а через те, що їхнє життя має певний проміжок часу, зоопланктон здатен відображати зміни у гідролого-гідрохімічному стані водойми в середньостроковій перспективі. Ця здатність доповнює оцінку екологічного стану разом з короткоциклічним фітопланктоном, який відображає миттєві зміни, та довгоциклічним макробентосом, що має велику інерцію та повільно змінюється.

Протягом 2022 – 2024 років в ОМР було ідентифіковано 76 таксонів рангів виду та вищих морського, солонуватоводного та прісноводного комплексів. Найбільша кількість видів (71 представник) була відмічена у 2023 році, коли через підлив дамби Каховського водосховища відбувся швидкий приплив прісної води з Дніпра і біля берегів Одещини реєструвалися річні види, які раніше не зустрічалися в цьому ареалі. В той же час були відмічені найвищі за три роки показники чисельності й біомаси зоопланктону. Динаміка кількісних показників чисельності і біомаси показана на рисунках 2.35 та 2.36.

Основу різноманіття зоопланктону складали веслоногі ракоподібні (29 таксонів), до яких відносяться ряди Calanoida (9 таксонів), Cyclopoida (6 таксонів) та Harpacticoida (14 таксонів). Але, здебільшого, це були одиничні знахідки немасових видів, постійно були присутні ракоподібні з родів *Acartia* Dana, 1846 та *Oithona* Baird, 1843, які формували загальну чисельність і біомасу в групі. Коловертки налічували 13 таксонів у своєму складі, постійно зустрічалися тільки види з роду *Synchaeta*: *S. baltica* Ehrenberg, 1834 та *S. vorax* Rousselet, 1902 (регулярна присутність з 2023 року), інші були присутні сезонно або принесені з дніпровською водою.

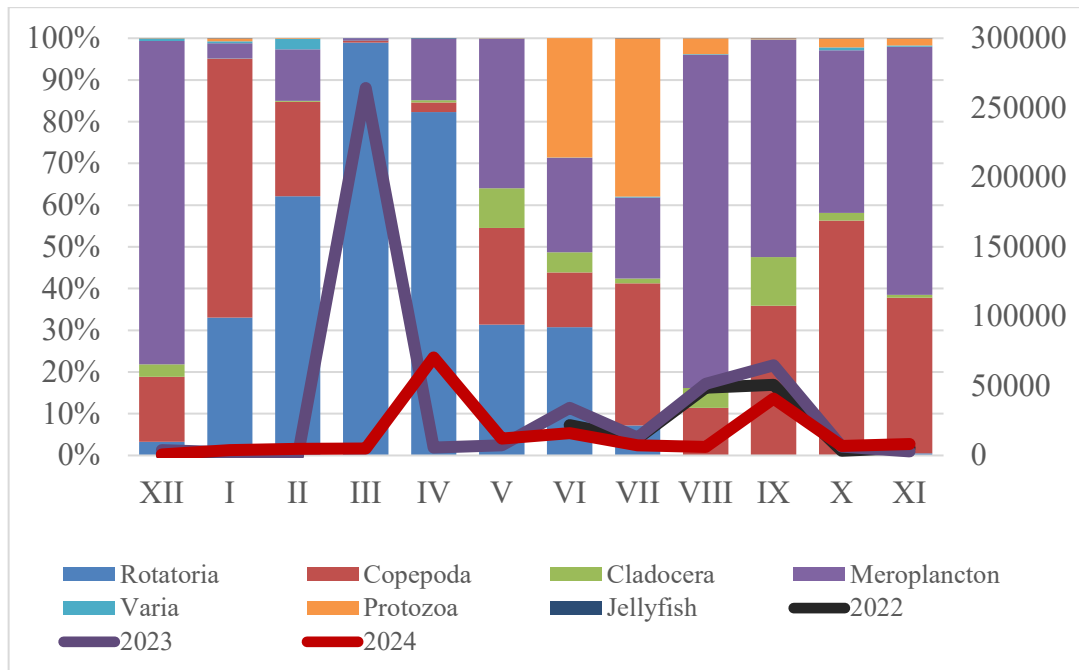


Рисунок 2.35 – Річний хід чисельності мезозoopланктону та частка окремих груп в загальній чисельності протягом 2022-2024 років

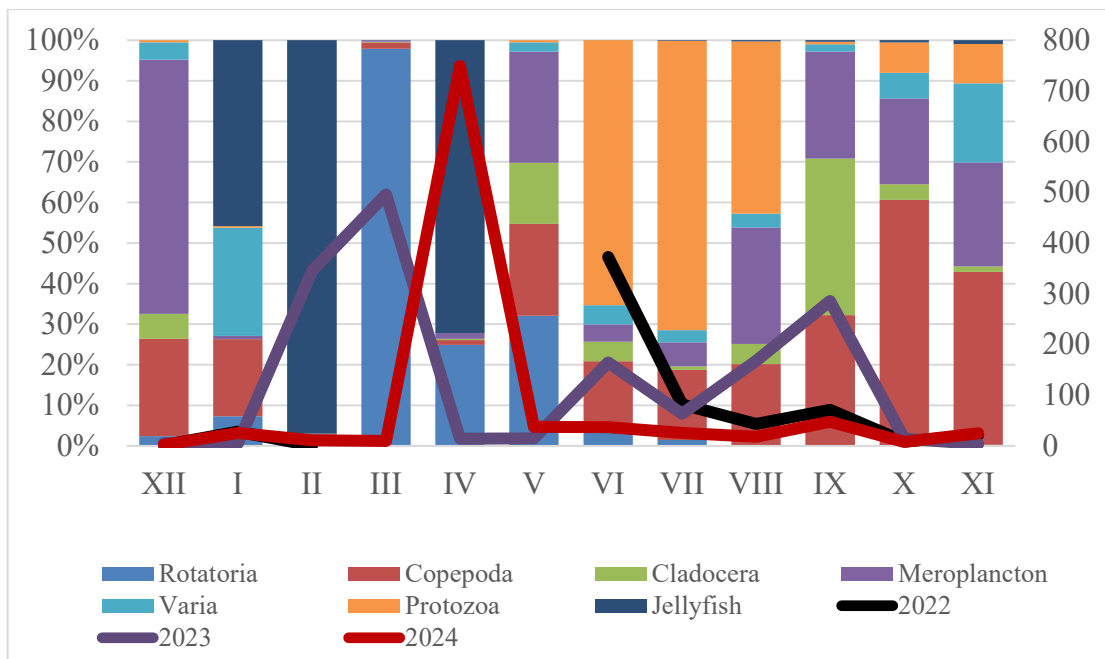


Рисунок 2.36 – Річний хід біомаси мезозoopланктону та частка окремих груп у загальній біомасі протягом 2022-2024 років

Також було відмічено по 10 представників меропланктону (впродовж року постійно були присутні в пробах личинки вусоногих раків, молюсків, червів) та інших, 7 видів гіллястовусих ракоподібних (частіше за інших зустрічався вид

Pleopis polyphemoides (Leuckart, 1859), 5 таксонів желетілих і 2 таксони найпростіших (*Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy, 1921 та *Tintinnina* Kofoid & Campbell, 1929 sp.). Таксономічний склад мезозоопланктону у прибережній зоні ОМР по роках можна побачити на рисунку 2.37.

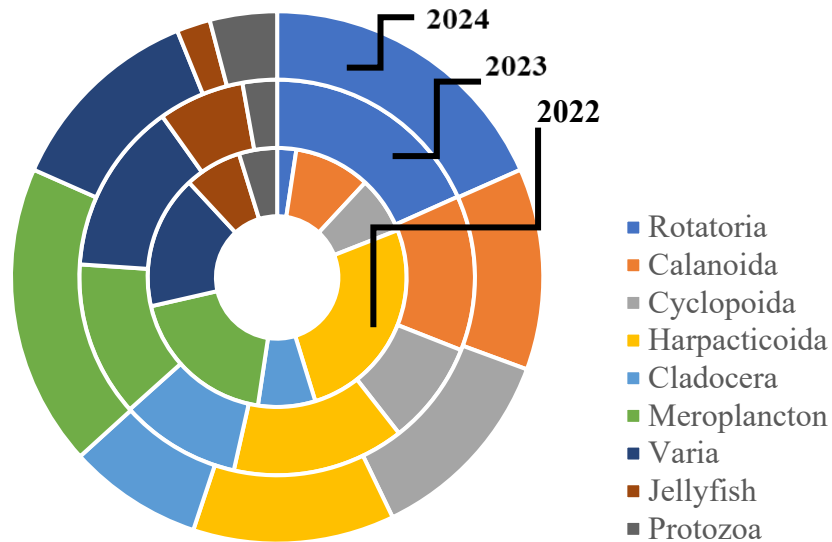


Рисунок 2.37 – Таксономічний склад мезозоопланктону у прибережній зоні ОМР по роках

Список зареєстрованих таксонів зоопланктону наведений у Додатку Б, таблиця Б.1.

Треба відмітити, що більшість коловерток і значна частина кладоцер та копепод реєструвалися тільки в 2023 році після підриву греблі Каховської ГЕС, тоді як склад представників найпростіших, інших та меропланктону є майже незмінним. Максимальна кількість прісноводних видів була присутня в ОМР влітку 2023 року у червні-липні, але з підйомом солоності, їхня чисельність знизилась до поодиноких особин, набувши до кінця року звичайних сезонних показників. На початку 2024 року річкові види ще реєструвалися, хоч у невеликій кількості, проте досить регулярно, вже з літа наявність їх у пробах була обумовлена природними гідрологічними явищами: течії, хвилювання, апвелінг тощо.

До середини 2023 року, через мінну небезпеку та закриті пляжі, ми мали можливість вести спостереження тільки в акваторії яхт-клубу, яка має підвищене антропогене навантаження й обмежений водообмін з відкритим морем, що призводить до деяких відхилень у якісних і кількісних характеристиках біоти, що підкреслює важливість саме цілорічних спостережень на різних типах вод для розуміння акваторії в цілому.

Трофічний зоопланктон, який складався з представників груп Copepoda, Cladocera, Rotatoria, меропланктону та інших, формував чисельні показники мезозоопланктону, домінування за чисельністю відмічено в різних групах в залежності від сезону. На початку весни відбувався масовий розвиток коловороток, наприкінці весни та на початку осені після нересту донних безхребетних спостерігалось багато пелагічних личинок молюсків та *Cirripedia* Burmeister, 1834, влітку найчастіше зустрічалися веслоногі ракоподібні роду *Acartia* Dana, 1846, зі зниженням температури води домінування переходило до холодолюбних видів (*Paracalanus parvus* (Claus, 1863), циклопів з роду *Oithona* Baird, 1843, личинок поліхет і баянусів). Річний хід чисельності мезозоопланктону та частка окремих груп в загальній чисельності протягом 2022-2024 років зображені на рисунку 2.35.

Нетрофічний зоопланктон, який домінував в угрупованні за біомасою, складався в основному з представників желетілих *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758), *Pleurobrachia* sp. Fleming, 1822, реброплавів, та гетеротрофної динофлагелляти *N. scintillans*. Треба відмітити, що в 2024 році в прибережній зоні ОМР масового розвитку ноктилюки не спостерігалось. За систематикою *N. scintillans* належить до дінофітових водоростей, хоча за розмірами і гетеротрофним харчуванням екологічно ближче до мезозоопланктону. До того ж вважається, що вона швидко реагує на зміни у навколишньому середовищі, що дозволяє використовувати цей вид як індикатор стану водойм. Однак протягом останніх років масова частка *N. scintillans* у біомасі мезозоопланктону залишається невисокою та має тенденцію до зниження. Це може свідчити як про поліпшення екологічного стану водойми, так і про те, що в деяких ситуаціях ми не можемо використовувати

ноктилюку як індикаторний організм. Наприклад при руйнуванні Каховської ГЕС за хімічними показниками відмічалось забруднення, але, внаслідок зниження солоності, масового розвитку *N. scintillans* не відбувалося.

Загалом, середньорічні показники чисельності були найвищими у 2023 році – 80587 екз. $\cdot \text{м}^{-3}$, у 2022 та 2024 роках чисельність була майже на одному рівні: 14420 екз. $\cdot \text{м}^{-3}$ та 15199 екз. $\cdot \text{м}^{-3}$. Мінімальна чисельність (34 екз. $\cdot \text{м}^{-3}$) була зареєстрована у січні 2024 року, максимальна (1358443 екз. $\cdot \text{м}^{-3}$) у липні 2023 року. Біомаса коливалася від 0,104 мг $\cdot \text{м}^{-3}$ (грудень 2024 року) до 4940,893 мг $\cdot \text{м}^{-3}$ (липень 2023 року). Середньорічна біомаса була найвища у 2023 році – 304,208 мг $\cdot \text{м}^{-3}$, найнижча – у 2022 році (48,207 мг $\cdot \text{м}^{-3}$). Це пояснюється тим, що у 2022 році не проводилися дослідження мезозoopланктону навесні, коли йде масовий розвиток коловороток і кількісні показники, зазвичай, високі. Проте 2023 рік характеризувався високими чисельністю та біомасою, що сталося за рахунок прісноводних видів, винесених з Дніпра після руйнування Каховської греблі. Тобто, такий стан моря не є типовим для ОМР. Середні показники чисельності та біомаси по групах наведені Додатку Б, таблиця Б.2, склад мезозoopланктону по групах показано на рисунку 2.38.

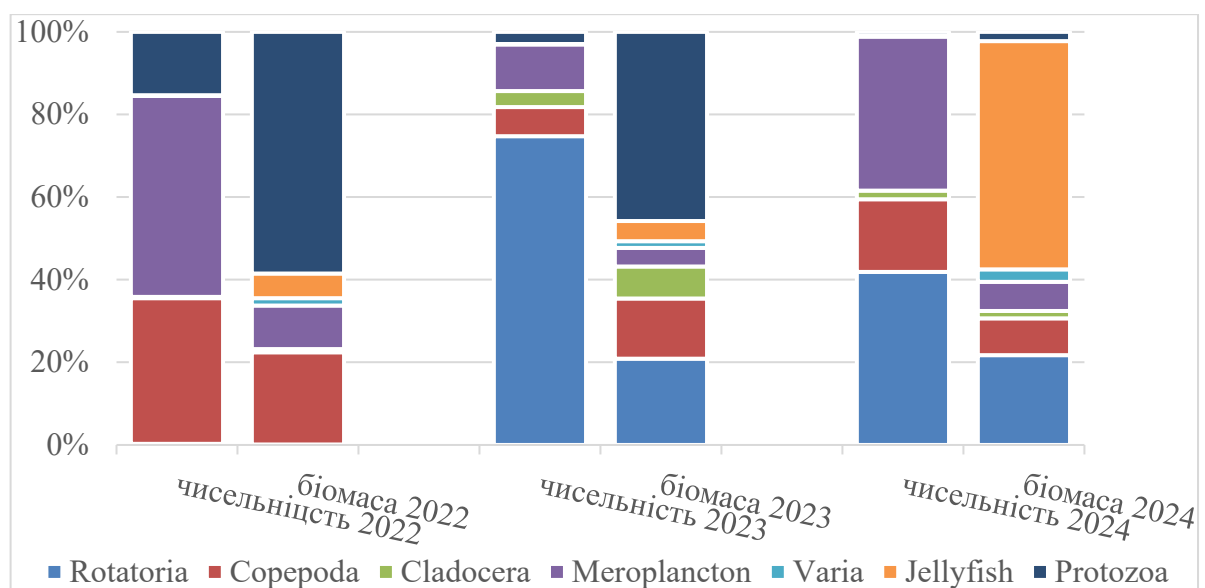


Рисунок 2.38 – Внесок різних груп зоопланктону в середньорічні показники чисельності та біомаси у прибережній зоні ОМР по роках

Взимку зазвичай відбувається зниження чисельності та біомаси зоопланктону, кількісні показники формуються представниками меропланктону, холоднолюбних копепод, однак може відмічатися короткочасне підвищення біомаси за рахунок розвитку желетілих, найпростіших чи відносно великих за розміром щетинкощелепних. Найчастіше в пробах зустрічалися копеподи родів *Acartia* Dana, 1846, *Oithona* Baird, 1843 та *P. parvus* (Claus, 1863), коловертки роду *Synchaeta* Ehrenberg, 1832, личинки червів, молюсків, вусоногих раків. За досліджуваний період середня чисельність зоопланктону взимку коливалася від 334 екз. $\cdot \text{м}^{-3}$ (2022 р.) до 3150 екз. $\cdot \text{м}^{-3}$ (2024 р.), домінували холодолюбні копеподи та представники меропланктону. Біомаса могла мати значні коливання, але підвищення відбувалися за рахунок желетілих, які не відносяться до цінного в харчовому відношенні зоопланктону. Взимку 2023 року біомаса була найвищою – 118,408 мг $\cdot \text{м}^{-3}$, ці показники були сформовані поодинокими особинами молоді медуз. Зазвичай харчова частина зоопланктону налічує в середньому до 5-10 мг $\cdot \text{м}^{-3}$, в окремих випадках до 25 мг $\cdot \text{м}^{-3}$ за рахунок покривників. Середня біомаса взимку за період 2022-2024 років складала 47,154 мг $\cdot \text{м}^{-3}$, харчова складова – 12,16 %, що знаходиться на рівні останніх років.

Навесні з початком прогріву води (близько 7°C) починається традиційний масовий розвиток коловерток, у березні-квітні їх чисельність і біомаса найвищі за рік, а відсоток у загальному зоопланктоні може сягати 99%. В дослідженій акваторії домінував вид *Synchaeta baltica* Ehrenberg, 1834, інші коловертки зустрічаються у значно меншій кількості або відмічаються періодично під час течій з боку Дніпро-Бузького лиману, коли приносило з водою прісноводні та полігалобні види. Крім коловерток, навесні в пробах були відмічені веслоногі та гіллястовусі ракоподібні, представники меропланктону та інші, але ніхто з них не мав значного розвитку в першій половині сезону. Наприкінці весни починається розмноження макробентосних організмів, тому в другій половині травня – на початку червня в планктоні зростала кількість пелагічних личинок донних безхребетних: баянуса, черевоногих та двостулкових молюсків. На

жаль, у 2022 році не було можливості проводити дослідження, тому ми маємо дані за весну тільки за два роки. Середня чисельність за весну в 2023 році дорівнювала $92\,344 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$, біомаса – $174,869 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, масовий розвиток коловерток фіксувався у березні, в 2024 році чисельність навесні була $29\,169 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ за біомасою $265,641 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, пік розвитку коловерток відмічався в квітні.

Влітку реєструють розвиток різних груп зоопланктону, які формують кількісні показники, зміна домінуючих видів може відбуватися достатньо швидко в залежності від температурного режиму. Частіше за все максимальні показники за сезон мали веслоногі ракоподібні, а саме каляноїди роду *Acartia* Dana, 1846, які й домінували в загальному зоопланктоні. Крім них, в достатній кількості були присутні гіллястовусі раки, представники меропланктону, коловертки. Також влітку та на початку осені може відмічатися розвиток дінофлагеляти *N. scintillans*, яка є індикатором евтрофікації в Чорному морі та відноситься до нехарчових об'єктів. Молодь копепод і меропланктон мають дрібні розміри, тому, навіть при значній щільності, поступають більш великим дінофлагелятам за біомасою. Загальна середня чисельність зоопланктону за 2022-2024 роках була $23433 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$, біомаса – $108,174 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, максимальні показники чисельності – $1,36 \text{ млн. екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ (домінували коловертки) і біомаси – $4940,893 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (домінувала *N. scintillans*) були відмічені у липні 2023 р.

Восени показники чисельності і біомаси можуть бути сформовані за рахунок веслоногих ракоподібних з родів *Acartia* Dana, 1846, *Oithona* Baird, 1843 та *P. parvus* (Claus, 1863) або меропланктону в залежності від температурного режиму, але значного розвитку не було відмічено у жодній групі. Середні кількісні показники за звітний період складали $21091 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ та $53,999 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Значення індексу різноманіття по Шеннону у 2022 році коливалося від $0,28 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$ (липень) до $2,87 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$ (листопад), середнє за рік $1,855 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$. У 2023 році максимальне значення відмічалось у липні – $3,033 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$, мінімальне у листопаді – $0,220 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$, середнє за рік – $1,735 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$. У 2024 році мінімальний і максимальний індекс Шеннона був

відмічений у січні – $0,828 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$ та $2,967 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$ відповідно, середнє значення за рік – $1,976 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$. Річний хід індексу Шеннону протягом 2022-2024 років відображено на рисунку 2.39.

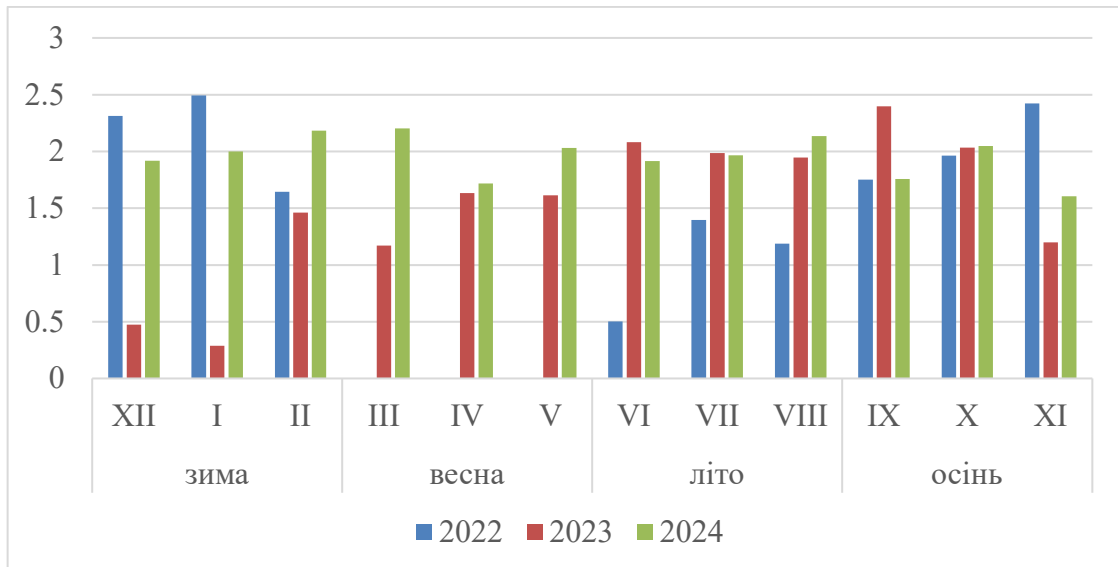


Рисунок 2.39 – Річний хід індексу Шеннону (за чисельністю) протягом 2022-2024 років

2.12 Оцінка екологічного стану акваторії ОМР за кількісними показниками мезозoopланктону

В рамках міжнародного проекту EMBLAS [50] були запропоновані індикатори для оцінки якості морського середовища за кількісними показниками мезозoopланктону - загальної біомаси, видовому різноманіттю за індексом Шеннону, а також частки у загальній біомасі желетілих організмів, веслоногих раків *Copepoda* та гетеротрофної дінофлагеляти *N. scintillans*. Пізніше на базі цих індикаторів був розроблений інтегральний зоопланктонний індекс IZI для оцінки стану акваторії за кількісними показниками зоопланктону, рекомендований постановою Кабінету міністрів про моніторинг вод [51].

Цільові значення індексу IZI для району досліджень представлені у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Цільові значення індексу IZI для прибережної зони ПЗЧМ за показниками зоопланктону

ES	EEI range			
	IZI			
	Весна	Літо	Осінь	Зима
Відмінний	> 0.900	> 0.215	> 0.871	> 0.837
Добрий	0.900 – 0.883	0.215 – 0.167	0.871 – 0.849	0.837 – 0.804
Задовільний	0.882 – 0.863	0.166 – 0.094	0.848 – 0.841	0.803 – 0.789
Поганий	0.862 – 0.789	0.093 – 0.054	0.840 – 0.827	0.788 – 0.651
Дуже поганий	< 0.789	< 0.054	< 0.827	< 0.651

Протягом 2022 року індекс варіював від 0,002 у липні, коли спостерігався розвиток *N. scintillans*, до 0,58 у лютому, та склав у середньому за рік 0,26. У 2023 році індекс змінювався від 0,125 у липні до 0,638 у листопаді та склав у середньому за рік 0,399. У 2024 році показник варіював від 0,004 у липні до 0,504 у серпні, середній за рік – 0,219. Сезонний хід індексу по рокам та оцінку стану акваторії можна побачити в таблиці 2.14 та на рисунку 2.40.

Таблиця 2.14 – Значення індексу IZI в ОМР по сезонах 2022-2024 років

Рік	Весна	Літо	Осень	Зима
2022		0,097	0,376	0,283
2023	0,452	0,317	0,501	0,342
2024	0,191	0,253	0,209	0,226

Таким чином, за три розглянуті роки найнижче різноманіття було продемонстроване у 2022 році – 42 таксони, найвище було у 2023 році – 71 таксон. Максимальні показники чисельності та біомаси реєструвалися у 2023 році після розливу Каховського водосховища, мінімальні були взимку 2024 року.

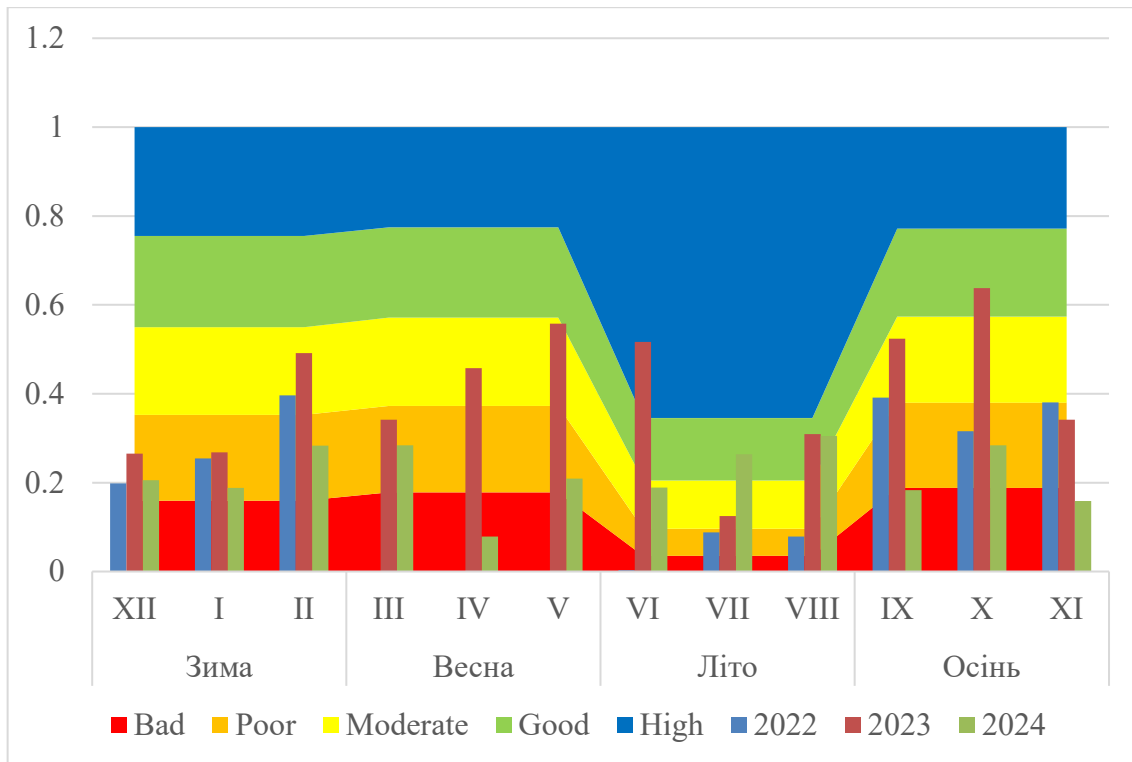


Рисунок 2.40 – Річний хід індексу IZI з оцінкою стану акваторії прибережної зони ОМР

Показники екологічного стану майже весь рік знаходяться на позначці «поганий стан», крім літа, коли стан вважається «добрим» (2023 та 2024 роки) або «задовільним», як у 2022 році, це може бути пов'язано з необхідністю доповнення методики оцінки, враховуючи особливості прибережних та розпріснених естуарних районів. Загалом, екологічний стан акваторії за 2022-2024 роки можна охарактеризувати як «поганий».

Для більш точного оцінювання необхідно продовжувати спостереження на подальші роки для порівняння даних у довготривалій перспективі.

3 СТАН БЕНТОСНОГО УГРУПОВАННЯ

3.1 Біорізноманіття та екологічний стан макрозообентосу в 2024 році

Стан здоров'я навколишнього середовища за показниками макрозообентосу вимірювався за допомогою індексів, встановлених MSFD – AZTI Marine Biotic Index та m-AMBI [52]. Критерії для оцінки бентосних біоценозів представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Загальні шкали для проведення оцінки макрозообентосу у Чорному морі [53]

Індекс	Стан морського середовища				
	ДЕС		Не-ДЕС		
	Відмінний	Добрий	Задовільний	Поганий	Дуже поганий
(Н) для м'яких ґрунтів, біт*екз. ⁻¹	≥ 3,3	2,5-3,3	1,8-2,5	1,1-1,8	<1,1
(Н) для піщаних і змішаних ґрунтів, біт*екз. ⁻¹	≥ 4	3,1-4	2,2-3,1	1,3-2,2	<1,3
AMBI	0,2-1,2	1,2-3,3	3,3-4,3	4,3-5,5	5,5-7,0
m-AMBI	≥ 0,85	0,55-0,85	0,39-0,55	0,2-0,39	<0,2

Критичні значення показників для Чорного моря були взяті з технічного звіту щодо інтеркалібрації за критеріями Водної Рамкової Директиви в частині 3 [53]. Для розрахунку AMBI і m-AMBI використано безкоштовне програмне забезпечення, [54], Шеннона (H') log2, агрегування – Biodiversity PRO [55].

Для оцінки стану угруповань макрозообентосу використовують наступні індекси: Шеннона (H), AMBI¹, m-AMBI² та m-AMBI(n)³ (табл. 3.2). Для ПЗЧМ

¹ AMBI – AZTI (Іспанський інститут морських досліджень) Marine Biotic Index (морський біотичний індекс);

² М-AMBI - мультиметричний AMBI (див. виноску вище).

³ М-AMBI * (n) - це модифікація методу М-AMBI, з можливістю розраїткі критерію під конктение типи оселищ, а не акваторію в загалом [52].

Таблиця 3.2 – Критерії до розподілу тварин макрозообентосу
за екологічними групами

Групи	Розподіл за залежністю від чутливості до зовнішнього впливу
I	Тварини, що чутливі до впливу (первинний стан)
II	Тварини, що байдужі до порушень, присутні у невеликій кількості незначний дисбаланс)
III	Тварини, що толерантні до органічного забруднення, але підходять до нормальних умов (деяка невірноваженість ситуації))
IV	Другого порядку «умовно патогенні» тварини (від слабкої до вираженої несиметричної ситуації))
V	Першого порядку «умовно патогенні» тварини (виражена незбалансована ситуація))

Для ПЗЧМ були розроблені порогові значення індексів AMBI, H, m-AMBI * (n) для визначення доброго екологічного стану для найбільш розповсюджених донних угруповань на основних типах ґрунтів (табл. 3.3).

Таблиця 1.3 – Порогові значення ДЕС, визначені для прибережних
та шельфових середовищ існування в українському
секторі Чорного моря

Екологічний стан	Співвідношення екологічної якості	AMBI	H, біт*екз. ⁻¹	S	m-AMBI*(n)
1	2	3	4	5	6
В інфраліторальних дрібних і середніх пісках, в яких переважає <i>Chamelea gallina</i>					
Референтні значення	1.00	1.19	2.97	27	0.82
ДЕС	0.68	2.60	2.50	17	0.61
Інфраліторальні дрібні та середні піски, в яких переважає <i>Lentidium mediterraneum</i>					
Референтні значення	1.00	1.70	2.94	17	0.81
ДЕС	0.68	2.12	2.20	12	0.60
Морський циркуліторальний мул з <i>Modiolula phaseolina</i>					
Референтні значення	1.00	0.85	2.00	12	0.85
ДЕС	0.68	1.50	1.00	9	0.61

Кінець таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
Циркаліторальна грязь з біогенним рифом <i>Mytilus galloprovincialis</i> та різноманітною фауною					
Референтні значення	1.00	0.23	3.78	44	0.90
ДЕС	0.68	2.8	2.38	16	0.61
Циркаліторальна грязь та змішаний субстрат з <i>Mytilus galloprovincialis</i>					
Референтні значення	1.00	1.75	3.34	35	0.88
ДЕС	0.68	2.52	2.20	12	0.61
Циркаліторальний змішаний осад, мілководна циркулітораль (20-40м) піщаний мул / мул з <i>Abra</i> spp., <i>Cardiidae</i> , <i>Nephtys hombergii</i> , <i>Heteromastus filiformis</i>					
Референтні значення	1.00	1.56	3.13	27	0.85
ДЕС	0.68	3.20	2.50	12	0.62
Інфраліторальний мул (7-18 м) з <i>Mya arenaria</i> , <i>Anadara kagoshimensis</i>					
Референтні значення	1.00	1.85	3.00	11	0.84
ДЕС	0.68	2.70	1.34	5	0.62
Циркаліторальний та інфраліторальний мул із <i>Polychaeta varia</i>					
Референтні значення	1.00	1.60	2.50	13	0.79
ДЕС	0.68	3.20	1.30	7	0.57
Циркаліторально-теригенний мул з <i>Melinna palmata</i>					
Референтні значення	1.00	0.78	3.59	23	0.74
ДЕС	0.68	2.70	1.34	5	0.55
Середньоліторальна (0-0,5 м) порода, заросла мітілідами (<i>Mytilaster lineatus</i> та <i>Mytilus galloprovincialis</i>)					
Референтні значення	1.00	2.20	3.50	25	0.82
ДЕС	0.68	2.80	2.60	10	0.62

Проби відбирали рамкою 0,01 м² з чотирьох субстратів – штучного твердого субстрату (хвилеріз), мулу та піску в урізі води в акваторії біля яхт-клубу, пляжів «Дельфін» та «Аркадія». Для відбору використовувалася стандартна рамка 10×10 см для кожної проби у 1-2 повторностях. Кожна проба охоплювала 0,01-0,02 м² поверхні дна. У кількісних пробах макрозообентосу узбережжя ОМР (досліджувані глибини від 0,5 м до 3 м) у 2024 році було

zareestrovano 12 vidiv. Najbilysh vahomu rol' y formuvanni yakisnogo skladu makrozoobentosu vidigrajut' Annelida – 3 vidi, Mollusca – 3 vidi, Crustacea – 2, Insecta – 1, Nematoda – 1, Bryozoa – 1, Nemertea – 1. Maksymal'nu zustrichal'nist' mali taki vidi: *Capitella capitata* (Fabricius, 1780), *Ampelisca diadema* (Costa, 1853), Nematoda gen. sp. (tabl. 3.4).

Таблиця 3.4 – Порогові значення ДЕС, визначені для прибережних та шельфових середовищ існування в українському секторі Чорного моря

Тип	Вид	%
Annelida	<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	53 %
Arthropoda	<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)	47 %
Mollusca	<i>Abra nitida</i> (O. F. Müller, 1776)	33 %
Mollusca	<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	33 %
Annelida	<i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776)	27 %
Annelida	<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	27 %
Arthropoda	<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	27 %
Nematoda	Nematods gen. sp.	23 %
Arthropoda	Orthocladinae gen.sp.	20 %
Nemertea	Nemertea	13 %
Bryozoa	Bryozoa	13 %
Mollusca	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789)	7 %

У 2024 році макрозообентос прибережної зони ПЗЧМ мав низьку видову різноманітність – 3-4 види на пробу. Максимальна та мінімальна кількість видів становила 8 і 1 відповідно на піщаному субстраті. Однаковий видовий склад спостерігався на різних субстратах (пісок, черепашник) у різні пори року. Низька кількість видів у пробах (індекс Шеннона варіював від 0 біт • екз⁻¹ до 1,9 біт • екз⁻¹) не дає можливості коректно розраховувати й інтерпретувати дані індексів оцінки якості середовища – AMBI і mAMBI.

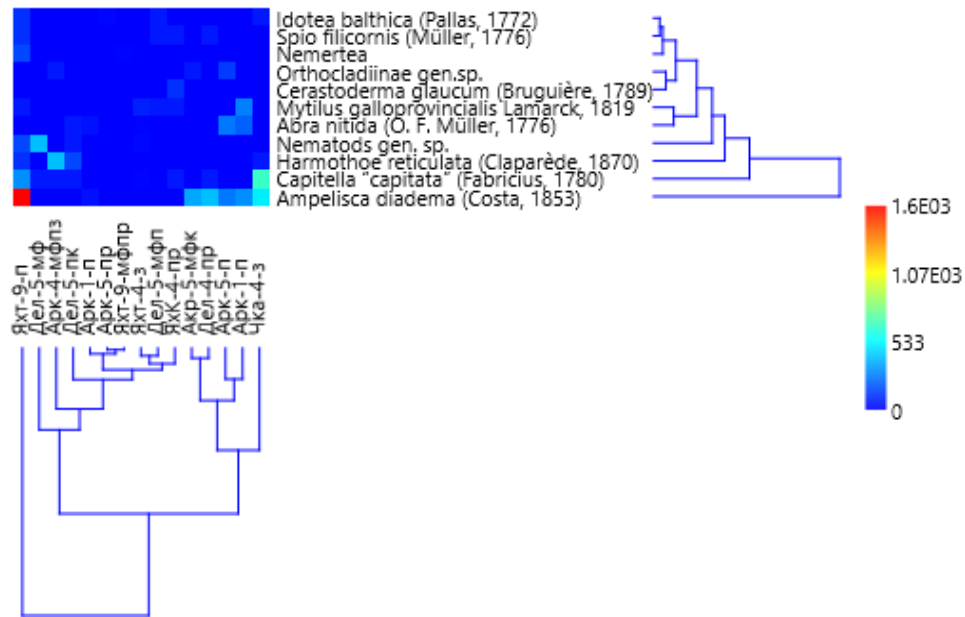


Рисунок 3.1 – Структура угруповань донних безхребетних в акваторії ОМР в 2024 році

3.2 Угрупування донних безхребетних у 2024 році

Угрупування *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819

D1: До складу макрзообентосу входили *M. galloprovincialis* Lamarck, 1819, *C. capitata* (Fabricius, 1780), *A. diadema* (Costa, 1853), *I. balthica* (Pallas, 1772), *A. nitida* (O. F. Müller, 1776), Nematoda gen. sp., Bryozoa. Середня чисельність становила 337 ± 215 екз. $\cdot \text{м}^{-2}$, а біомаса 22 ± 11 г $\cdot \text{м}^{-2}$. Індекс Шеннона варіював від 0,35 до 1,11 біт $\cdot \text{екз.}^{-1}$.

D4: Домінантою за біомасою в угрупованні були фільтратори *M. galloprovincialis*, на частку яких припадало 90-98 % біомаси та 33-68 % чисельності. Ракоподібні *A. diadema* та *I. balthica* формували до 33-39 % чисельності.

D6: Співвідношення груп видів за відношенням до органічної речовини мало наступний характер: I – 0 %, II – 25,6 %, III – 71 %, IV – 0 %, V – 3,4 %, що

відповідає трохи порушеному стану, що також підтверджується індексом AMBI (2,7). Індекс m-AMBI (0,39) та індекс Шеннона (1,54-1,61) не відповідали «відмінному» екологічному стану (рис. 3.2).

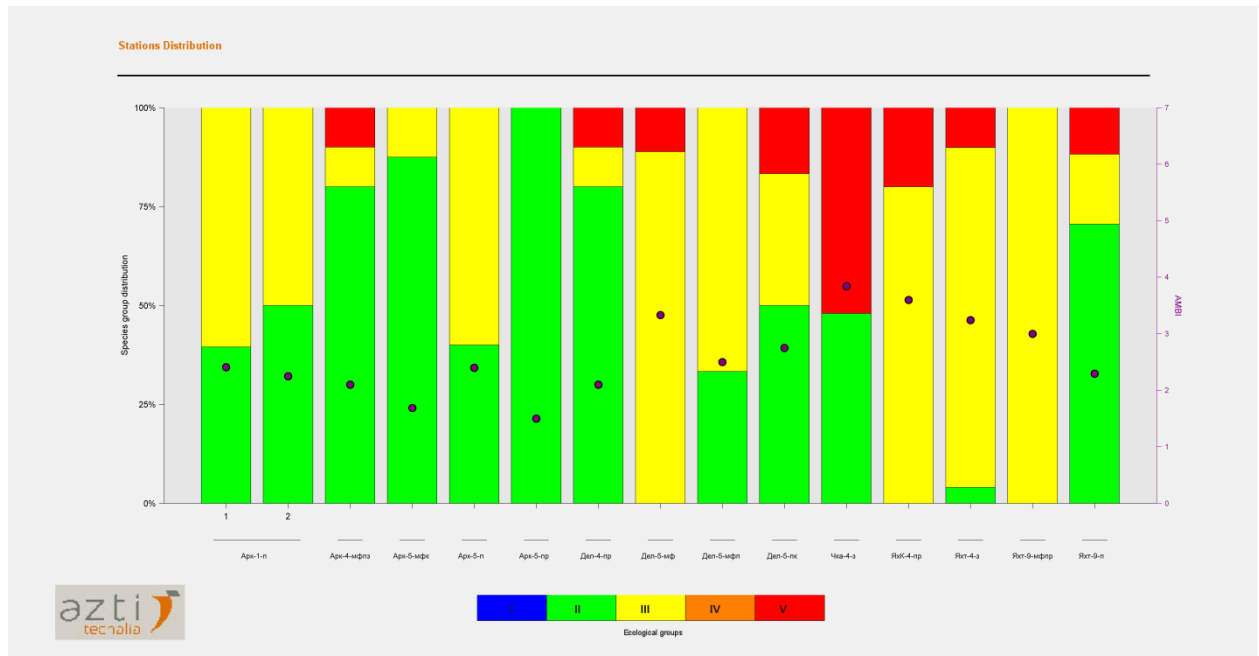


Рисунок 3.2 – Значення індексів м-АМБІ для прибережних екосистем ПЗЧМ у 2024 pp.

Угрупування *Abra nitida* (O. F. Müller, 1776)

D1: До складу макрозообентосу входили *A. nitida* (O. F. Müller, 1776), *A. diadema* (Costa, 1853), Orthocladinae gen.sp.. Середня чисельність становила 345 ± 279 екз. $\cdot$ м⁻², а біомаса $1,89 \pm 1,49$ г $\cdot$ м⁻², індекс Шеннона варіював від 1 до 1,52 біт $\cdot$ екз.⁻¹.

D4: Домінантою за біомасою в угрупованні були фільтратори *A. nitida*, на частку яких припадало 73-82 % біомаси та 40-50 % чисельності.

D6: Співвідношення груп видів за відношенням до органічної речовини мало наступний характер: I – 0 %, II – 45 %, III – 55 %, IV – 0 %, V – 0 %, що відповідає трохи порушеному стану, що також підтверджується індексом AMBI (2,3). Індекс m-AMBI (0,38) та індекс Шеннона (1-1,52) не відповідали «відмінному» екологічному стану.

Угрупування *Polychaeta varia*

D1: До складу макрзообентосу входили *C. capitata* (Fabricius, 1780), *Harmothoe reticulata* (Claparède, 1870). Середня чисельність становила 375 ± 75 екз. $\cdot \text{м}^{-2}$, а біомаса $0,62 \pm 0,52$ г $\cdot \text{м}^{-2}$, індекс Шеннона варіював від 0,50 біт $\cdot \text{екз.}^{-1}$ до 1,79 біт $\cdot \text{екз.}^{-1}$.

D4: Домінантами за біомасою та чисельністю в угрупованні були детритофаги-збирачі, на частку яких припадало приблизно 70 % загальної чисельності.

D6: Співвідношення груп видів за відношенням до органічної речовини мало наступний характер: I – 0 %, II – 25 %, III – 61 %, IV – 0 %, V – 14 %, що відповідає трохи порушеному стану, що також підтверджується індексом AMBI (3). Індекс m-AMBI (0,31) та індекс Шеннона (0,5-1,79) не відповідали «відмінному» екологічному стану.

Таким чином, аналіз угруповань *M. galloprovincialis*, *A. nitida* та *Polychaeta varia* показав, що їх екологічний стан варіював у межах «трохи порушеного» відповідно до індексу AMBI. Незначна видова різноманітність, низькі значення індексу Шеннона та індексу m-AMBI свідчать про нестабільність екосистеми та можливі антропогенні впливи, зокрема після руйнування Каховської ГЕС на досліджувану акваторію. Отже, на основі сукупності індексів уся досліджена ділянка моря не відповідає критеріям «відмінного» екологічного стану.

3.3 Біорізноманіття та екологічний стан макрзообентосу в 2022-2024 роках

У період 2022–2024 років спостерігалися зміни у видовому складі донних угруповань та їх структурі. Незважаючи на подібну загальну площу взятих проб і збільшення різноманіття субстратів, було відмічено зниження видового розмаїття з 32 до 12 видів. Сім видів безхребетних – *Spio filicornis* (O. F. Müller,

1776), *H. reticulata* (Claparède, 1870), *A. diadema* (Costa, 1853), *I. balthica* (Pallas, 1772), *A. nitida* (O. F. Müller, 1776), *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819), *Cerastoderma glaucum* (Bruguère, 1789) – спостерігалися у всі 3 роки і входили до складу домінантів донних угруповань. Деякі види, що мали 100% або високу зустрічальність у 2022 році, майже повністю зникли у 2023–2024 роках. Наприклад, *C. capitata europaea* (100% у 2022, 53% у 2024), *Mysta picta* (86% у 2022, 50% у 2023, відсутня у 2024), *Tubificoides* sp. (86% у 2022, 33% у 2023, відсутня у 2024). Зустрічальність безхребетних ракоподібних, зокрема *A. diadema* та *I. balthica*, залишалася практично стабільною протягом 3 років – близько 50 % і 23 %, відповідно (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Зміни у видовому складі донних угруповань
впродовж 2022-2024 років

Тип	Вид	2022	2023	2024
1	2	3	4	5
	Кількість проб	7	6	15
Annelida	<i>Mysta picta</i> (Quatrefages, 1865)	86 %	50 %	
Annelida	<i>Spio filicornis</i> (O.F. Muller, 1776)	86 %	50 %	27 %
Annelida	<i>Capitella capitata europaea</i> Wu, 1964	100 %		53 %
Annelida	<i>Microspio mecznikowianus</i> (Claparède, 1869)	14 %	33 %	
Annelida	<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	86 %	17 %	
Annelida	<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	43 %	33 %	
Annelida	<i>Glycera tridactyla</i> Schmarda, 1861	29 %	33 %	
Annelida	<i>Tubificoides</i> sp	86 %	33 %	
Annelida	<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	29 %		
Annelida	<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1834)	14 %		
Annelida	<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	14 %	17 %	27 %
Anthozoa	<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)	29 %		
Arthropoda	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853	86 %		
Arthropoda	<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)	57 %	50 %	47 %
Arthropoda	<i>Iphinoe maeotica</i> Sowinskyi, 1893	57 %	17 %	
Arthropoda	<i>Sphaeroma serratum</i> (Fabricius, 1787)	43 %	33 %	
Arthropoda	<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	29 %	33 %	
Arthropoda	<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	29 %	17 %	27 %
Arthropoda	<i>Chaetogammarus olivii</i> (H. Milne Edwards, 1830)	43 %	33 %	
Arthropoda	<i>Melita palmata</i> (Montagu, 1804)	29 %	33 %	
Arthropoda	<i>Chironomus salinarius</i> Kieffer, 1915	14 %		
Arthropoda	<i>Clunio ponticus</i> Michailova, 1980		33 %	20 %
Arthropoda	<i>Corophium volutator</i> (Pallas, 1766)	14 %		
Bryozoa	<i>Lepralia pallasiana</i> (Moll, 1803)	43 %		

Кінець таблиці 3.5

1	2	3	4	5
Bryozoa	<i>Membranipora de Blainville, 1830</i>	29 %	33 %	13 %
Mollusca	<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	57 %	17 %	
Mollusca	<i>Abra nitida</i> (O. F. Müller, 1776)	57 %	17 %	33 %
Mollusca	<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Lamarck, 1819)	71 %	50 %	33 %
Mollusca	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789)	57 %	17 %	7 %
Mollusca	<i>Caecum trachea</i> (Montagu, 1803)	14 %		
Mollusca	<i>Moerella donacina</i> (Linnaeus, 1758)	14 %	17 %	
Mollusca	<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	14 %	17 %	
Arthropoda	<i>Crangon crangon</i> (Linnaeus, 1758)		17 %	
Nematoda	Nematoda gen. sp.			23 %
Nemertea	Nemertea gen. sp.			13 %
Всього видів по роках		31	24	12

3.4 Зміни структури угруповань макрозообентосу, які спостерігали впродовж 2022-2024 років

Угруповання *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819

У всі роки основним домінантом залишався *M. galloprovincialis*, який формував 90-99% біомаси. У 2022 році в угрупованні було 23 таксони, у 2023 – 15, а в 2024 – лише 7. Це свідчить про значне скорочення видового складу макрозообентосу. Середня чисельність у 2022 році становила 23 418 екз./м², у 2023 – 3 536 екз./м², а у 2024 – 337 екз./м², що вказує на різке зниження популяції. Біомаса також знизилася: з 691,43 г/м² у 2022 до 22 г/м² у 2024. У 2022 індекс AMBI (2,7) та м-AMBI (0,68) відповідали «відмінному» екологічному стану. У 2024 році індекс м-AMBI (0,39) та зниження індексу Шеннона (до 0,35-1,11) свідчать про погіршення стану екосистеми.

Угруповання *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789) / *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) / *Abra nitida* (O. F. Müller, 1776) – Polychaeta

Кількість видів у співтоваристві мала близькі значення впродовж усіх трьох років 8-11. При цьому спостерігалось зниження чисельності та біомаси

угруповання за рахунок насамперед зменшення частки дорослих молюсків та більшої представленості їхньої молоді з одного боку та стабілізації значень поліхет з іншого. З 2022 року спостерігається зниження значень індексів m-AMBI з 0,58 (екологічний статус «добрий») до 0,39 (екологічний статус «поганий»).

Угрупування *Polychaeta varia*:

Ця угруповання безхребетних стабільно характеризувалася низькою видовою різноманітністю та чисельністю (до 600 екз./м²) протягом останніх 3 років спостережень. Найчастіше воно сформовано дрібними організмами і формується на замулених пісках та мулах. Структура угруповання змінилася: детритофаги-збирачі стали ще більш домінуючими (до 70 % загальної чисельності). Низькі значення індексу m-AMBI (0,31) та невисокий індекс Шеннона все ще вказують на «поганий» екологічний стан (рис. 3.3-3.5).

Проведені дослідження показали, що за період 2022–2024 років відбулося помітне зменшення чисельності, видової різноманітності та загального екологічного стану макрозообентосу. Подальші дослідження необхідні для оцінки довгострокових змін та адаптації екосистеми до нових умов.

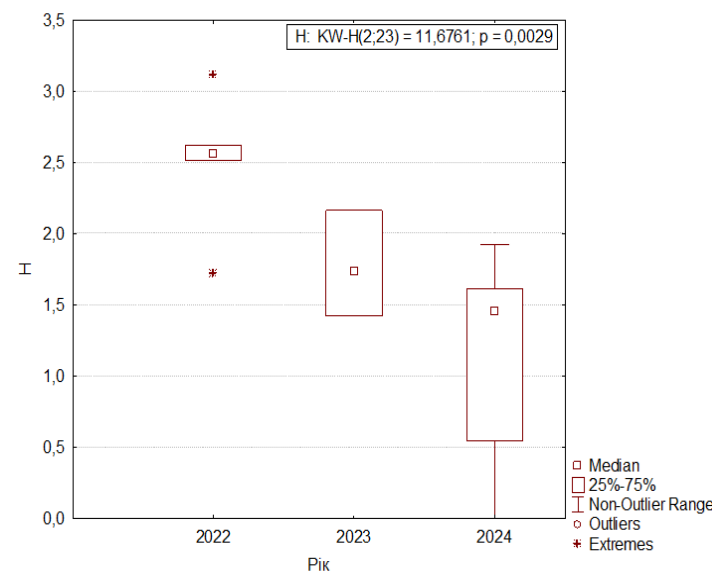


Рисунок 3.3 – Порівняння усереднених характеристик індексу Шеннона для прибережних екосистем ПЗЧМ у 2022-2024 роках

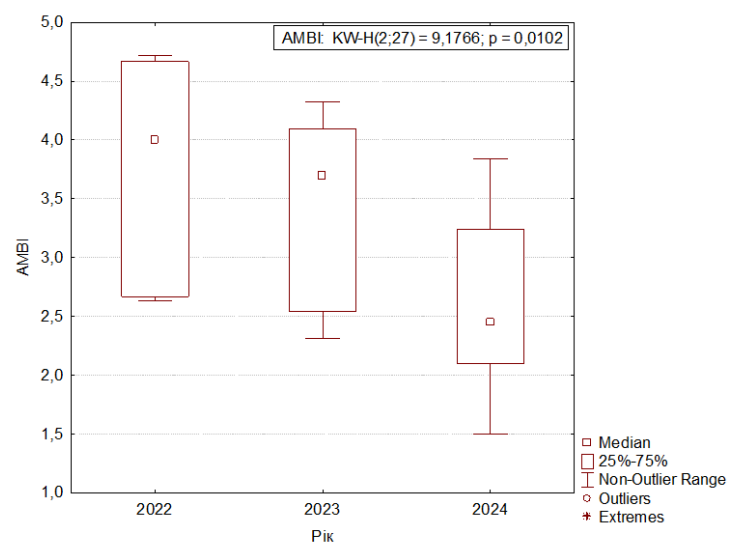


Рисунок 3.4 – Порівняння усереднених характеристик індексу AMBI для прибережних екосистем ПЗЧМ у 2022-2024 роках

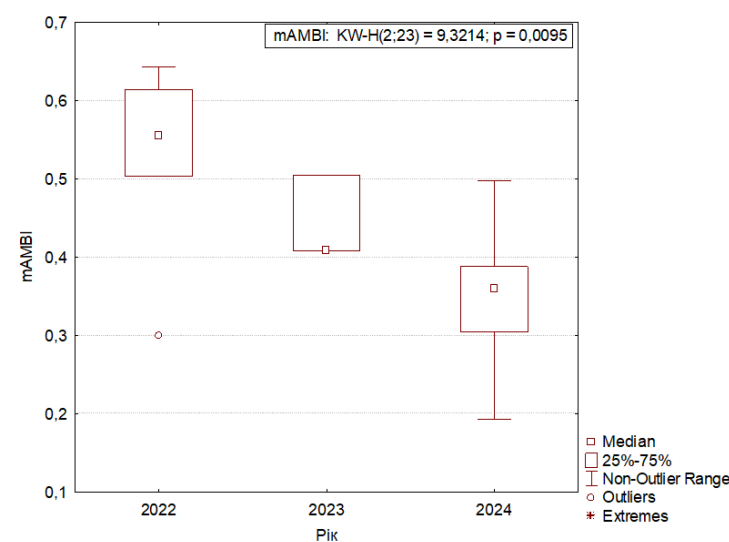


Рисунок 3.5 – Порівняння усереднених характеристик індексу m-AMBI для прибережних екосистем ПЗЧМ у 2022-2024 роках

3.3 Біорізноманіття, кількісні показники та еколого-біологічна характеристика макрофітобентосу у 2024 році

Більшість видів водоростей-макрофітів ведуть прикріплений спосіб життя і тому досить чутливо реагують на зміни в навколишньому середовищі. Макрофіти відіграють вирішальну роль в структурі водних біоценозів, кругообігу речовин та енергії водойм, виконуючи роль первинної ланки ланцюга живлення. Саме тому, у біомоніторингу прибережжя морських акваторій використовують водорості-макрофіти. Їхня видова структура і рівень продукційного процесу можуть служити індикатором загальної екологічної ситуації досліджуваних ділянок прибережних акваторій.

Протягом 2024 року було відібрано та оброблено 87 кількісних і якісних проб макрофітобентосу та фітоперифітону. Для більшої частини прибережної зони Одеської затоки характерні піщані ґрунти, які не є придатним субстратом для прикріплення і розвитку водоростей. Тому макрофіти поселяються на будь-яких твердих субстратах, що їм підходять, в основному, антропогенного походження. Проби відбиралися при температурах від 7° С до 20° С на різних субстратах: бетонному траверзі, пластиковому понтонному причалі, поліпропіленовому канаті, на черепашнику та граніті. Оскільки внаслідок зимових та весняних штормів субстрати в акваторії яхт-клубу були зруйновані, виникла необхідність відновити моніторинг макрофітобетосу на традиційних багаторічних реперних точках: біля мису Малий Фонтан та в районі пляжу Аркадія.

На досліджених ділянках нами було виявлено всього 24 види макроводоростей. Еколого-біологічна характеристика макрофітів прибережних частин Одеської затоки представлена у таблиці 3.6. Із виявленого різноманіття макрофітів до відділу Chlorophyta відносяться 13 видів (54,2 %), Rhodophyta – 8 (33,3 %), Phaeophyta – 3 види (12,5 %).

Визначені макрофіти належать до 5 класів, 9 порядків, 14 родин, 16 родів. Найбільшим числом видів представлені роди *Ulva* – 4 види, *Cladophora* – 3 види, *Ceramium*, *Ulvella*, *Acrochaetium* по 2 види. Решта родів (11) мають по 1 представнику. Таке переважання у складі досліджуваної альгофлори одновидових родин (одинадцять) свідчить про її спрощений склад.

Провідними родинami за період досліджень були Ulvaceae – їхня доля становить близько 16,66 %, Cladophoraceae – 12,5 %, Ceramiaceae, Ulvellaceae, Acrochaetiaceae – близько 8,33 %, інші – близько 4,17 % (табл. 3.7).

Таблиця 3.6 – Еколого-біологічна характеристика макрофітів на різних субстратах по сезонах у 2024 році

№	Біорізноманіття	S/W _p	±	Ареал	Частота трапляння	Тривалість вегетації	Сапробіотний склад	Січень	Квітень			Вересень		
								Яхтклуб	Яхтклуб	мис М. Фонтан	Аркадія	Яхтклуб	мис М. Фонтан	Аркадія
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Відділ Chlorophyta														
1	<i>Bryopsis hypnoides</i> J.V. Lamouroux, 1809	72,80	2,90	НБ	С	Од	М	+		+	+			
2	<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützinger, 1849	28,37	0,58	БТ	С	Од	О			+			+	
3	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kützinger, 1843	85,50	3,48	ШБ	С	Од	М			+	+		+	+
4	<i>Cl. sericea</i> (Hudson) Kützinger, 1843	80,00	2,70	ШБ	С	Од	М		+		+		+	
5	<i>Cl. vagabunda</i> (Linnaeus) Hoek, 1963	47,82	2,84	ШБ	П	Од	П			+	+	+	+	+
6	<i>Ulva compressa</i> Linnaeus, 1753	34,20	1,70	К	П	Од	О			+		+		+
7	<i>U. flexuosa</i> Wulfen, 1803	50,40	1,50	БТ	С	Од	М		+	+	+	+	+	+
8	<i>U. intestinalis</i> Linnaeus, 1753	36,16	1,11	К	П	Од	П	+	+	+	+	+	+	+
9	<i>U. lactuca</i> Linnaeus, 1753	36,40	1,60	БТ	П	Од	М					+		
10	<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thuret, 1863	317,80	7,01	АБ	Р	Од	М							+
11	<i>Ulvella leptochaete</i> (Huber) R. Nielsen, C.J. O'Kelly & B. Wysor, 2013	427,2	21,50	К	С	Од	О					+		
12	<i>Ulvella viridis</i> (Reinke) R. Nielsen, CJO'Kelly & B. Wysor, 2013	427,2	21,5	К	С	Од	О						+	
13	<i>Urospora penicilliformis</i> (Roth) Areschoug, 1866	119,00	7,20	АБ	С	Сз	П				+			

Кінець таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Відділ Ochrophyta														
14	<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye, 1819	123,10	4,80	К	С	Сз	М			+	+			
15	<i>Punctaria latifolia</i> Greville, 1830	22,80	1,70	Ш6	Р	Сз	О			+	+			
16	<i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link, 1833	27,04	0,59	Н6	С	Од	О			+				
Відділ Rhodophyta														
17	<i>Acrochaetium parvulum</i> (Kylin) Hoyt, 1920	270,80	6,80	А6	Р	Од	О				+		+	
18	<i>Acrochaetium secundatum</i> (Lyngbye) Nägeli, 1858	270,80	6,10	Ш6	П	Од	О	+	+	+	+	+	+	
19	<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye, 1819	165,00	4,21	Н6	П	Од	П	+	+			+		
20	<i>Carradoriella denudata</i> (Dillwyn) A.M. Savoie & G.W. Saunders, 2019	56,98	1,29	Бт	П	Од	М	+		+	+			
21	<i>Ceramium siliculosum</i> var. <i>elegans</i> (Roth) G. Furnari, 1999	26,17	1,14	Ст	П	Сл	М	+	+	+	+	+	+	+
22	<i>Ceramium virgatum</i> Roth, 1797	25,32	1,23	К	П	Од	П			+		+	+	
23	<i>Pyropia leucosticta</i> (Thuret) Neefus & J. Brodie, 2011	63,05	2,40	Ш6	П	Сз	М		+	+	+			
24	<i>Stylonema alsidii</i> f. <i>ramosum</i> BFZheng & J.Li	280,60	4,80	Бт	Р	Сл	М	+						

Таблиця 3.7 – Видовий склад водоростей-макрофітів на станціях
моніторингу

Відділ 1	Клас 2	Порядок 3	Родина 4	Рід 5	Вид 6
Chlorophyta	Ulvophyceae	Bryopsidales	Bryopsidaceae Bory de Saint-Vincent, 1829	<i>Bryopsis</i> J.V.Lamouroux, 1809	<i>Bryopsis hypnoides</i> J.V. Lamouroux, 1809
		Cladophorales	Cladophoraceae Wille, 1884	<i>Chaetomorpha</i> Kütz., 1845	<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützling, 1849
				<i>Cladophora</i> Kützling, 1843	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kutzing, 1843
					<i>Cl. sericea</i> (Hudson) Kützling, 1843
					<i>Cl. vagabunda</i> (Linnaeus) Hoek, 1963
		Ulotrichales	Ulotrichaceae Kützling, 1843	<i>Ulothrix</i> Kützling, 1833	<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thuret, 1863
				<i>Urospora</i> Areschoug, 1866	<i>Urospora penicilliformis</i> (Roth) Areschoug, 1866
		Ulvales	Ulvaceae J.V. Lamouroux ex Dumortier, 1822	<i>Ulva</i> Linnaeus, 1753	<i>Ulva compressa</i> Linnaeus, 1753
					<i>Ulva flexuosa</i> Wulfen, 1803
					<i>U. intestinalis</i> Linnaeus, 1753
					* <i>U. lactuca</i> Linnaeus, 1753
			Ulvellaceae Schmidle, 1899	<i>Ulvella</i> P.L. Crouan & H.M. Crouan, 1859	<i>Ulvella leptochaete</i> (Huber) R. Nielsen, C.J. O'Kelly & B. Wysor, 2013
					<i>Ulvella viridis</i> (Reinke) R. Nielsen, CJO'Kelly & B. Wysor, 2013
Rhodophyta	Bangio- phyceae	Bangiales	Bangiaceae Engler, 1892	<i>Pyropia</i> J.Agardh, 1899	<i>Pyropia leucosticta</i> (Thuret) Neefus & J. Brodie, 2011
	Stylonema tophyceae	Stylonematales	Stylonemataceae K.M.Drew, 1956	<i>Stylonema</i> Reinsch, 1875	<i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) K.M. Drew, 1956
	Florideophyceae	Acrochaetiales	Acrochaetiaceae Melchior, 1954	<i>Acrochaetium</i> Nägeli, 1858	<i>Acrochaetium secundatum</i> (Lyngbye) Nägeli, 1858
		Ceramiales	Callithamniaceae Kützling, 1843	<i>Callithamnion</i> Lyngbye, 1819	<i>Acrochaetium parvulum</i> (Kylin) Hoyt, 1920
			Ceramaceae Dumortier, 1822	<i>Ceramium</i> Roth, 1797	* <i>Callithamnion</i> <i>corymbosum</i> (Smith) Lyngbye, 1819
					<i>Ceramium siliquosum</i> var. <i>elegans</i> (Roth) G. Furnari, 1999
			Rhodomelaceae Horaninow, 1847	<i>Carradoriella</i> P.C.Silva, 1996	<i>Ceramium virgatum</i> Roth, 1797
					<i>Carradoriella denudata</i> (Dillwyn) A.M. Savoie & G.W. Saunders, 2019

Кінець таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6
Ochrophyta	Phaeophyceae	Ectocarpales	Chordariaceae Greville, 1830	<i>Punctaria</i> Greville, 1830	** <i>Punctaria latifolia</i> Greville, 1830
			Ectocarpaceae C. Agardh, 1828	<i>Ectocarpus</i> Lyngbye, 1819	** <i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye, 1819
			Scytosiphonaceae Farlow, 1881	<i>Scytosiphon</i> C. Agardh, 1820	** <i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link, 1833
Примітка 1. * – види водоростей, виявлені на акваторії яхт-клубу. Примітка 2. ** – види водоростей, властиві тільки фітобентосу					

Як видно з таблиці 3.8, коливання біомас макрофітобентосу по сезонах на різних реперних точках не має якоїсь чіткої закономірності.

Таблиця 3.8 – Коливання біомаси макрофітів по станціях та сезонах

Назва пункту моніторингу	Середня біомаса на станції (при існуючому проективному покритті), кг·м ⁻²		
	Січень	Квітень-травень	Вересень-жовтень
Яхт-клуб (поліпропілен)	0,3828		0,7151
Яхт-клуб (пластик)	0,6103		
Яхт-клуб (бетон)		0,1682	0,2204
Мис Малий Фонтан 1		0,6874	0,6865
Мис Малий Фонтан 2		0,5999	0,4100
Пляж поблизу Аркадії		0,8580	0,5823

В акваторії яхт-клубу середня біомаса було найнижчою в порівнянні з природними субстратами. Так, на бетонному траверсі в січні практично не було макрофітів. До осені біомаса зросла більше ніж на 30 %. На поліпропіленовому канаті (на жаль, відсутні літні проби) з січня по вересень біомаси зросли майже вдвічі – в 1,87 разів. За спостереженнями минулих років, для макрофітів, які оселяються на поліпропіленовому канаті, що знаходиться в товщі води, створюються найкращі умови.

Щодо макрофітобентосу, зростаючого на природних субстратах, найвищі показники біомас було відзначено на пляжі поблизу Аркадії в травні. З північної сторони мису М. Фонтан (1) на черепашковому субстраті біомаси були незначно більші, ніж на гальковому субстраті з південної сторони (2).

Для акваторії яхт-клубу притаманні деякі види, але відсутні інші. Скоріш за все, це пов'язане з відсутністю природних субстратів. Щодо біорізноманіття

макрофітобентосу, бурі водорості в акваторії яхт-клубу були зовсім відсутні, тому що вони притаманні бентосу (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Біорізноманіття макрофітобентосу по станціях та сезонах

Назва пункту моніторингу	Кількість видів водоростей (загальна: зелених, бурих, червоних)		
	Січень	Квітень-травень	Вересень-жовтень
Яхт-клуб (поліпропілен)	5: 2, 0, 3		7: 4, 0, 3
Яхт-клуб (пластик)	5: 2, 0, 3		2: 1, 0, 1
Яхт-клуб (бетон)		6: 3, 0, 3	3: 2, 0, 1
Мис Малий Фонтан 1		8: 3, 2, 3	5: 4, 0, 1
Мис Малий Фонтан 2		11: 6, 3, 2	5: 3, 0, 2
Пляж поблизу Аркадії		7: 3, 2, 2	5: 4, 0, 1

Фітообростання, приурочені до антропогенних субстратів, носять назву фітоперифітон. Виділення цього екологічного угруповання водоростей обґрунтовують тим, що організми (водорості і тварини), які входять до його складу, живуть на субстраті, який омивається водою. Вони дещо віддалені від дна і, отже, знаходяться в умовах іншого світлового та температурного режимів, в інших умовах надходження біогенних речовин, джерелом яких служать донні відкладення. Фітообростання – це природний процес, що становить невід’ємну частину життя гідросфери. Самостійних видів, що живуть виключно на антропогенних субстратах, не існує – це ті ж види з бентосу природних твердих ґрунтів, що пристосувалися до специфічних умов життя на штучному субстраті. Угруповання обростання являє собою спрощену модель бентосних угруповань, оскільки вони містять на порядок (а іноді і на 2) менше число видів. Але, часто, при внесенні багатотонних гідротехнічних конструкцій в прибережні зони тут зростає біорізноманіття, збільшується площа, яку можуть освоювати гідробіонти, і яка іноді у багато разів перевищує наявну до цього в даній водоймі. Крім того, ці споруди найчастіше сприяють збереженню та відновленню морських ресурсів [56].

Взагалі, в умовах підвищеного рівня евтрофікації і деякого розпріснення прибережних вод Одеської затоки у всіх досліджуваних акваторіях переважали зелені водорості.

В прибережних зонах автотрофний процес на 90-95 % здійснюється за рахунок функціонування фітобентосу. На відміну від відкритих, пелагічних екосистем, де основну роль відіграє фітопланктон, на мілководних ділянках донна рослинність – головне джерело органічної речовини та енергії. Особливості структури та функціонування угруповань фітобентосу безпосередньо зв'язані з рядом важливих гідрохімічних параметрів морського середовища, рівнем трофності, характером харчових ланцюгів, загальною інтенсивністю продуційно-деструкційних процесів. В процесі евтрофікації відбувається збільшення питомої поверхні структурних елементів слані, таломів та популяцій макрофітів. На рівні угруповання інтегральний результат цих реакцій виявляється у радикальній зміні морфофункціональної фізіономії фітоценозів: великі багаторічні малорозгалужені пластинчаті види з невисокою питомою продукцією замінюються дрібними короткоциклічними нитчастими високопродуктивними формами [57].

3.4 Оцінка Екологічного Статус Класу досліджуваних ділянок акваторій за морфофункціональними показниками макрофітобентосу

Також було проведено оцінку Екологічного Статус Класу (ЕСК) прибережних ділянок моніторингу за морфофункціональними показниками макрофітобентосу: питома поверхня трьох домінантів $(S/W)_{\text{Др}}$, $\text{м}^2 \text{кг}^{-1}$, питома поверхня угруповання $(S/W)_{\text{х}}$, $\text{м}^2 \text{кг}^{-1}$, індекс поверхні фітоценозу (SI_{ph} , од.). Для цього було використано схему класифікації прибережних і шельфових оселищ Чорного моря з солоністю 12-17 ‰ [58], [29] (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Шкала оцінки екологічних статус-класів для прибережних та шельфових районів Чорного моря з солоністю від 12 ‰ до 17 ‰ за індикаторами макрофітів

Екологічний статус клас	Екологічні оціночні індекси					
	Питома поверхня трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$, $m^2 \cdot kg^{-1}$	Відносна екологічна якість	Питома поверхня угруповання $(S/W)_x$, $m^2 \cdot kg^{-1}$	Відносна екологічна якість	Індекс поверхні фітоценозу (SI_{ph}) , один.	Відносна екологічна якість
Відмінний	$(S/W)_{3Dp} < 15$	≥ 0.82	$(S/W)_x < 60$	≥ 0.98	$SI_{ph} < 25$	≥ 0.95
Добрий	$15 \leq (S/W)_{3Dp} \leq 30$	0.54	$60 \leq (S/W)_x \leq 80$	0.79	$25 \leq SI_{ph} \leq 40$	0.84
Задовільний	$31 \leq (S/W)_{3Dp} \leq 45$	0.37	$81 \leq (S/W)_x \leq 120$	0.58	$41 \leq SI_{ph} \leq 55$	0.68
Поганий	$46 \leq (S/W)_{3Dp} \leq 60$	0.25	$121 \leq (S/W)_x \leq 200$	0.17	$56 \leq SI_{ph} \leq 90$	0.15
Дуже поганий	$(S/W)_{3Dp} > 60$	≥ 0	$(S/W)_x > 200$	≥ 0	$SI_{ph} > 90$	≥ 0

Автором пропонується розраховувати середнє значення питомої поверхні популяцій (S/W_p) тільки для тих видів, біомаса яких перевищує $0,001 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$.

Ключовим моментом для оцінки ЕСК є наявність у флористичному складі угруповань макрофітобентосу чутливих $(S/W_p = 5-25 \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$, k-види) і толерантних $(S/W_p \geq 25 \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$, r-види) видів макрофітів. Великі, багаторічні види з низькою питомою поверхнею є показниками досягнення доброго стану морського середовища. І навпаки, велика кількість (значна біомаса) дрібних, дрібно розгалужених видів з високою питомою поверхнею вказують на високу продуктивність вод, високий рівень евтрофікації та низькі категорії ЕСК. Тож розраховували відсоток чутливих видів від загальної кількості видів $(S_{sp}, \%)$.

На сучасному етапі в донних оселищах прибережних районів переважають толерантні види водоростей, що свідчить про недосягнення доброго екологічного стану (ДЕС) за цим показником.

Для оцінки стану різних районів Чорного моря найбільш показовим є такий морфофункціональний показник макрофітобентосу, як питома поверхня трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$. Він відображає інтенсивність продукційного процесу, пов'язаного зі станом морського середовища, перш за все евтрофікацією. У таблиці 3.11 наведено зміни цього показника по станціях та сезонах.

У таблиці 3.12 наведено інтегральний результат оцінки екологічного статусу районів моніторингу за трьома морфофункціональними показниками.

Таблиця 3.11 – Класи екологічного статусу станцій моніторингу за індексом питомої поверхні

трьох домінантів $(S/W)_{3DP}$

Регіон та код станції моніторингу	Питома поверхня трьох домінантів $(S/W)_{3DP}$, $m^2 \cdot kg^{-1}$					
	січень		квітень-травень		вересень-жовтень	
Одеська затока «Яхт-клуб» CW5_5 (поліпропілен – канат)	<i>Bryopsis hypnoides</i> <i>Carradoriella denudata</i> <i>Callithamnion corymbosum</i>	98,28±2,80			<i>Callithamnion corymbosum</i> <i>Ceramium elegans</i> <i>Ceramium virgatum</i>	72,16±2,17
Одеська затока «Яхт-клуб» CW5_5 (пантон – пластик)	<i>Ceramium elegans</i> <i>Callithamnion corymbosum</i> <i>Ulva intestinalis</i>	75,78 ± 2,15				
Одеська затока «Яхт-клуб» CW5_5 (бетон – траверс)			<i>Ulva intestinalis</i> <i>Ceramium elegans</i> <i>Pyropia leucosticta</i>	41,79 ±1,55	<i>Ulva intestinalis</i> <i>Ulva lactuca</i> <i>Ceramium elegans</i>	32,91 ±1,27
Одеська затока CW5_7 Мис Малий Фонтан (північна сторона)			<i>Ulva intestinalis</i> <i>Ceramium elegans</i> <i>Pyropia leucosticta</i>	41,79 ±1,55	<i>Ulva intestinalis</i> <i>Ulva flexuosa</i> <i>Ceramium elegans</i>	37,56 ±1,23
Одеська затока CW5_7 Мис Малий Фонтан (південна сторона)			<i>Ulva intestinalis</i> <i>Ulva compressa</i> <i>Cladophora vagabunda</i>	39,39 ±1,88	<i>Cladophora vagabunda</i> <i>Ceramium elegans</i> <i>Ceramium virgatum</i>	33,10 ±1,74
Одеська затока CW5_8 Пляж «Аркадія»			<i>Ulva intestinalis</i> <i>Ectocarpus siliculosus</i> <i>Punctaria latifolia</i>	60,69 ±2,54	<i>Ulva intestinalis</i> <i>Cladophora albida</i> <i>Ceramium elegans</i>	49,26 ±1,90

Таблиця 3.12 – Інтегральний показник оцінки ЕКС станцій моніторингу за морфофункціональними показниками макрофітобентосу

Станції моніторингу і тип субстрат	Індекс екологічної активності трьох домінантів (S/W) _{3Dp} , м ² ·кг ⁻¹			Індекс середньої питомої поверхні структурних елементів водоростей (S/W) _x , м ² ·кг ⁻¹			Індекс поверхні фітоценозу (SI _{ph}), один.			Інтегральний показник
	Січень	Квітень-травень	Вересень-жовтень	Січень	Квітень-травень	Вересень-жовтень	Січень	Квітень-травень	Вересень-жовтень	
Яхт-клуб (поліпропілен – канат)	98,28±2,8		72,16±2,17	71,42±2,13		55,32±1,95	24,73		56,90	
Яхт-клуб (пантон – пластик)	75,78±2,15			75,77±2,15			55,92			
Яхт-клуб (бетон – траверс)		41,79±1,55	32,91±1,27		70,13±2,18	32,91±1,27		13,18	11,27	
Мис Малий Фонтан 1 (ракушняк)		41,79±1,55	37,56±1,23		47,33±2,12	49,2±2,01		28,07	29,19	
Мис Малий Фонтан 2 (ракушняк)		39,39±1,88	33,10±1,74		48,36±1,93	44,18±1,96		27,73	15,69	
Пляж «Аркадія» (ракушняк)		60,69±2,54	49,26±1,9		52,79±2,21	45,96±2,1		37,87	24,24	

Високі коефіцієнти $(S/W)_{3Dp}$, що характеризують поганий екологічний статус акваторій, обумовлені масовим розвитком дрібних нитчастих водоростей: *Callithamnion corymbosum* з $(S/W)_x$, $m^2 \cdot kg^{-1}$ – $165,00 \pm 4,21$, *Ectocarpus siliculosus* – $123,10 \pm 4,80$. Таким чином, за інтегральним показником акваторія яхт-клубу відповідає статусу між «задовільним» та «добрим». Акваторії, прилеглі до мису Малий Фонтан та пляжу «Аркадія» можна віднести до «доброго» екологічного статус-класу. В результаті інтегральної оцінки можна зробити висновок, що райони моніторингу належать до «Доброго» і «Задовільного» статус-класів.

Для оцінки екологічного стану акваторій за двома категоріями стану GES – NotGES вибрано три типи морфофункціональних індикаторів макрофітів, для яких визначено порогові значення: екологічна активність трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$, середня екологічна активність видів $(S/W)_x$ та відсоток чутливих видів (S_{sp}) , % (для яких $S/W_p = 5-25 m^2 kg^{-1}$) [30] (табл. 3.13).

Таблиця 3.13 – Оцінка екологічного стану прибережних вод
Дунай-Дністровського межиріччя за категоріями
GES – NotGES

$(S/W)_{3Dp}$, $m^2 \cdot kg^{-1}$	≤ 68	> 68
$(S/W)_x$, $m^2 \cdot kg^{-1}$	≤ 120	> 120
S_{sp} , %	> 12	≤ 12

Оцінку екологічного стану досліджуваних акваторій за категоріями GES – NotGES наведено у таблиці 3.14.

На станціях моніторингу тільки навесні була знайдена бура сезонно-зимова *Punctaria latifolia* з індексом середньої питомої поверхні $22,8 \pm 1,7 m^2 kg^{-1}$. Взагалі в прибережних водах Одеського регіону зустрічаються дуже мало чутливих видів, у яких $(S/W)_x$, $m^2 \cdot kg^{-1} \leq 25$. Це *Punctaria latifolia* Greville, 1830, *Chaetomorpha linum* (O.F.Müller) Kützing, 1845 *Zostera noltii* Hornemann, 1832, *Zostera marina* Linnaeus, 1753. За двома категоріями екологічного стану GES – NotGES стан даної акваторії ближче до GES.

Таблиця 3.14 – Оцінка екологічного стану досліджуваних акваторій за категоріями GES – NotGES

Станції моніторингу	Індекс екологічної активності трьох домінантів (S/W) _{3DP} , м ² ·кг ⁻¹			Індекс середньої питомої поверхні структурних елементів макрофітів (S/W) _x , м ² ·кг ⁻¹			Відсоток чутливих видів макрофітів (S _{sp}), %		
	Січень	Квітень-травень	Вересень-жовтень	Січень	Квітень-травень	Вересень-жовтень	Січень	Квітень-травень	Вересень-жовтень
Яхтклуб (поліпропілен – канат)	98,28±2,8		72,16±2,17	71,42±2,13		55,32±1,95	0		0
Яхтклуб (пантон – пластик)	75,78±2,15			75,77±2,15			0		
Яхтклуб (бетон – траверс)		41,79±1,55	32,91±1,27		70,13±2,18	32,91±1,27		0	0
Мис Малий Фонтан 1 (ракушняк)		41,79±1,55	37,56±1,23		47,33±2,12	49,2±2,01		11	0
Мис Малий Фонтан 2 (ракушняк)		39,39±1,88	33,10±1,74		48,36±1,93	44,18±1,96		6	0
Пляж «Аркадія» (ракушняк)		60,69±2,54	49,26±1,9		52,79±2,21	45,96±2,1		8	0

3.5 Оцінка екологічного стану прибережного чорноморського довкілля за показниками розвитку мікрофітобентосу впродовж 2024 року

Протягом 2024 року в угрупованнях мікрофітобентосу твердих (бетон, черепашник) та пухких (пісок) субстратів досліджених прибережних акваторій ПЗЧМ (Чорноморський яхт-клуб, ділянка моря біля мису Малий Фонтан, пляжі «Дельфін» та «Аркадія») було зареєстровано 134 види водоростей (Додаток В, таблиця В.1), які належали до 8 класів (рис. 3.6). Серед них переважали діатомеї – 88 видів (65,7 % від їх загальної кількості).

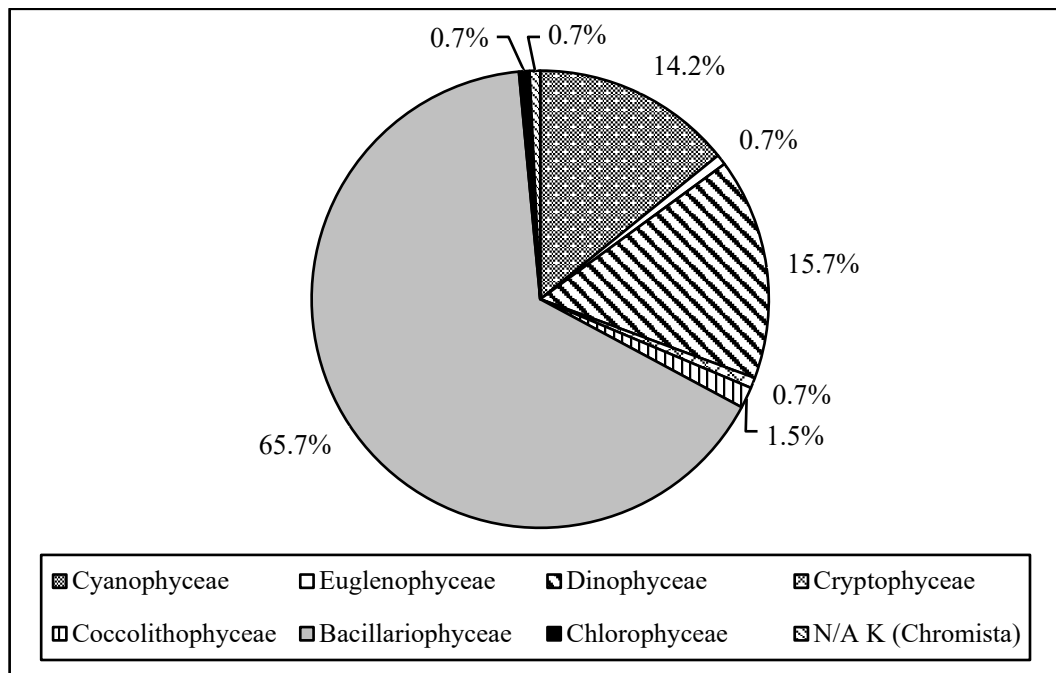


Рисунок 3.6 – Таксономічний склад мікрофітобентосу водного масиву CW5 у 2024 році (у % від загальної кількості знайдених видів)

Найширше були представлені полі- та мезогалобні і β -мезосапробні види родів *Nitzschia*, *Navicula*, *Cocconeis*, *Lyrella*. Представників родів *Achnanthes* і *Diploneis* було дещо менше. Кількість дінофітових водоростей зросла в 1,5 рази порівняно з минулим роком і становила 21 вид (15,7 %). Вони, в основному, відносилися до родів *Gymnodinium* та *Prorocentrum*. Синьо-зелених водоростей

було 19 видів (14,2 %). Більшість з них належала до родів *Merismopedia* (масово розвивалися на піску), *Calothrix* та *Phormidium* (найбільш численними та масовими були на бетоні). Поодинокі траплялися осілі на дно планктонні мікрофіти, зокрема ціанопрокаріоти роду *Chroococcus*, дінофітові роду *Tripos*, діатомеї роду *Chaetoceros*. Серед синьо-зелених, дінофітових та діатомових водоростей 11 видів були потенційно токсичними. Це, зокрема, ціанобактерії *Microcystis aeruginosa* та *Microcystis sp.*, дінофітові *Dinophysis sacculus*, *Lingulaulax polyedra*, *Prorocentrum cordatum*, *P. compressum*, *P. micans*, *Scrippsiella acuminata*, діатомеї *Halamphora coffeaeformis* і *Pseudo-nitzschia delicatissima*. Кількість потенційно токсичних видів мікрофітів зменшилась у 1,4 рази відносно показника 2023 року.

Загальна кількість знайдених видів мікрофітів дещо скоротилася порівняно з попереднім роком, зокрема за рахунок синьо-зелених, діатомових та зелених водоростей (рис. 3.7). Водночас, вміст дінофітових водоростей в 1,5 рази перевищував минулорічний показник.

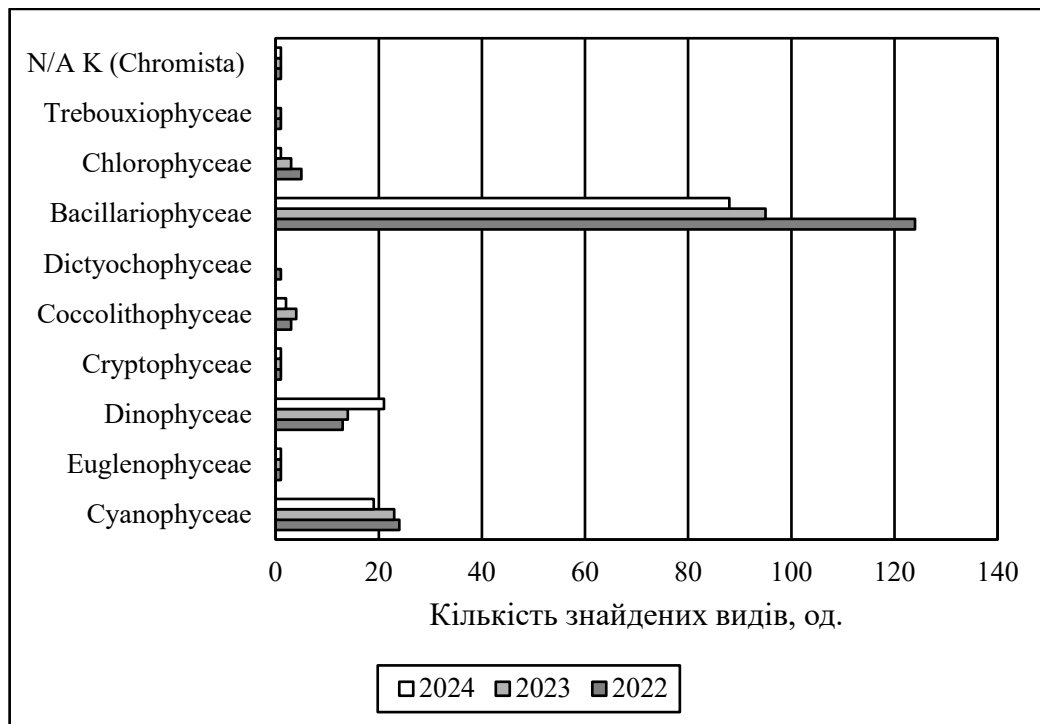


Рисунок 3.7 – Динаміка таксономічного складу мікрофітобентосу Одеського прибережжя впродовж 2022-2024 років

Як і у попередні роки, стосовно солоності води знайдені види мікрофітів були, здебільшого, полігалобами – 47,5 % (рис. 3.8). Це, переважно, представники діатомових, дінофітових та золотистих водоростей. Їхня кількість зменшилася у 2023 році, а у 2024 – навпаки, дещо зростала. Олігогалобів (галофілів і індіферентів) було найбільше в 2023 році, через зниження солоності води внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС.

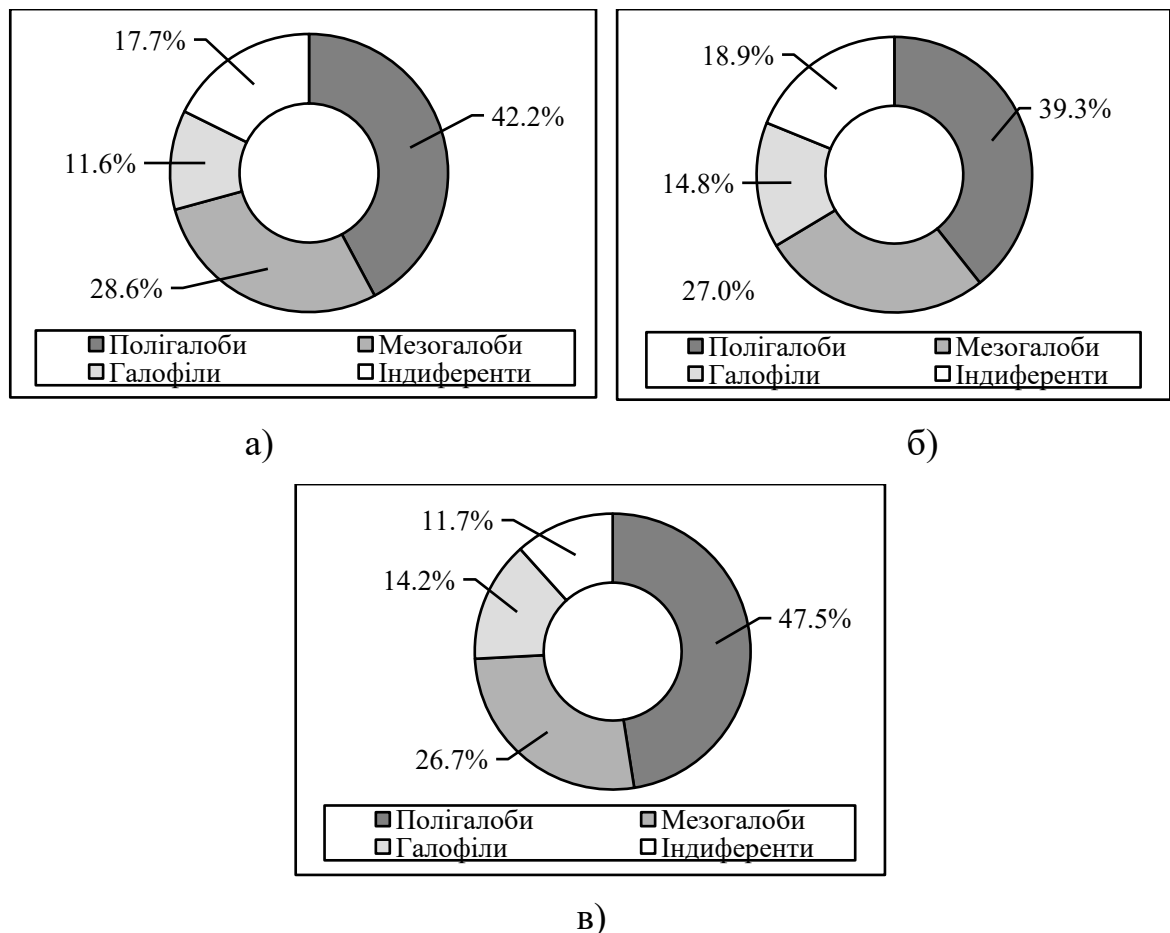


Рисунок 3.8 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу Одеського прибережжя у 2022(а), 2023 (б) та 2024 (в) роках (у % від кількості індикаторних видів)

В угрупованнях мікрофітобентосу досліджених акваторій Одеського прибережжя у 2024 році було знайдено 54 види-індикатори сапробності. Більшість серед них становили β-мезосапроби (68,5 %), що свідчить про помірний характер органічного забруднення чорноморських вод (рис. 3.9).

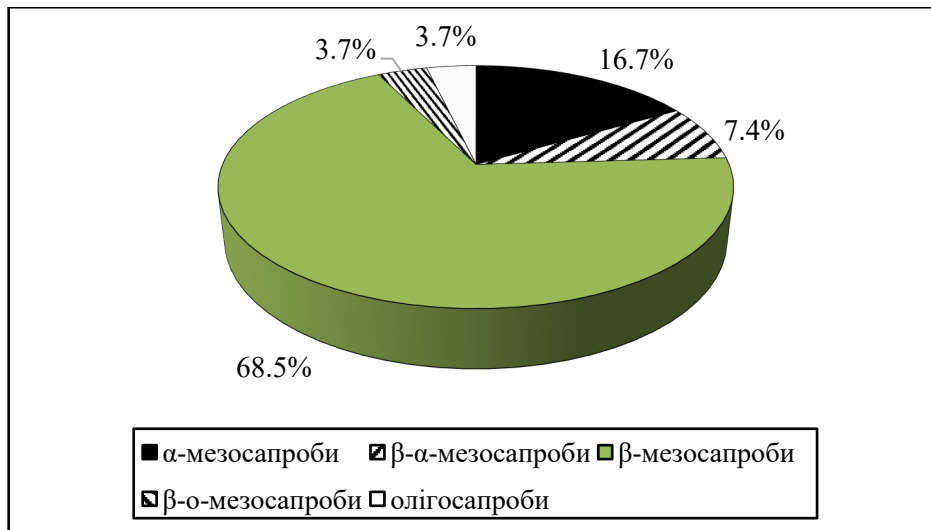


Рисунок 3.9 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу Одеського прибережжя у 2024 році(у % від кількості індикаторних видів)

Кількість сапробіонтичних видів в угрупованнях бентосних мікрководоростей дещо зменшилась порівняно з минулими роками, здебільшого, за рахунок β-мезосапробів – в 1,2-1,5 рази (рис. 3.10). Менше стало й α- та β-α-мезосапробів. Показники слабого забруднення та чистих вод (ο-β-мезосапроби та χ-β-сапроби) у нинішньому році були відсутні.

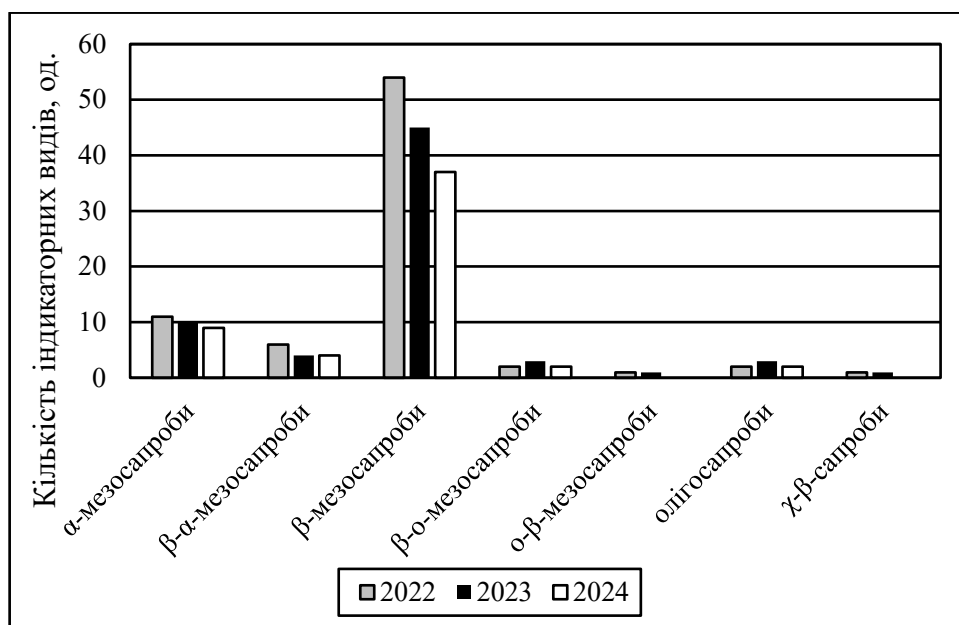
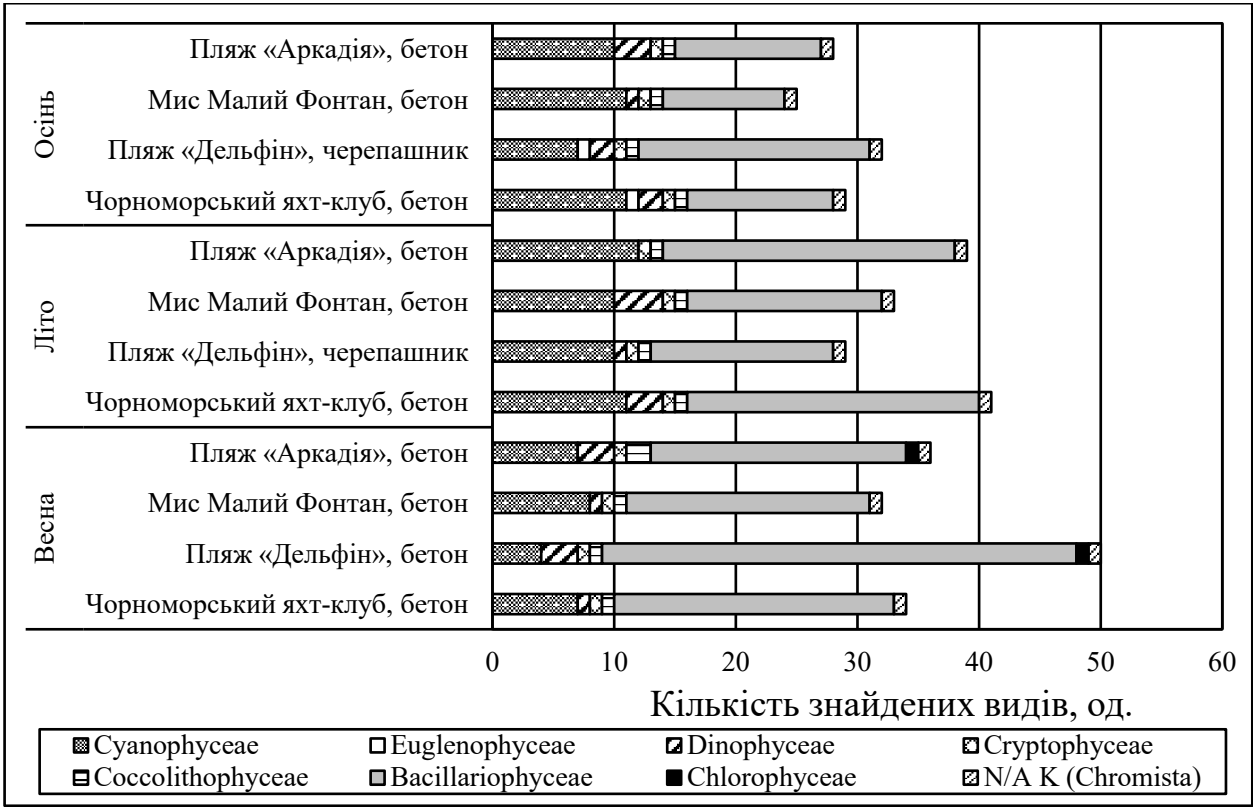


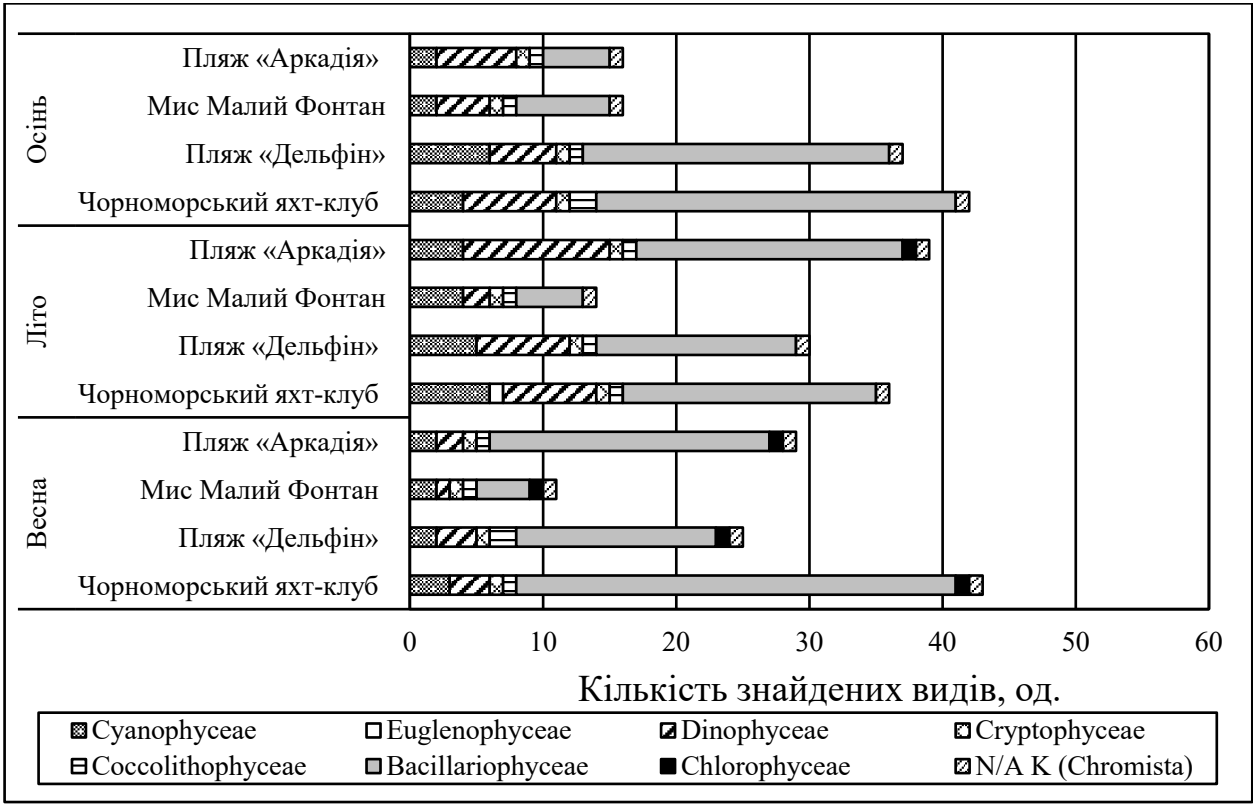
Рисунок 3.10 – Динаміка сапробіонтного складу мікрофітобентосу Одеського прибережжя впродовж 2022-2024 років

Впродовж 2024 року видовий склад мікроводоростей майже повсюдно зменшувався. Якщо навесні на твердих субстратах їх було знайдено від 32 до 50 видів, а на пухких – у 1,2-2,9 рази менше (від 11 до 43 видів), то влітку їх налічувалося 29-41 та 14-39 видів, а восени – 25-32 та 16-42 види на твердих і пухких субстратах, відповідно (рис. 3.11). Його формували, здебільшого, діатомові водорості, вміст яких повсюдно був найвищим у весняний сезон (58,3 %-78,0 % на твердих субстратах і 36,3 %-76,7 % – на піщаних). Найбільше видів мікрофітів було навесні на бетоні в акваторії пляжу «Дельфін», а влітку і восени – на піску в яхт-клубі. Порівняно з минулим роком кількість видів мікрофітів на бетоні в яхт-клубі в літній період зросла більш, ніж удвічі. На піску вона, навпаки, влітку скоротилася в 1,5, а восени – в 1,7 рази.

Чисельність мікрофітів Одеського прибережжя на твердих субстратах у весняний сезон була 1 133,56-6 780,64 млн. кл./м², влітку вона збільшилась в 1,4-4,6 рази, а восени – варіювала від 2 413,08 до 10 121,45 млн. кл./м² (рис. 3.12). На піщаних ґрунтах вона впродовж року змінювалась від 957,15-1 541,43 млн. кл./м² навесні до 1 372,76-3 864,73 млн. кл./м² влітку (тобто, зросла в 1,4-2,5 рази). Восени чисельність дещо скоротилася до 1 212,50-3 056,26 млн. кл./м² (рис. 3.13). На піску впродовж року вона була найвищою в акваторії яхт-клубу. Як і у попередні роки, її повсюдно формували, переважно, дрібноклітинні синьо-зелені водорості. Їхній вміст був найвищим влітку (93,8-99,0 % на твердих субстратах і від 92,5 до 97,0 % – на піску) та восени (59,5-99,8 % на твердих субстратах і 89,8-97,1 % – на піщаних). Це, здебільшого, β -о-мезосапробні *Leptolyngbya fragilis* і *Merismopedia elegans* та β - α -мезосапробні *Merismopedia glauca* і *M. tenuissima*. Широко представлені були й діатомові водорості (до 62,1 % навесні та до 40,0 % восени на твердих субстратах). Навесні інтенсивно розвивалися β -мезосапроби *Achnanthes brevipes*, *A. longipes*, а влітку та восени – *Nitzschia lanceolata* var. *lanceolata*, *N. lanceolata* var. *minor* і *Planothidium delicatulum*. У весняний період року на обох типах субстратів численною була α -мезосапробна *Tabularia fasciculata*.



а)



б)

Рисунок 3.11 – Кількість видів мікрофітобентосу твердих (а) та піщаних (б) субстратів Одеського прибережжя у 2024 році

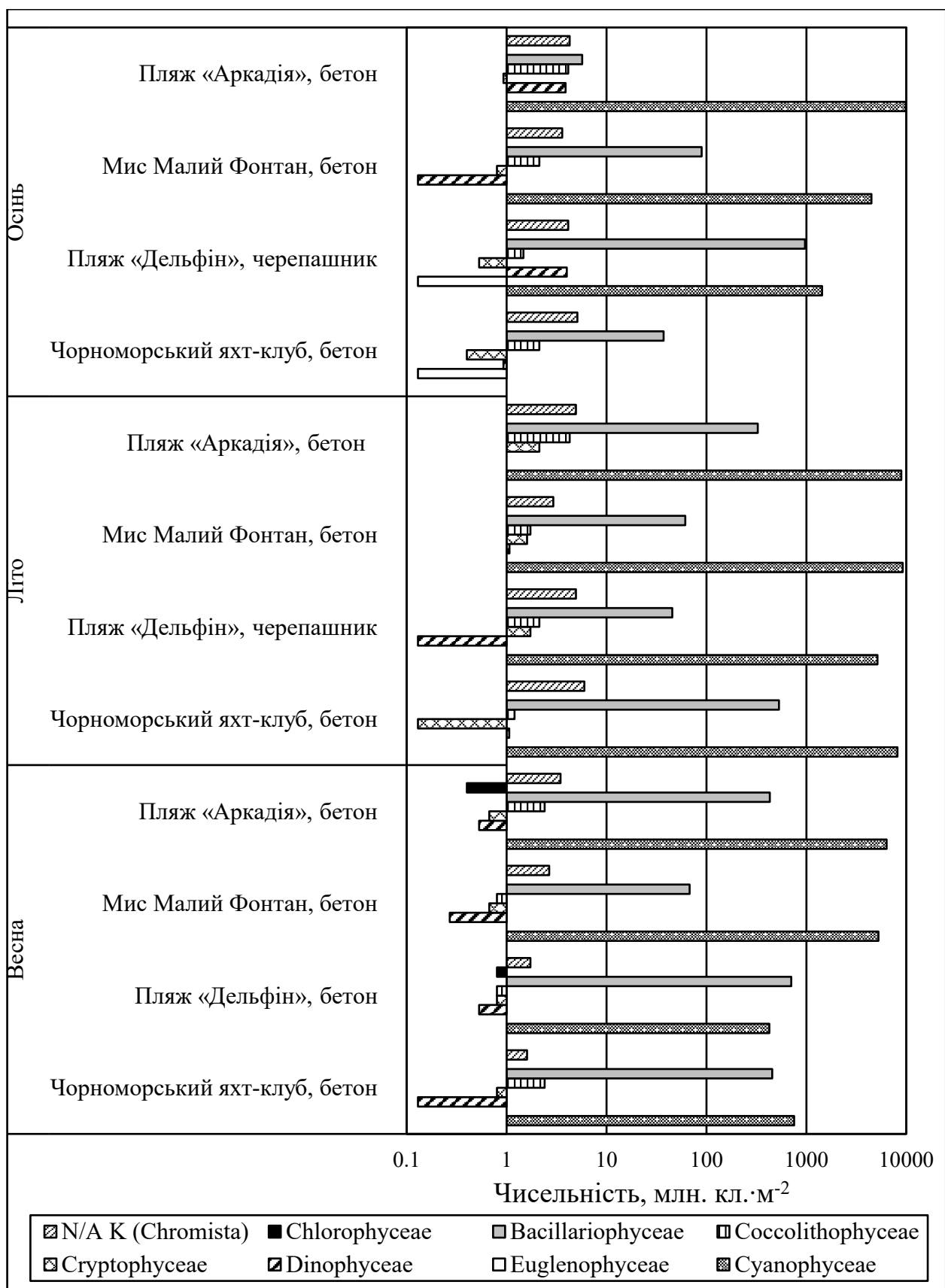


Рисунок 3.12 – Чисельність (млн. кл.·м⁻²) мікрофітобентосу твердих субстратів Одеського прибережжя у 2024 році

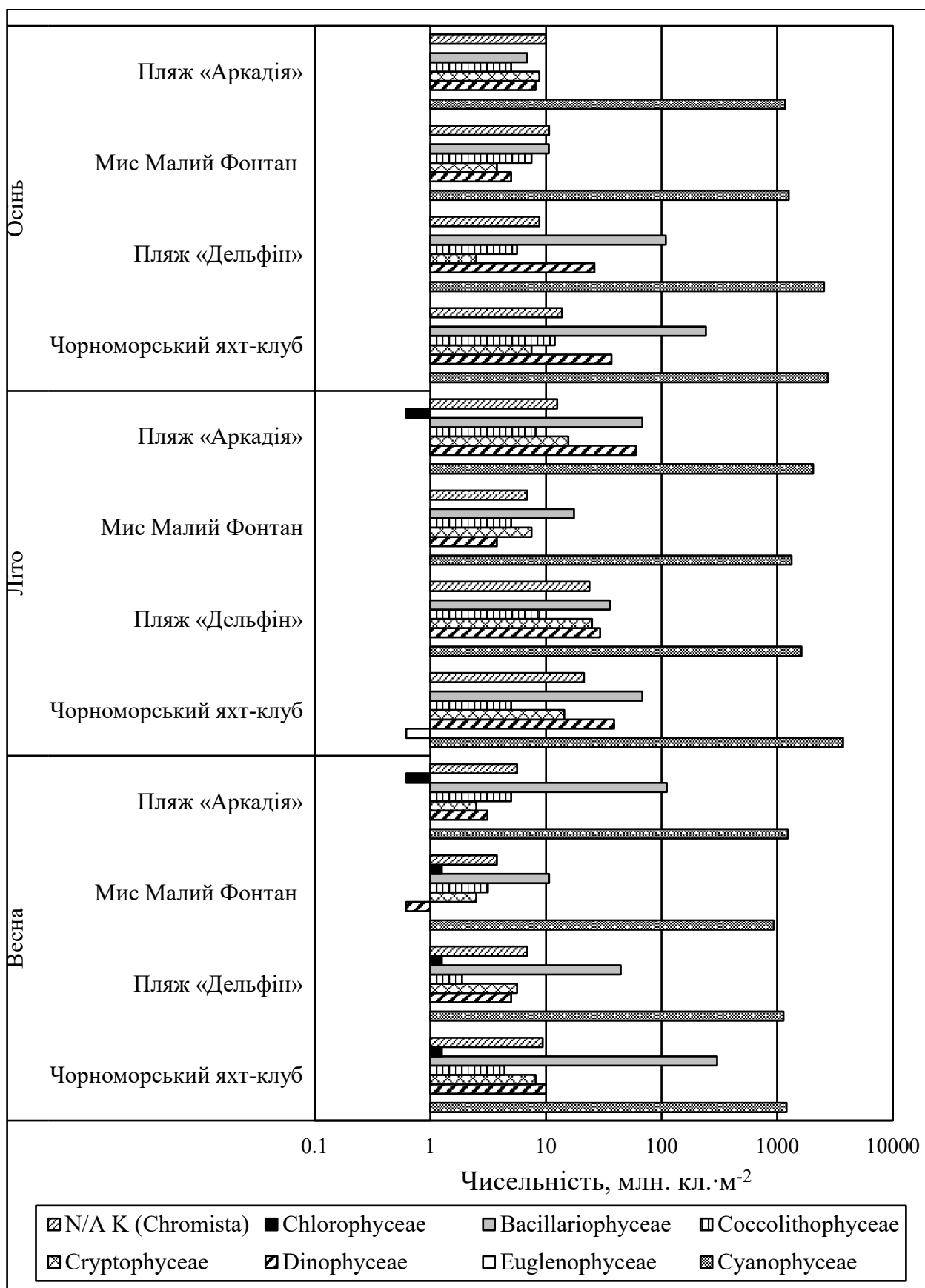


Рисунок 3.13 – Чисельність (млн. кл.·м⁻²) мікрофітобентосу піщаних субстратів Одеського прибережжя у 2024 році

Чисельність мікрофітобентосу на бетоні в яхт-клубі навесні та восени скоротилась у 3,2 та 1,3, влітку зросла в 1,8 рази відносно показників попереднього року. На піску навесні вона збільшилась в 1,8, а в літній та осінній сезони – зменшилась в 2,0 та 2,6 рази, переважно, за рахунок ціанопрокаріот.

Біомаса мікрофітобентосу твердих субстратів навесні 2024 року змінювалась від 430,84 до 6 988,03 мг/м², влітку вона була 474,47-2 765,30 мг/м², а восени складала 536,08-1 601,81 мг/м² (рис. 3.14). На піщаних субстратах біомаса мікроводоростей навесні становила 24,79-767,97 мг/м², влітку вона була 29,31-410,97, а восени зменшилась в 1,1-1,6 рази і сягнула 27,49-651,48 мг/м² (рис. 3.15). На твердих субстратах навесні (36,0-98,6 %) та влітку (12,4-69,3 %) і на пухких ґрунтах протягом року (17,7-93,7 %) її створювали крупноклітинні діатомеї, здебільшого, теж β -мезосапробні *A. brevipes*, *A. longipes* і види роду *Nitzschia*, а також α -мезосапробна *T. fasciculata*. Восени у ній, головним чином, переважали ціанопрокаріоти (до 98,7 % на твердих субстратах і до 32,6 % - на піщаних), зокрема *Calothrix scopulorum* і види родів *Phormidium* і *Oscillatoria*. На пухких субстратах значна роль у формуванні біомаси належала також дінофітовим водоростям (20,5-54,2 % влітку та 16,1-59,5 % восени).

Біомаса мікроводоростей на бетоні в акваторії яхт-клубу значно перевищувала минулорічні показники: у весняний сезон – в 1,5, в літній – у 6,2, а в осінній – в 1,2 рази. На піску вона у весняний період була в 1,7 рази більшою внаслідок розвитку діатомей. Влітку та восени біомаса скоротилась у 2,8 та 3,7 рази, відповідно. Біомаса ціанопрокаріот в ці сезони суттєво знизилась відносно даних попереднього року, а дінофітових водоростей – навпаки, дещо зросла.

Протягом 2024 року найбільш інтенсивний розвиток мікрофітів спостерігався на бетонних субстратах. Зареєстровані тут показники кількості видів (50 одиниць) та біомаси (6 988,03 мг · м⁻²) мікроводоростей були максимальними навесні в акваторії пляжу «Дельфін», а їхня чисельність була найвищою восени в яхт-клубі – 10 121,45 млн. кл. · м⁻². На пухких субстратах найвищі показники чисельності та біомаси мікроводоростей впродовж року були притаманні акваторії яхт-клубу.

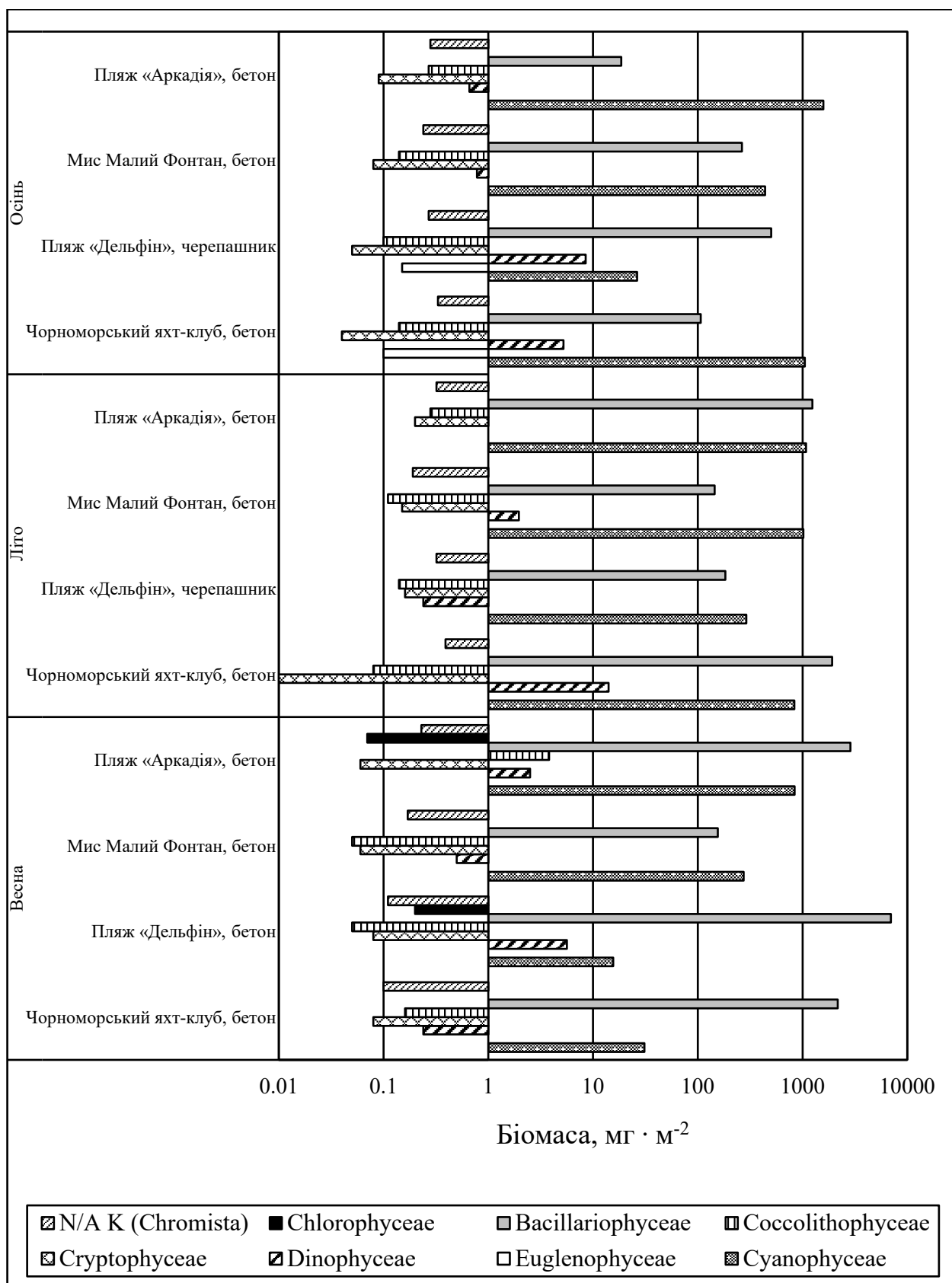


Рисунок 3.14 – Біомаса ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$) мікрофітобентосу твердих субстратів
Одеського прибережжя у 2024 році

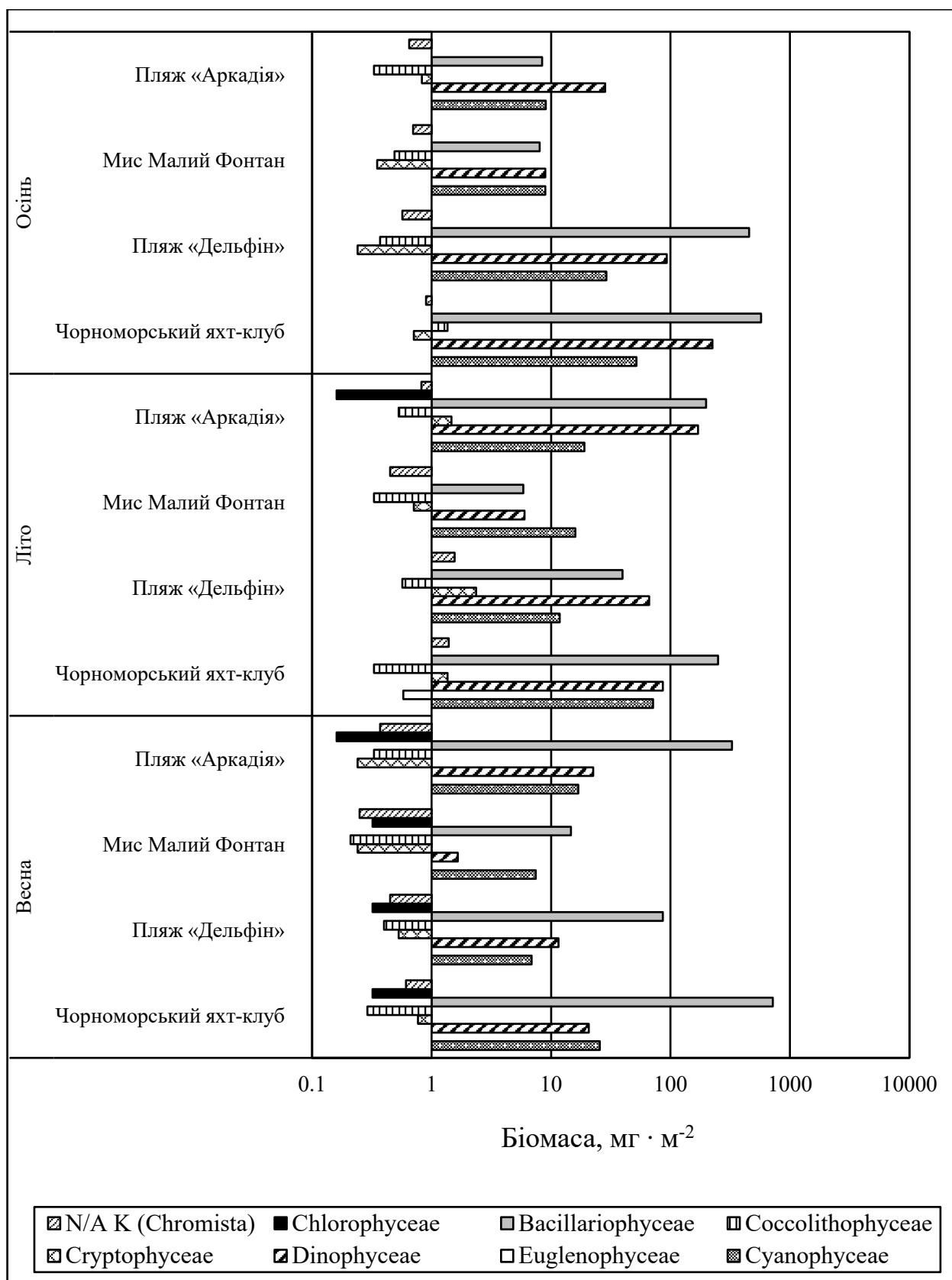


Рисунок 3.15 – Біомаса ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$) мікрофітобентосу піщаних субстратів Одеського прибережжя у 2024 році

Отже, у 2024 році в досліджених акваторіях прибережжя ПЗЧМ були відмічені помірні показники розвитку бентосних мікрофітів. Впродовж поточного року у видовому складі мікрофітобентосу переважали полі- та мезогалобні і β -мезосапробні діатомеї. Часто зустрічалися і ціанопрокаріоти. Дінофітові були відмічені, здебільшого, на пухких субстратах. Чисельність мікрофітів формували, в основному, дрібноклітинні синьо-зелені водорості, а біомасу – крупноклітинні діатомові, переважно, полі- та мезогалоби і β -мезосапроби. Наймасовішими з них були *A. brevipes*, *A. longipes* і види роду *Nitzschia*. Навесні масово вегетувала α -мезосапробна *T. fasciculata*. Інтенсивно розвивалися і ціанопрокаріоти *C. scopulorum*, *Oscillatoria limosa*, *Phormidium nigro-viride* і види роду *Merismopedia*.

У 2024 році також була виконана оцінка екологічного стану довкілля акваторій Чорноморського яхт-клубу, мису Малий Фонтан і пляжів «Дельфін» та «Аркадія» за шкалою та класами трофності [59], [60] по показниках загальної чисельності клітин водоростей (див. рисунок 3.12) в угрупованнях мікрофітобентосу твердих субстратів (табл. 3.15).

Як і торік, за показниками загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів усі досліджені ділянки моря були мезотрофними. Така характеристика розвитку донних мікроводоростей цілком відповідає «доброму» екологічному стану вод.

Таблиця 3.15 – Оцінка екологічного стану довкілля акваторій Одеського прибережжя за шкалою та класами трофності по показниках чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів (10^6 кл. · м⁻²)

Клас екологічного стану вод		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Поганий (poor)	Дуже поганий (bad)
Місце відбору проб	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	помаранчевий	червоний
	Класи трофності	Оліго-трофний	Мезо-трофний	Ев-трофний	Полі-трофний	Гіпер-трофний
	Шкала трофності, млн. кл/м ²	0,10·10 ³ -0,49·10 ³	0,50·10 ³ -14,99·10 ³	15,00·10 ³ -49,99·10 ³	50,00·10 ³ -199,99·10 ³	≥200,00·10 ³
Чорноморський яхт-клуб (пірс)	Весна		1,22·10 ³			
	Літо		8,70·10 ³			
	Осінь		10,12·10 ³			
Пляж «Дельфін» (пірс)	Весна		1,13·10 ³			
	Літо					
	Осінь					
Пляж «Дельфін» (камінь)	Весна					
	Літо		5,21·10 ³			
	Осінь		2,41·10 ³			
Мис М. Фонтан (пірс)	Весна		5,33·10 ³			
	Літо		9,30·10 ³			
	Осінь		4,57·10 ³			
Пляж «Аркадія» (пірс)	Весна		6,78·10 ³			
	Літо		9,25·10 ³			
	Осінь		9,88·10 ³			

4 ОЦІНКА СТАНУ ПЕЛАГІАЛІ ТА БЕНТАЛІ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ НА МАКРОВОДОРОСТЯХ

На сьогоднішній день відома велика кількість методів біотестування, але стандартизованих серед них небагато. В Україні досі не розроблено протоколів біоаналізу з використанням місцевих видів макрофітів для моніторингу водних скидів. Це різко контрастує з використанням методів біоаналізу макроводоростей, які добре зарекомендували себе в Європі, США та інших країнах.

Морські макрофіти історично вважали менш корисними для тестування на токсичність, ніж мікроводорості, та мікроводорості часто вважалися менш чутливими для біотестування, ніж водні тварини. Такі висновки щодо нечутливості морських макроводоростей були засновані на даних лише для кількох витривалих видів. Як правило, основним критерієм було вегетативне зростання дорослих стадій. Чутливість морських бентосних водоростей збільшується при оцінці впливу забруднюючих речовин на статеве розмноження.

Результати впливу токсикантів на статеве розмноження морських водоростей можуть бути використані для порівняння токсичності різних речовин, а також бути корисними для прогнозування довгострокових наслідків, які можуть виникнути в природному середовищі.

У 2010 році було розроблено тест на пригнічення росту морської *Ceramium strictum* Harvey sensu Kylin, яка є звичайним видом, що трапляється у водах помірного клімату [61] та солонуватоводної форм *C. tenuicorne* Kützinger Waern. Цей макрофіт належить до Ceramiaceae, Rhodophyta. Вид можна використовувати як модельний організм для прибережної екосистеми, він зустрічається в помірних морських водах в обох півкулях і тому актуальний для великих територій. Крім того, вид зустрічається у ПЗЧМ.

Важливо, щоб науковці, які використовують цей міжнародний стандарт, були знайомі зі звичайною лабораторною практикою. Абсолютно важливо, щоб

випробування, які проводяться відповідно до цього міжнародного стандарту, виконував підготовлений персонал.

Принцип тесту. Верхівки водоростей із монокультур жіночих гаметофітів *Ceramium* вирощують у певних умовах тестування та у визначеному середовищі. Водорості інкубують протягом 7 днів, після чого вимірюють збільшення довжини та розраховують швидкість росту. Пригнічення росту визначається як зниження швидкості росту порівняно з контрольними культурами, вирощеними в ідентичних умовах.

Тестові організми. Рекомендовано використання одного із наведених нижче клонів морських водоростей:

- а) *Ceramium tenuicorne* Kützinger Waern (клон 7S з Балтійського моря);
- б) *C. tenuicorne* Kützinger Waern (клон 20S і 30S, що походить з фіорду Осло).

Цей тест на пригнічення росту базується на двох клонах, які раніше вважалися двома різними видами. Такими видами були морський *Ceramium strictum* Harvey sensu Kylin і солонуватоводний вид *C. tenuicorne* Kützinger Waern. Повна інтерфертильність і дані ДНК показали, що дві форми належать до одного виду, з *C. tenuicorne* як дійсною назвою.

Серед червоних водоростей відбуваються зміни між гаплоїдним і диплоїдним поколіннями. У тесті на пригнічення росту використовується жіноче гаметофітне покоління, оскільки воно має рівномірний дихотомічний характер та найшвидший темп росту. У природі важко відрізнити чоловічі рослини від жіночих. Це можна зробити в лабораторії, де на гілках чоловічих рослин знаходять сперматозоїди, а на кінчиках жіночих рослин можна побачити трихогінні.

Середовище утримання. Природна морська вода використовується для вирощування водоростей, а для тестування слід використовувати природну або штучну морську воду. Тип морської води, який буде використано, залежить від мети тесту. При використанні природної морської води необхідно стежити, щоб вона не була забруднена. Необхідно бути особливо обережними, щоб уникнути

забруднення води неорганічними або органічними речовинами під час приготування та зберігання. Обладнання з міді використовувати не можна.

Природна та штучна морська вода має бути стерилізована автоклавуванням або стерильною фільтрацією (розмір пор 0,2 мкм) перед використанням. Для природної води достатньо паперового фільтра з розміром пор близько 30 мкм. Природну морську воду можна зберігати замороженою за температури нижче -18 °C протягом кількох років перед використанням [62].

Досить розповсюджений швидкий і економічно ефективний скринінговий тест для оцінки водної токсичності хімічних речовин. Цей аналіз заснований на дослідженні пригнічення росту водоростей. Ця зменшена версія стандартного аналізу виконується у форматі мікропланшетів, вимагає невеликих об'ємів тесту та підходить для скринінгу з високою продуктивністю. Цей новий аналіз знижує вартість, а також кількість необхідної досліджуваної речовини, підвищуючи ефективність і продуктивність, щоб мінімізувати ризик під час процесу розробки [63].

Полістирольний пластик мікропланшетів необхідно піддавати поверхневій обробці стандартною культурою тканин або тканевою культурою, щоб зробити пластик придатним для кріплення клітин. Необроблені полістиролові поверхні непридатні для прикріплення клітин через хімічний склад полістиролу. Процес обробки тканинною культурою включає вплив плазмового газу на мікропланшет із полістиролу з метою модифікації гідрофобної пластикової поверхні, щоб зробити її більш гідрофільною. Отримана поверхня несе чистий негативний заряд через присутність кисневмісних функціональних груп, таких як гідроксильна та карбоксильна. Загалом, це призведе до посилення прикріплення клітин [64].

Повідомлялося про деякі тести на токсичність, які засновані на поселенні та зростанні зооспор та подовженні зародкових трубок. Ці тести забирали багато часу, оскільки необхідно було визначити площу, довжину та кількість клітин проростаючих водоростей або кількість поселень зооспор. Крім того, необхідно

проводити вимірювання під мікроскопом як мінімум 10-ти екземплярів у кожній групі, використовуючи зростання як параметр вимірювання.

Важливо, що підготовка персоналу щодо цих експериментів займає тривалий період. Також існує можливість розбіжностей у результатах тестування, отриманих різними тестувальниками, через особисті помилки.

Методи випробувань на токсичність з використанням еталонних штамів макрофітів є кращими. Таких як, наприклад, *Phaeophyceae*, *Ectocarpus siliculosus*. Фізіологічна екологія, відповідні умови культивування та генетична інформація *E. siliculosus* добре задокументовані (секвенування геному цієї водорості нещодавно було завершено). Тому *Ectocarpus* може використовуватися як модельний організм. Крім того, цей вид бурих макроводоростей притаманний акваторії ОМР.

Оскільки культуральний штам більш однорідний, ніж водорості, які зібрані з навколишнього середовища, тест з його використанням можна проводити у будь-який час і він вважається більш відтворюваним, ніж тести з використанням автентичних водоростей. Однак розроблено небагато методів тестування макроводоростей, які можна було б протестувати у широкому діапазоні солоності з використанням культуральних штамів.

Методи, що дозволяють охарактеризувати токсичність вод, потребують збереження чоловічих та жіночих гаметофітів у лабораторних культурах. Асептичні методи рекомендуються, навіть якщо культури не призначені для аксенізації (аксенічний – вільний від інших організмів). Метою є захист від забруднення мікроводоростями. Тому для багатьох видів потрібна камера з контрольованою температурою (12-15 °C) [65].

Зразки зооспор макрофітів необхідно переглядати під інвертованим мікроскопом. Інвертований мікроскоп є спеціальним світловим мікроскопом, компоненти якого розташовані перевернутим чином. Ця унікальна конструкція характеризується розміщенням джерела світла та збиральної лінзи над столиком зразка вістрям донизу [66]. Оскільки розподіл культивованих водоростей по висоті великий, необхідно зробити більше 10 знімків з різними фокусними

відстанями для отримання повністю фокусованих зображень. Повністю сфокусовані широкомасштабні зображення кожної лунки можуть бути отримані за допомогою аналізатора програмного забезпечення BZ-X (Keyence Corporation).

Метод біоаналізу макроводоростей на основі мікропланшетів продемонстрував високу чутливість і відтворюваність і може бути доданий до методів, які зазвичай використовуються для оцінки токсичності небезпечних хімічних речовин, що вказує на відносно високу чутливість макроводоростей до цих інгібіторів фотосинтезу [67].

Для розробки стандартизованого тесту на екотоксичність важливі такі характеристики:

- тест повинен бути високочутливим і простим;
- його можна виконувати без складного обладнання та в обмеженому просторі;
- він повинен бути високо відтворюваним;
- мати легкий і стабільний доступ до досліджуваних організмів.

Таким чином, метод тестування пригнічення росту в неорганічному середовищі з використанням широко поширеного виду є високовідтворюваним методом оцінки, який можна виконувати в обмеженому просторі за допомогою мікропланшетів [78].

ВИСНОВКИ

В 2022-2024 рр. в досліджених акваторіях було відмічено 213 видів і різновидів мікроводоростей, що відносяться до 13-ти класів фітопланктону. Основу складали представники Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Ebriophyceae, Euglenoidea і Flagellata.

Середньорічна чисельність у 2022 році склала 83 тис. кл/л, у 2023 – 904 тис. кл/л, а у 2024 році – 369 тис. кл/л. В середньому за три роки вона складала 452 тис. кл/л, а за 2022 та 2024 – 226 тис. кл/л. Середньорічна біомаса у 2022 році складала 182,12 мг/м³, у 2023 році – 759 мг/м³, а у 2024 році – 792 мг/м³, в середньому за ці роки дорівнюючи 582,45 мг/м³, що у 1,8 рази більше ніж у попередні 3 роки та у 2,4 рази більше порівняно з останніми 2 роками.

Взимку 2024 року зареєстровано розмноження крупної діатомової водорості *Ditylum brightwellii* (T. West) Grunow, 1885 (24.01.2024 – 1 243,9 мг/м³, 93% біомаси проби, 31.01.2024 – 1 039,5 мг/м³, 60 % біомаси проби) та декілька видів роду *Chaetoceros*.

У 2024 році в цілому за критерієм загальної біомаси фітопланктону стан Одеського регіону можна оцінити як «Відмінний». Весь рік була прозора вода, яка відповідала критеріям «відмінного» екологічного стану (крім лютого, коли спостерігалось невеличке збільшення біомаси за рахунок діатомових водоростей, зокрема *Skeletonema costatum* та декількох видів роду *Chaetoceros*) та вересня-початку жовтня, коли спостерігався «червоний приплив», викликаний комплексом динофітових водоростей, у першу чергу – *Lingulaulax polyedra*. Згідно індексу Менхініка, екологічний стан моря біля Одеси весь рік був «добрий», крім зими, коли він був середньої якості, погіршившись у лютому. За індексом МЕС % стан моря влітку 2024 року був «відмінний». Співвідношення діатомових та динофітових водоростей навесні 2024 року

було «поганим» другий рік поспіль, цього року за рахунок розмноження декількох видів роду *Heterocapsa*. Але в цілому за рік по всім показникам стан морської екосистеми можна характеризувати як «добрий»

В цілому, концентрації фотосинтетичних пігментів в 2024 році характеризувалися більш низькою, порівняно з іншими роками, мінливістю. За виключенням піку в лютому значення хлорофілу *a* протягом року не перевищували 4,5 мкг·л⁻¹. Зміни хлорофілу *a* як індикатора кількісного розвитку фітопланктону, відображають зміни екологічного стану водного середовища. В цілому ця динаміка свідчить про характерну для ПЗЧМ сезонну динаміку. Сплески концентрації хлорофілу *a* зазвичай спостерігалися у весняно-літній період, що пов'язано з активізацією фотосинтетичних процесів фітопланктону в умовах підвищеної температури та збільшення річкового стоку, насиченого біогенними речовинами. В інші сезони, особливо восени та взимку, рівні вмісту хлорофілу були стабільно низькими, переважно не перевищували 2-5 мкг·л⁻¹. Це може свідчити про стабілізацію екосистеми ПЗЧМ після катастрофічних наслідків умов, пов'язаних з Каховською катастрофою.

Внаслідок підриву Каховської дамби і надходження в прибережну зону м. Одеси великої кількості біогенних речовин у 2023 році було виявлено найвище середнє значення за період, який аналізувався (4,02 мкг·л⁻¹).

Оцінка екологічного стану в прибережній зоні Одеського морського регіону на підставі середньосезонних значень концентрації хлорофілу *a* виявила статус «Задовільний» протягом всіх чотирьох сезонів 2024 року.

При порівнянні з аналогічними показниками 2022 року це свідчить про відносне покращення екологічного стану в 2024 році.

Протягом 2022 – 2024 років в ОМР було ідентифіковано 76 таксонів рангів виду та вищих морського, солонуватоводного та прісноводного комплексів. Найбільша кількість видів (71 представник) була відмічена у 2023 році, коли через підриг дамби Каховського водосховища відбувся швидкий приплив прісної води з Дніпра і біля берегів Одещини реєструвалися річні

види, які раніше не зустрічалися в цьому ареалі. В той же час були відмічені найвищі за три роки показники чисельності й біомаси зоопланктону. Основу різноманіття зоопланктону складали веслоногі ракоподібні (29 таксонів), до яких відносяться ряди Calanoida (9 таксонів), Cyclopoidea (6 таксонів) та Harpacticoida (14 таксонів). Треба відмітити, що більшість коловерток і значна частина кладоцер та копепод реєструвалися тільки в 2023 році після підриву греблі Каховської ГЕС, тоді як склад представників найпростіших, інших та меропланктону є майже незмінним.

Таким чином, за три розглянуті роки найнижче різноманіття було продемонстроване у 2022 році – 42 таксони, найвище було у 2023 році – 71 таксон. Максимальні показники чисельності та біомаси реєструвалися у 2023 році після розливу Каховського водосховища, мінімальні були взимку 2024 року. Показники екологічного стану майже весь рік знаходяться на позначці «поганий стан», крім літа, коли стан вважається «добрим» (2023 та 2024 роки) або «задовільним», як у 2022 році, це може бути пов'язано з необхідністю доповнення методики оцінки, враховуючи особливості прибережних та розпріснених естуарних районів. Загалом, екологічний стан акваторії за 2022-2024 роки можна охарактеризувати як «поганий».

У кількісних пробах макрзообентосу узбережжя ОМР (досліджувані глибини від 0,5 м до 3 м) у 2024 році було зареєстровано 12 видів. Найбільш вагому роль у формуванні якісного складу макрзообентосу відіграють Annelida – 3 види, Mollusca – 3 види, Crustacea – 2, Insecta – 1, Nematoda – 1, Bryozoa – 1, Nemertea – 1. Максимальну зустрічальність мали такі види: *Capitella capitata* (Fabricius, 1780), *Ampelisca diadema* (Costa, 1853), *Nematoda* gen. sp.

Для 2024 року були визначені наступні угруповання макрзообентосу: угруповання *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, угруповання *Abra nitida* (O. F. Müller, 1776), угруповання *Polychaeta varia*.

Таким чином, аналіз угруповань *M. galloprovincialis*, *A. nitida* та *Polychaeta varia* показав, що їх екологічний стан варіював у межах «трохи

порушеного» відповідно до індексу AMBI. Незначна видова різноманітність, низькі значення індексу Шеннона та індексу m-AMBI свідчать про нестабільність екосистеми та можливі антропогенні впливи, зокрема після руйнування Каховської ГЕС на досліджувану акваторію. Отже, на основі сукупності індексів уся досліджена ділянка моря не відповідає критеріям «відмінного» екологічного стану.

Проведені дослідження показали, що за період 2022–2024 років відбулося помітне зменшення чисельності, видової різноманітності та загального екологічного стану макрзообентосу. Подальші дослідження необхідні для оцінки довгострокових змін та адаптації екосистеми до нових умов.

На досліджених ділянках нами було виявлено всього 24 види макроводоростей. До відділу Chlorophyta відносяться 13 видів (54,2 %), Rhodophyta – 8 (33,3 %), Phaeophyta – 3 види (12,5 %). Визначені макрофіти належать до 5 класів, 9 порядків, 14 родин, 16 родів. Найбільшим числом видів представлені роди *Ulva* – 4 види, *Cladophora* – 3 види, *Ceramium*, *Ulvella*, *Acrochaetium* по 2 види. Решта родів (11) мають по 1 представнику. Таке переважання у складі досліджуваної альгофлори одновидових родин (одинадцять) свідчить про її спрощений склад. Взагалі, в умовах підвищеного рівня евтрофікації і деякого розпріснення прибережних вод Одеської затоки у всіх досліджуваних акваторіях переважали зелені водорості.

В процесі евтрофікації збільшується площа питомої поверхні макрофітів. Внаслідок евтрофікації відбуваються радикальні зміни у фітоценозах: великі багаторічні малорозгалужені пластинчаті види з невисокою питомою продукцією замінюються дрібними короткоциклічними нитчастими високопродуктивними формами.

Для оцінки стану різних районів Чорного моря найбільш показовим є такий морфофункціональний показник макрофітобентосу, як питома поверхня трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$. Високі коефіцієнти $(S/W)_{3Dp}$, що характеризують несприятливий екологічний стан акваторій, обумовлені масовим розвитком

дрібних нитчастих водоростей: *Callithamnion corymbosum* з $(S/W)_x$, $m^2 \cdot kg^{-1}$ – $165,00 \pm 4,21$, *Ectocarpus siliculosus* – $123,10 \pm 4,80$.

Таким чином, за інтегральним показником акваторія яхт-клубу відповідає статусу між «задовільним» та «добрим». Акваторії, прилеглі до мису Малий Фонтан та пляжу «Аркадія» можна віднести до «доброго» екологічного статус-класу. В результаті інтегральної оцінки можна зробити висновок, що райони моніторингу належать до «Доброго» і «Задовільного» статус-класів. За двома категоріями екологічного стану GES – NotGES даної акваторії ближче до GES.

Протягом 2024 року в угрупованнях мікрофітобентосу твердих (бетон, черепашник) та пухких (пісок) субстратів досліджених прибережних акваторій ПЗЧМ було зареєстровано 134 види водоростей, які належали до 8 класів. Серед них переважали діатомеї – 88 видів (65,7 % від їх загальної кількості). Найширше були представлені полі- та мезогалобні і β -мезосапробні види родів *Nitzschia*, *Navicula*, *Cocconeis*, *Lyrella*. Кількість дінофітових водоростей зросла в 1,5 рази порівняно з минулим роком і становила 21 вид (15,7 %).

Загальна кількість знайдених видів мікрофітів дещо скоротилася порівняно з попереднім роком, зокрема за рахунок синьо-зелених, діатомових та зелених водоростей.

Як і у попередні роки, стосовно солоності води знайдені види мікрофітів були, здебільшого, полігалобами – 47,5 % (представники діатомових, дінофітових та золотистих водоростей). Їхня кількість зменшилася у 2023 році, а у 2024 – навпаки, дещо зростала. Олігогалобів (галофілів і індиферентів) було найбільше в 2023 році, через зниження солоності води внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС.

В угрупованнях мікрофітобентосу досліджених акваторій Одеського прибережжя у 2024 році було знайдено 54 види-індикатори сапробності. Більшість серед них становили β -мезосапроби (68,5 %), що свідчить про помірний характер органічного забруднення чорноморських вод.

Впродовж 2024 року видовий склад мікроводоростей майже повсюдно зменшувався. Його формували, здебільшого, діатомові водорості, вміст яких повсюдно був найвищим у весняний сезон.

Чисельність мікрофітів Одеського прибережжя на твердих субстратах у весняний сезон була 1 133,56-6 780,64 млн. кл./м², влітку вона збільшилась в 1,4-4,6 рази, а восени – варіювала від 2 413,08 до 10 121,45 млн. кл./м². Як і у попередні роки, її повсюдно формували, переважно, дрібноклітинні синьо-зелені водорості. Це, здебільшого, β -о-мезосапробні *Leptolyngbya fragilis* і *Merismopedia elegans* та β - α -мезосапробні *Merismopedia glauca* і *M. tenuissima*.

Біомаса мікрофітобентосу твердих субстратів навесні 2024 року змінювалась від 430,84 до 6 988,03 мг/м², влітку вона була 474,47-2 765,30 мг/м², а восени складала 536,08-1 601,81 мг/м². На піщаних субстратах біомаса мікроводоростей навесні становила 24,79-767,97 мг/м², влітку вона була 29,31-410,97, а восени зменшилась в 1,1-1,6 рази і сягнула 27,49-651,48 мг/м². Її створювали крупноклітинні діатомеї, здебільшого, теж β -мезосапробні *A. brevipes*, *A. longipes* і види роду *Nitzschia*, а також α -мезосапробна *T. fasciculata*.

У 2024 році також була виконана оцінка екологічного стану довкілля акваторій Чорноморського яхт-клубу, мису Малий Фонтан і пляжів «Дельфін» та «Аркадія» за шкалою та класами трофності по показниках загальної чисельності клітин водоростей в угрупованнях мікрофітобентосу твердих субстратів.

Як і торік, за показниками загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів усі досліджені ділянки моря були мезотрофними. Така характеристика розвитку донних мікроводоростей цілком відповідає «доброму» екологічному стану вод.

В Україні досі не розроблено протоколів біоаналізу з використанням місцевих видів макрофітів для моніторингу водних скидів. Для розробки

стандартизованого тесту на екотоксичність необхідно враховувати такі характеристики:

- тест повинен бути високочутливим і простим;
- його можна виконувати без складного обладнання та в обмеженому просторі;
- він повинен бути високо відтворюваним;
- мати легкий і стабільний доступ до досліджуваних орг

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Конвенція про охорону біологічного різноманіття від 1992 року
Документ 995_030, чинний, поточна редакція – Редакція від 29.10.2010,
підстава – 995_k03. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text

2 Про схвалення Концепції Державної цільової екологічної програми
моніторингу довкілля. Документ 610-2023-р, чинний, поточна редакція –
Прийняття від 07.07.2023. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/610-2023-%D1%80#Text>

3 Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод.
Постанова КМ України від 19 вересня 2018 р. № 758. Документ 758-2018-п,
чинний, поточна редакція – Редакція від 08.09.2021, підстава – 922-2021-п.
URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>

4 Directive 2000 / 60 / EC. Directive of the European Parliament and of the
Councils tablishhing a framework for the Community action in the field of
waterpolicy (Water Framework Directive) // Official Journal of the European Union.
– 22.12.2000. – 72 p.

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

6 Directive 92 / 43 / EEC. Directive of the conservation of natural habitats and
of wild fauna and flora of 21 May 1992 // Official Journal of the European Union. –
21.05.1992. – 49 p.

7 Directive 2009 / 147 / EC. Directive of the European Parlament and of the
conservation of wild birds of 30 November 2009 // Official Journal of the European
Union. – 26.01.2010. – P. 7–25

8 Крахмальний А. Ф. Динофитовые водоросли Украины (иллюстрированный определитель) / Отв. ред. П.М. Царенко. – Киев: Альтерпрес, 2011. – 444 с., 32 рис., 117 табл. ил., библи. 701

9 Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря – М. : Изд-во АН СССР, 1955. – 222 с.

10 Krachmalnyi A. F., Krachmalnyi M. A., Terenko G. V., Goncharenko I. V. Dominant species of the genus *Protoperidinium* Bergh (Peridiniales: Protoperidiniaceae) in the Black sea. – *Zootaxa* 5339(5). 2023. – P. 427–448

11 Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений (временное). [Текст]: под общ. ред. А. В. Цыбань. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 192 с.

12 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: 20th Edition [Text] / Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton / – Washington: American Public Health Association, 1998. – P. 10–62

13 Методические основы комплексного экологического мониторинга океана [Текст]: под. общ. ред. А. В. Цыбань. – М. : Московское отделение Гидрометеиздат, 1988. – С. 185–200

14 ГОСТ 17.1.4.02-90–1990. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла $-a$ [Текст]. – Введ. 1990–07–09. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1990. – 25 с.

15 Определитель фауны Черного и Азовского морей [Текст] : в 3т. / [под общ. ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского]. — К. : Наукова думка, 1968. – Т. I : Свободноживущие беспозвоночные. Простейшие, губки, кишечнополостные, черви, щупальцевые. – 437 с.

16 Определитель фауны Черного и Азовского морей [Текст] : в 3т. / [под общ. ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского]. — К. : Наукова думка, 1969. – Т. II : Свободноживущие беспозвоночные. Ракообразные. – 536 с.

17 Определитель фауны Черного и Азовского морей [Текст] : в 3т. / [под общ. ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского].— К. : Наукова думка, 1972. – Т. III. :

Свободноживущие беспозвоночные. Членистоногие (кроме ракообразных), моллюски, иглокожие, щетинкочелюстные, хордовые. – 340 с.

18 Мурина В. В. Определитель пелагических личинок многощетинковых червей Polychaeta) Чёрного моря. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – 67 с.

19 Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалохина. – М. : Товарищество научных изданий КМКб, 2010. – 495 с., ил.

20 Тевяшова О.Е. Сбор и обработка зоопланктона в рыбоводных водоёмах. Методическое руководство (с определителем основных пресноводных видов). – Ростов-на-Дону : ФГУП "АзНИРХ", 2009. – 84 с.

21 Губанова А., Алтухов Д. Копеподы Чёрного моря – 4SEAS. – Режим доступа : <http://4seas.at.ua/publ/1-1-0-6>. – 13.11.2017 – 10.11. 2020 – Назва з екрану

22 Алимов А. Ф. – Введение в продукционную гидробиологию. Л. : Гидрометеиздат, 1989. 152 с.

23 Наумов Н. А. Основа ботанической микротехники. – М. : Сов. наука, 1954. – 312 с.

24 Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – Л. : Наука, 1967. – 312 с.

25 WoRMS Editorial Board (2023). World Register of Marine Species. Available from <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2023-10-23. doi:10.14284/170

26 Морозова-Водяницкая Н. В. Материалы к санитарно-биологическому анализу морских вод [Текст] / Работы Новорос. биол. ст. – 1930. – Вып. 4. – С. 163–181

27 Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря [Текст]. – К. : Наук. думка, 1975. – 247 с.

28 Калугина-Гутник А. А. Значение водорослей-макрофитов в оценке загрязненности воды прибрежной части Черного моря [Текст] //

Океанографические аспекты самоочищения моря от загрязнения : сб. науч. ст. – К. : Наук. думка, 1970. – С. 83–92

29 Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A. 2015. Black Sea monitoring guidelines. Macrophytobenthos. // Secretariat of commission on protection of the Black Sea against pollution. Istanbul: 76 p. http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2013/12/Manual_macrophytes_EMBLAS_ann.pdf

30 REPORT Thresholds values of macrophytobenthos indicators for determining the ecological status class (GES/ NotGES) of national subdivisions for Ukrainian state marine monitoring / Institute of Marine Biology, NAS Ukraine (IMB NASU). – January 2020, Odessa. – P. 26

31 Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. Водоросли : справочник. – К. : Наук. думка, 1989. – 606 с.

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

33 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

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

35 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

36 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

37 Рябушко Л. И. Атлас токсичных микроводорослей Черного и Азовского морей [Текст] / Л. И. Рябушко. – НИЦ Вооруженных Сил Украины

«Государственный океанариум». – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 140 с.

38 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 доступу : www.algaebase.org. – 24.11.2023. – Title from the screen

39 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 доступу : <http://www.marinespecies.org>. – 24.11.2023. – Title from the screen

40 Todorova V. Manual for collection and treatment of soft bottom macrozoobentos samples[Text] / V. Todorova, T. Konsulova. – Varna: Institute of Oceanology, Bulgarian Academy of Science, 2005. – 37 p.

41 Todorova V. Benthic metrics and their suitability for the assessment of the ecological status of coastal and transitional water [Text]/ V.Todorova // Macrozoobenthos Workshop in Varna : materials internat.science congres: (10-17 September 2005, Varna) /Institute of Oceanology Bulgarian Academy of Science. – Varna, 2005. – 17 p.

42 Киселева М. И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Черного и Азовского морей. – Россия : Кольский научный центр РАН, 2004. – 409 с.

43 Высшие ракообразные [Текст] // Десятиногие ракообразные : сб. науч. тр. / под общ.ред. Ю. Н. Макарова – К.,2004. – Вып. 1–2. – 429 с.

44 Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 5 від 14.01.2019 «Про затвердження Методики віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод».— Документ z0127-19, чинний, поточна редакція — Прийняття від 14.01.2019 (Остання подія – Набрання чинності, відбулась 26.02.2019). URL :– <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#Text>

45 Електронний ресурс : Режим доступу :
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Cerataulina_pelagica.jpg

46 Електронний ресурс : Режим доступу :
https://www.smhi.se/oceanografi/oce_info_data/plankton_checklist/diatoms/chaetoceros_throndsenii.htm

47 Базова оцінка та визначення доброго екологічного стану (ДЕС) біоценозів і біорізноманіття Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України : звіт про НДР / НДУ «Український науковий центр екології моря» (УкрНЦЕМ) Міністерства екології та природних ресурсів України ; кер. С. П. Ковалишина. – Одеса, 2019. – 138 с. – № ДР 0118U006642

48 Moncheva S., L. Boicenco, 2011. Compliance of national assessment methods with the WFD requirements (Romania and Bulgaria) WFD Intercalibration Phase 2: Milestone 4b report- Black Sea GIG, ECOSTAT Meeting, 17-19 October, Ispra

49 MISIS Joint Cruise Scientific Report, 2014. «State of Environment Report of the Western Black Sea based on Joint MISIS cruise» (SoE-WBS), Moncheva S. and L. Boicenco [Eds], 401 pp.

50 Общие замечания к методике количественного учета зоопланктона и использование интегральной оценки состояния зоопланктона для определения качества морской среды (методика расчета, шкалы оценки качества) [Електронний ресурс] / Б. Г. Александров. — Одеса: Workshop on the NPMS and JOSS Biological Monitoring Methods, EMBLAS project (22-23 лютого 2016 року). — Режим доступу до презентації: emblasproject.org/wpcontent/uploads/2016/02/Александров_Зоопланктон.pptx

51 Порядок здійснення державного моніторингу вод: за станом на 19 вересня 2018 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. – 47 с.

52 Todorova, Valentina, et al. ANEMONE Deliverable 1.3. «Black Sea Monitoring and Assessment Guideline». Edited by Valentina Todorova, Editura CD Press, Romania, 2021.

53 Carletti A., Heiskanen A. Reports Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Part 3: Coastal and Transitional Waters. JRC Scientific and Technical. – Methodology, 2009, doi:10.2788/19561.

54 Электронний ресурс : Режим доступу : www.azti.es

55 Электронний ресурс : Режим доступу : <http://www.sams.ac.uk>

56 Евстигнеева И. К. Количественное развитие и видовое разнообразие макроводорослей на искусственном субстрате в Черном море [Текст] / И. К. Евстигнеева, В. А. Гринцов // Экология моря. – 2001. – № 55. – С. 11-16

57 Мінічева Г. Г. Морфофункціональні основи формування морського фітобентосу [Текст] : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.17 «Гідробиологія» / Г. Г. Мінічева ; ІнБЮМ НАН України. – Севастополь, 1998. – 27 с.

58 Minicheva G. Use of the Macrophytes Morphofunctional Parameters to Assess Ecological Status Class in Accordance with the EU WFD [Text] / G. Minicheva // Marine Ecological Journal. – 2013. – Vol. XII, № 3. – P. 5-21

59 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

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

61 Britta T Eklund, Lena Kautsky. Review on toxicity testing with marine macroalgae and the need for method standardization - exemplified with copper and phenol // Marine Pollution Bulletin. - Volume 46, Issue 2, February 2003, Pages 171-181.

62 AENOR UNE-EN ISO 10710 E. Water quality – Growth inhibition test with the marine and brackish water macroalga *Ceramium tenuicorne* (INTERNATIONAL STANDARD ISO 10710:2010 (E)). URL :

<https://standards.globalspec.com/std/10398020/AENOR%20UNE-EN%20ISO%2010710%20E>

63 Miniaturized Alga growth-inhibition assay URL :

https://f.hubspotusercontent10.net/hubfs/8093962/Standard%20Assays/Microplate%20Alga%20Growth%20Inhibition%20Test.pdf?utm_campaign=Standard%20Assays&utm_medium=email&_hsmi=98028831&_hsenc=p2ANqtz--81ECgXktLT9KdxDQrlp7R7dH41EY80iSbue4FRfGIV5V2wFaLDw9QWHTaAyfLBpdZuEGMGChwnUIp_KfdaKMteRu_aA&utm_content=98028831&utm_source=hs_automation

64 Plates for Cell-based Assays. URL : <https://www.perkinelmer.com/lab-products-and-services/application-support-knowledgebase/microplates/plate-treatments.html#:~:text=The%20tissue%20culture%20treatment%20process,such%20as%20hydroxyl%20and%20carboxyl>

65 Richard L. Steele, Glen B. Thursby. Laboratory culture of gametophytic stages of the marine macroalgae *Champia parvula* (Rhodophyta) and *Laminaria saccharina* (Phaeophyta) // Environmental Toxicology and Chemistry. - First published: December 1988. - Volume 7, Issue 12. - P. 997–1002. <https://doi.org/10.1002/etc.5620071206>].

66 Що таке інвертований мікроскоп? Принцип, процедура, частини, використання. URL :

<https://microbiologynote.com/uk/%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF-%D1%96%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B0/>

67 Onduka T., Somiya R., Yamagishi T. et al. Development of a microplate-based novel toxicity bioassay using Chlorophyta and Phaeophyceae macroalgae. Ecotoxicology 32, 824-836 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10646-023-02692-1>

68 M. Nomura, H. Okamura, Y. Horie, C.K. Yap, C. Emmanouil, S. Uwai, H. Kawai. Effects of antifouling compounds on the growth of macroalgae *Undaria pinnatifida* // Chemosphere. - Volume 312, Part 1, January 2023 г., 137141. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137141>

ДОДАТОК А

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ ФІТОПЛАНКТОНУ

Таблиця А.1 – Список зареєстрованих видів фітопланктону
у прибережних районах ПЗЧМ протягом 2024 року

	Bacillariophyceae
1	2
1	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M. Archibald, 1986
2	<i>A. proteus</i> Gregory, 1857
3	<i>Amphora</i> sp.
4	<i>Attheya decora</i> T. West, 1860
5	<i>A. septentrionalis</i> (Østrup) R.M. Crawford, 1994
6	<i>Attheya</i> sp.
7	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979
8	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey, 1937
9	<i>Chaetoceros abnormis</i> Proshkina-Lavrenko, 1953
10	<i>Ch. affinis</i> Lauder, 1864
11	<i>Ch. compressus</i> Lauder, 1864
12	<i>Ch. curvisetus</i> Cleve, 1889
13	<i>Ch. danicus</i> Cleve, 1889
14	<i>Ch. decipiens</i> Cleve, 1873
15	<i>Ch. lacinosus</i> F. Schütt, 1895
16	<i>Ch. lorenzianus</i> Grunow, 1863
17	<i>Ch. lorenzianus</i> var. <i>solitarius</i> Proshkina-Lavrenko, 1955
18	<i>Ch. minimus</i> (Levander) D. Marino, G. Giuffrè, M. Montresor & A. Zingone, 1991
19	<i>Ch. peruvianus</i> Brightwell, 1856
20	<i>Ch. similis</i> Cleve, 1896
21	<i>Ch. similis</i> f. <i>solitarius</i> Proshkina-Lavrenko, 1955
22	<i>Ch. simplex</i> Ostensfeld, 1902
23	<i>Ch. simplex</i> var. <i>simplex</i> Ostensfeld, 1901
24	<i>Ch. socialis</i> H.S. Lauder, 1864
25	<i>Chaetoceros</i> sp.
26	<i>Ch. subtilis</i> var. <i>abnormis</i> f. <i>simplex</i> Proshkina-Lavrenko, 1961
27	<i>Ch. thronsdensii</i> (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone, 1991
28	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg, 1838
29	<i>C. placentula</i> Ehrenberg, 1838
30	<i>Coscinodiscus granii</i> Gough, 1905

Продовження таблиці А.1

1	2
31	<i>C. radiatus</i> Ehrenberg, 1840
32	<i>C. caspia</i> Grunow, 1878
33	<i>C. choctawhatcheeana</i> Prasad, 1990
34	<i>Cylindrotheca Closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C. Lewin, 1964
35	<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngbye) C.A. Agardh, 1824
36	<i>Diatoma</i> sp.
37	<i>Diatoma vulgare</i> Bory de Saint-Vincent, 1824
38	<i>D. vulgare</i> f. <i>subsalina</i> Proschkina-Lavrenko, 1961
39	<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow, 1885
40	<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer, 1975
41	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844
42	<i>Halamphora coffeiformis</i> (C. Agardh) Mereschowsky, 1903
43	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve, 1889
44	<i>L. minimus</i> Gran, 1915
45	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow, 1867
46	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müller) C. Agardh, 1824
47	<i>Navicula gregaria</i> Donkin, 1861
48	<i>N. lanceolata</i> Ehrenberg, 1838
49	<i>Navicula</i> sp.
50	<i>N. tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory de Saint-Vincent, 1822
51	<i>Nitzschia hybrida</i> Grunow
52	<i>N. paleacea</i> Grunow in Van Heurck, 1881
53	<i>N. reversa</i> W. Smith
54	<i>Nitzschia</i> sp.
55	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873
56	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) W. Smith, 1852
57	<i>Pleurosigma</i> sp.
58	<i>Porosira glacialis</i> (Grunow) Jörgensen, 1905
59	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström, 1986
60	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928
61	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G. Sundström, 1986
62	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot, 1980
63	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873
64	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D.M. Williams & Round, 1986
65	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschowsky, 1902
66	<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostfeld, 1901
67	<i>Th. excentrica</i> Karsten, 1905
68	<i>Th. excentrica</i> Karsten, 1905
69	<i>Th. gravida</i> Cleve, 1896
70	<i>Th. nordenskiöldii</i> Cleve, 1873
71	<i>Thalassiosira</i> sp.

Продовження таблиці А.1

1	2
72	<i>Ulnaria</i> sp.
73	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère, 2001
74	<i>Stephanocyclus meneghinianus</i> (Kützinger) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek, 2022
	Chlorophyceae
75	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov, 1953
76	<i>Chlamydomonas</i> sp.
77	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli, 1855
78	<i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegewald) E. Hegewald, 2000
79	<i>D. denticulatus</i> (Lagerheim) S.S. An, T. Friedl & E. Hegewald, 1999
80	<i>Golenkinia radiata</i> Chodat, 1894
81	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
82	<i>M. komarkovae</i> Nygaard, 1979
83	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E. Hegewald, 2005
84	<i>Raphidocelis danubiana</i> (Hindák) Marvan, Komárek & Comas, 1984
85	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson, 1835
86	<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E. Hegewald, 2005
87	<i>Tetradismus lagerheimii</i> M.J. Wynne & Guiry, 2016
88	<i>T. obliquus</i> (Turpin) M.J. Wynne, 2016
89	<i>Tetrastrum staurogeniiforme</i> (Schröder) Lemmermann, 1900
90	<i>Cosmarium conspersum</i> var. <i>rotundatum</i> Wittrock, 1869
91	<i>Lemmermannia tetrapedia</i> (Kirchner) Lemmermann, 1904
92	<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C. Wood) C. Bock, Proschold & Krienitz, 2011
93	<i>Oocystis borgei</i> J.W. Snow, 1903
94	<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko, 1966
	Chrysophyceae
95	<i>Dinobryon faculiferum</i> (Willén) Willén, 1992
96	<i>Ochromonas oblonga</i> N.Carter, 1937
97	<i>Ochromonas</i> sp.
98	<i>Ollicola vangoorii</i> (W. Conrad) Vørs, 1992
99	<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg, 1832
	Cryptophyceae
100	<i>Teleaulax acuta</i> (Butcher) D.R.A. Hill, 1991
101	<i>T. amphioxeia</i> (W. Conrad) D.R.A. Hill, 1992
	Cyanophyceae
102	<i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886
103	<i>Dolichospermum flosaquae</i> (Brébisson ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek, 2009
104	<i>Glaucospira laxissima</i> (G.S. West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014
105	<i>Jaaginema kisselevii</i> (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988

Продовження таблиці А.1

1	2
106	<i>Limnothrix planctonica</i> (Woloszynska) Meffert, 1988
107	<i>Merismopedia elegans</i> A. Braun ex Kützing, 1849
108	<i>M. minima</i> G.Beck, 1897
109	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846
110	<i>Nodularia spumigena</i> Mertens ex Bornet & Flahault, 1886
111	<i>Oscillatoria</i> sp.
112	<i>Synechococcus</i> sp.
	Dinophyceae
113	<i>Akashiwo sanguinea</i> (K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
114	<i>Amphidinium crassum</i> Lohmann, 1908
115	<i>Blixaea quinquecornis</i> (T.H. Abé) Gottschling, 2017
116	<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin, 1841
117	<i>C. tripos</i> (O.F. Müller) Nitzsch, 1817
118	<i>Chimonodinium lomnickii</i> (Woloszynska) S.C. Craveiro, A.J.Calado, N.Daugbjerg, Gert Hansen & Ø.Moestrup, 2011
119	Dinophyceae gen. sp.
120	<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann, 1859
121	<i>D. caudata</i> Saville-Kent, 1881
122	<i>D. fortii</i> Pavillard, 1923
123	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881
124	Dynophyceae cyst
125	<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoed, 1911
126	<i>G. spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
127	<i>Gymnodinium</i> sp.
128	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoed & Swezy, 1921
129	<i>Gyrodinium</i> sp.
130	<i>Heterocapsa</i> sp.
131	<i>H. triquetra</i> (Ehrenberg) Stein, 1883
132	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & F.J.R. Taylor, 2003
133	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (F. Stein) J.D. Dodge, 1989
134	<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sournia, 1973
135	<i>Polykrikos kofoedii</i> Chatton, 1914
137	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge, 1975
138	<i>P. micans</i> Ehrenberg, 1834
139	<i>P. ponticus</i> Krachmalny & Terenko, 2002
140	<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen, 1904) Balech, 1974
141	<i>Pr. conicum</i> (Gran, 1900) Balech, 1974
142	<i>Pr. curvipes</i> (Ostenfeld) Balech, 1974
143	<i>Pr. depressum</i> (Bailey, 1854) Balech, 1974
144	<i>Pr. divergens</i> (Ehrenberg, 1840) Balech, 1974
145	<i>Pr. euxinum</i> Krakhmalnyi, 2023

Кінець таблиці А.1

1	2
146	<i>Pr. knipowitschii</i> (Usachev, 1927) Balech, 1974
147	<i>Pr. mediterraneum</i> (Kofoed, 1909) Balech, 1974
148	<i>Pr. pallidum</i> (Ostenfeld, 1899) Balech, 1973
149	<i>Pr. pellucidum</i> Bergh, 1881
150	<i>Pr. steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech, 1974
151	<i>Pr. subinermis</i> (Paulsen) Loeblich III, 1969
152	<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S. Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling, 2015
153	<i>Scrippsiella</i> sp.
154	<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F. Gómez, 2013
	Ebriophyceae
155	<i>Ebria tripartita</i> (J. Schumann) Lemmermann, 1899
156	<i>Hermesinum adriaticum</i> O. Zacharias, 1906
	Euglenoidea
157	<i>Euglena</i> sp.
158	<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer, 1904
	Flagellata
159	Flagellata gen. sp.
160	Flagellates 6-8 μm
	Prasinophyceae
161	<i>Pterosperma jorgensenii</i> J. Schiller, 1925
	Prymnesiophyceae
162	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) W.W. Hay & H.P. Mohler, 1967
	Centrohelea
163	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann, 1903

Таблиця А.2 – Список зареєстрованих видів фітопланктону
у прибережних районах ПЗЧМ за 2022-2024 роки

	Bacillariophyceae
1	2
1	<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh, 1824
2	<i>A. longipes</i> C.Agardh, 1824
3	<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing, 1844
4	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M. Archibald, 1986
5	<i>Am. hyalina</i> Kützing, 1844
6	<i>Am. marina</i> W.Smith, 1857
7	<i>Am. proteus</i> Gregory, 1857
8	<i>Amphora</i> sp.
9	<i>Attheya decora</i> T.West, 1860
10	<i>At. septentrionalis</i> (Østrup) R.M. Crawford, 1994
11	<i>Attheya</i> sp.
12	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979
13	<i>Caloneis</i> sp.
14	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey, 1937
15	<i>Chaetoceros abnormis</i> Proschkina-Lavrenko, 1953
16	<i>Ch. affinis</i> Lauder, 1864
17	<i>Ch. affinis</i> f. <i>schuettii</i> (Cleve) Proschkina-Lavrenko, 1955
18	<i>Ch. compressus</i> Lauder, 1864
19	<i>Ch. curvisetus</i> Cleve, 1889
20	<i>Ch. danicus</i> Cleve, 1889
21	<i>Ch. decipiens</i> Cleve, 1873
22	<i>Ch. laciniosus</i> F.Schütt, 1895
23	<i>Ch. lorenzianus</i> Grunow, 1863
24	<i>Ch. lorenzianus</i> var. <i>solitarius</i> Proschkina-Lavrenko, 1955
25	<i>Ch. minimus</i> (Levander) D. Marino, G. Giuffre, M. Montresor & A. Zingone, 1991
26	<i>Ch. peruvianus</i> Brightwell, 1856
27	<i>Ch. similis</i> Cleve, 1896
28	<i>Ch. similis</i> f. <i>solitarius</i> Proschkina-Lavrenko, 1955
29	<i>Ch. simplex</i> Ostensfeld, 1902
30	<i>Ch. simplex</i> var. <i>simplex</i> Ostensfeld, 1901
31	<i>Ch. socialis</i> H.S. Lauder, 1864
32	<i>Chaetoceros</i> sp.
33	<i>Ch. subtilis</i> var. <i>abnormis</i> f. <i>simplex</i> Proshkina-Lavrenko, 1961
34	<i>Ch. thronsdensei</i> (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone, 1991
35	<i>Ch. wighamii</i> Brightwell, 1856
36	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg, 1838

Продовження таблиці А.2

1	2
37	<i>C. placentula</i> Ehrenberg, 1838
38	<i>C. scutellum</i> Ehrenberg, 1838
39	<i>C. scutellum</i> var. <i>minutissima</i> Grunow, 1880
40	<i>Coscinodiscus granii</i> Gough, 1905
41	<i>C. radiatus</i> Ehrenberg, 1840
42	<i>Cyclotella caspia</i> Grunow, 1878
43	<i>C. choctawhatcheeana</i> Prasad, 1990
44	<i>Cylindrotheca Closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C. Lewin, 1964
45	<i>Cymbella</i> sp.
46	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle, 1996
47	<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngbye) C.A. Agardh, 1824
48	<i>D. elongatum</i> var. <i>actinastroides</i> Krieger, 1927
49	<i>Diatoma</i> sp.
50	<i>D. vulgare</i> Bory de Saint-Vincent, 1824
51	<i>D. vulgare</i> f. <i>subsalina</i> Proschkina-Lavrenko, 1961
52	<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow, 1885
53	<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg) J.W. Griffith & Henfrey, 1856
54	<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer, 1975
55	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844
56	<i>Halamphora coffeiformis</i> (C. Agardh) Mereschowsky, 1903
57	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve, 1889
58	<i>L. minimus</i> Gran, 1915
59	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow, 1867
60	<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C. Agardh, 1824
61	<i>M. moniliformis</i> (O.F. Müller) C. Agardh, 1824
62	<i>M. moniliformis</i> var. <i>hispida</i> (Castracane) Hustedt
63	<i>Navicula gregaria</i> Donkin, 1861
64	<i>N. lanceolata</i> Ehrenberg, 1838
65	<i>N. pennata</i> A. Schmidt, 1876
66	<i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i> Mereschowsky, 1902
67	<i>Navicula</i> sp.
68	<i>N. tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory de Saint-Vincent, 1822
69	<i>Nitzschia hybrida</i> Grunow
70	<i>N. paleacea</i> Grunow in Van Heurck, 1881
71	<i>N. reversa</i> W. Smith
72	<i>N. sigma</i> (Kützing) W. Smith, 1853
73	<i>Nitzschia</i> sp.
74	<i>N. spathulata</i> W. Smith, 1853
75	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873
76	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) W. Smith, 1852
77	<i>Pleurosigma</i> sp.

Продовження таблиці А.2

1	2
78	<i>Porosira glacialis</i> (Grunow) Jörgensen, 1905
79	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström, 1986
80	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928
81	<i>Ps. seriata</i> (Cleve) H. Peragallo, 1899
82	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G. Sundström, 1986
83	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot, 1980
84	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873
85	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow, 1880
86	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C. Agardh, 1832
87	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D.M. Williams & Round, 1986
88	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschowsky, 1902
89	<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (A. Schmidt) G. Fryxell & Hasle, 1977
90	<i>Th. baltica</i> (Grunow) Ostefeld, 1901
91	<i>Th. excentrica</i> Karsten, 1905
92	<i>Th. excentrica</i> Karsten, 1905
93	<i>Th. gravida</i> Cleve, 1896
94	<i>Th. nordenskioeldii</i> Cleve, 1873
95	<i>Th. parva</i> Proschkina-Lavrenko, 1955
96	<i>Thalassiosira</i> sp.
97	<i>Ulnaria</i> sp.
98	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère, 2001
99	<i>Stephanocyclus meneghinianus</i> (Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek, 2022
	Chlorophyceae
100	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov, 1953
101	<i>An. falcatus</i> (Corda) Ralfs, 1848
102	<i>Chlamydomonas</i> sp.
103	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli, 1855
104	<i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegewald) E. Hegewald, 2000
105	<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) S.S. An, T. Friedl & E. Hegewald, 1999
106	<i>Golenkinia radiata</i> Chodat, 1894
107	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius, 1894
108	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
109	<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard, 1979
110	<i>Pediastrum tetras</i> var. <i>tetraodon</i> (Corda) Hansgirg, 1888
111	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E. Hegewald, 2005
112	<i>Raphidocelis danubiana</i> (Hindák) Marvan, Komárek & Comas, 1984
113	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson, 1835
114	<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E. Hegewald, 2005
115	<i>Tetradismus lagerheimii</i> M.J. Wynne & Guiry, 2016

Продовження таблиці А.2

1	2
116	<i>Tetradasmus lunatus</i> Korshikov, 1953
117	<i>Tetradasmus obliquus</i> (Turpin) M.J. Wynne, 2016
118	<i>Tetrastrum staurogeniiforme</i> (Schröder) Lemmermann, 1900
119	<i>Cosmarium conspersum</i> var. <i>rotundatum</i> Wittrock, 1869
120	<i>Lemmermannia tetrapedia</i> (Kirchner) Lemmermann, 1904
121	<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C. Wood) C. Bock, Proschold & Krienitz, 2011
122	<i>Oocystis borgei</i> J.W. Snow, 1903
123	<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko, 1966
	Chrysophyceae
124	<i>Dinobryon faculiferum</i> (Willén) Willén, 1992
125	<i>Ochromonas oblonga</i> N.Carter, 1937
126	<i>Ochromonas</i> sp.
127	<i>Ollicola vangoorii</i> (W. Conrad) Vørs, 1992
128	<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg, 1832
	Cryptophyceae
129	<i>Hillea fusiformis</i> (J. Schiller) J. Schiller, 1925
130	<i>Rhodomonas salina</i> (Wislouch) D.R.A. Hill & R. Wetherbee, 1989
131	<i>Teleaulax acuta</i> (Butcher) D.R.A. Hill, 1991
132	<i>Teleaulax amphioxeia</i> (W. Conrad) D.R.A. Hill, 1992
	Cyanophyceae
133	<i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886
134	<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann, 1904
135	<i>Ch. minor</i> (Kützing) Nägeli, 1849
136	<i>Dolichospermum flosaquae</i> (Brébisson ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek, 2009
137	<i>Glaucospira laxissima</i> (G.S. West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014
138	<i>Jaaginema kisselevii</i> (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988
139	<i>Limnothrix planctonica</i> (Woloszynska) Meffert, 1988
140	<i>Merismopedia elegans</i> A. Braun ex Kützing, 1849
141	<i>M. glauca</i> (Ehrenberg) Kützing, 1845
142	<i>M. minima</i> G.Beck, 1897
143	<i>M. punctata</i> Meyen, 1839
144	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846
145	<i>Nodularia spumigena</i> Mertens ex Bornet & Flahault, 1886
146	<i>Oscillatoria</i> sp.
147	<i>Synechococcus</i> sp.
148	<i>Phormidium chalybeum</i> (Mertens ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988
149	<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek, 1974
150	<i>Spirulina</i> sp.

Продовження таблиці А.2

1	2
	Dictyochophyceae
151	<i>Apedinella radians</i> (Lohmann) P.H. Campbell, 1973
	Dinophyceae
152	<i>Akashiwo sanguinea</i> (K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
153	<i>Amphidinium crassum</i> Lohmann, 1908
154	<i>Blixaea quinquecornis</i> (T.H. Abé) Gottschling, 2017
155	<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin, 1841
156	<i>C. tripos</i> (O.F. Müller) Nitzsch, 1817
157	<i>Chimonodinium lomnickii</i> (Woloszynska) S.C. Craveiro, A.J. Calado, N. Daugbjerg, Gert Hansen & Ø. Moestrup, 2011
158	<i>Cochlodinium</i> sp.
159	Dinophyceae gen. sp.
160	<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann, 1859
161	<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent, 1881
162	<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard, 1923
163	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881
164	Dynophyceae cyst
165	<i>Gonyaulax digitalis</i> (Pouchet) Kofoid, 1911
166	<i>G. scrippsiae</i> Kofoid, 1911
167	<i>G. spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
168	<i>Gymnodinium</i> sp.
170	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy, 1921
171	<i>Gyrodinium cornutum</i> (Pouchet) Kofoid & Swezy, 1921
172	<i>Gyrodinium</i> sp.
173	<i>Karlodinium veneficum</i> (D. Ballantine) J. Larsen, 2000
174	<i>Heterocapsa</i> sp.
175	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein, 1883
176	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & F.J.R. Taylor, 2003
177	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (F. Stein) J.D. Dodge, 1989
178	<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sournia, 1973
179	<i>Peridiniella</i> sp.
180	<i>Peridiniopsis</i> sp.
181	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911
182	<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton, 1914
183	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) T.H. Abe ex J.D. Dodge, 1975
184	<i>P. cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge, 1975
185	<i>P. cordatum</i> var. <i>aralensis</i> (Kisselev) Krachmalny, 1993
186	<i>P. lima</i> (Ehrenberg) F. Stein, 1878
187	<i>P. micans</i> Ehrenberg, 1834
188	<i>P. ponticus</i> Krachmalny & Terenko, 2002

Кінець таблиці А.2

1	2
189	<i>Protopteridinium bipes</i> (Paulsen, 1904) Balech, 1974
190	<i>Pr. conicum</i> (Gran, 1900) Balech, 1974
191	<i>Pr. curvipes</i> (Ostenfeld) Balech, 1974
192	<i>Pr. depressum</i> (Bailey, 1854) Balech, 1974
193	<i>Pr. divergens</i> (Ehrenberg, 1840) Balech, 1974
194	<i>Pr. euxinum</i> Krakhmalnyi, 2023
195	<i>Pr. knipowitschii</i> (Usachev, 1927) Balech, 1974
196	<i>Pr. mediterraneum</i> (Kofoid, 1909) Balech, 1974
197	<i>Pr. pallidum</i> (Ostenfeld, 1899) Balech, 1973
198	<i>Pr. pellucidum</i> Bergh, 1881
199	<i>Pr. punctulatum</i> (Paulsen, 1907) Balech, 1974
200	<i>Pr. steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech, 1974
201	<i>Pr. subinermis</i> (Paulsen) Loeblich III, 1969
202	<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S. Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling, 2015
203	<i>Scrippsiella</i> sp.
204	<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F. Gómez, 2013
	Ebriophyceae
205	<i>Ebria tripartita</i> (J. Schumann) Lemmermann, 1899
205	<i>Hermesinum adriaticum</i> O. Zacharias, 1906
	Euglenoidea
206	<i>Euglena</i> sp.
207	<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer, 1904
	Flagellata
208	Flagellata gen. sp.
209	Flagellates 6-8 μ m
	Prasinophyceae
210	<i>Pterosperma jorgensenii</i> J. Schiller, 1925
211	<i>Pt. cristatum</i> Schiller, 1925
	Prymnesiophyceae
212	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) W.W. Hay & H.P. Mohler, 1967
	Centrohelea
213	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann, 1903

ДОДАТОК Б

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ МЕЗОЗООПЛАНКТОНУ

Таблиця Б.1 – Список зареєстрованих у 2022-2024 роках видів
мезозоопланктону в ПЗЧМ

Таксономічна група	Таксон	2022	2023	2024
1	2	3	4	5
Protozoa	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid & Swezy, 1921	+	+	+
	<i>Tintinnidiidae</i> Kofoid & Campbell, 1929, gen. sp.	+	+	+
Jellyfish	<i>Aurelia aurita</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	
	<i>Coryne tubulosa</i> (M. Sars, 1835)		+	
	<i>Pleurobrachia</i> sp. Fleming, 1822	+	+	
	<i>Cordylophora caspia</i> (Pallas, 1771)		+	
	Jellyfish other	+	+	+
Rotifera	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850		+	+
	<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof, 1891)		+	
	<i>Brachionus calyciflorus calyciflorus</i> Pallas, 1776		+	
	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766		+	+
	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783		+	+
	<i>Encentrum marinum</i> (Dujardin, 1841)		+	+
	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)		+	
	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)		+	+
	<i>Mytilina ventralis</i> (Ehrenberg, 1832)		+	
	<i>Synchaeta baltica</i> Ehrenberg, 1834	+	+	+
	<i>Synchaeta vorax</i> Rousselet, 1902		+	+
	Rotatoria g. sp.		+	+
	Rotatoria g. sp., ova		+	+
Cladocera	<i>Penilia avirostris</i> Dana, 1849	+	+	+
	<i>Pleopis polyphemoides</i> (Leuckart, 1859)	+	+	+
	<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)		+	
	<i>Cornigerius maeoticus</i> (Pengo, 1879)		+	
	<i>Podonevadne trigona</i> (G.O. Sars, 1897)	+	+	+
	<i>Evadne spinifera</i> P.E. Müller, 1867		+	+
	<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)		+	
Calanoida	<i>Acartia (Acanthacartia) tonsa</i> Dana, 1849	+	+	+
	<i>Acartia (Acartiura) clausi</i> Giesbrecht, 1889	+	+	+
	<i>Centropages ponticus</i> Karavaev, 1895	+	+	
	<i>Centropages spinosus</i> (Krichagin, 1873)		+	+

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
Calanoida	<i>Calanus euxinus</i> Hulsemann, 1991		+	+
	<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars G.O., 1863)		+	
	<i>Eurytemora velox</i> (Lilljeborg, 1853)		+	+
	<i>Heterocope caspia</i> Sars G.O., 1897	+	+	
	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)		+	+
Cyclopoida	<i>Oithona davisae</i> Ferrari F.D. & Orsi, 1984	+	+	+
	<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	+	+	+
	<i>Cyclopina gracilis</i> Claus, 1863		+	+
	<i>Cyclops strenuus strenuus</i> Fischer, 1851		+	+
	<i>Halicyclops</i> Norman, 1903		+	+
	<i>Cyclopoida</i> gen. sp.	+	+	+
Harpacticoida	<i>Ameira parvula parvula</i> (Claus, 1866)	+	+	+
	<i>Amonardia</i> sp. Lang, 1944	+		
	<i>Amphiascella</i> sp. Lang, 1944		+	
	<i>Canuella perplexa</i> Scott T. & Scott A., 1893	+	+	+
	<i>Dactylopusia</i> sp. Norman, 1903	+		
	<i>Ectinosoma melaniceps</i> (Boeck, 1845)	+	+	+
	<i>Harpacticus littoralis</i> (Sars G. O., 1910)	+	+	+
	<i>Laophontidae</i> sp. Scott T., 1904	+	+	+
	<i>Cletocamptus</i> Schmankevitsch, 1875		+	
	<i>Mesochra</i> sp. Boeck, 1965	+		
	<i>Metis ignea ignea</i> Philippi, 1843	+		
	<i>Nitocra</i> sp. Boeck, 1865	+	+	
	<i>Tisbe</i> Lilljeborg, 1853		+	
	<i>Harpacticoida</i> gen. sp. Sars G.O., 1903	+	+	+
Meroplankton	<i>Ascidacea</i> Blainville, 1824, gen. sp.	+		
	<i>Nereis</i> sp. Linnaeus, 1758	+	+	+
	<i>Spio</i> sp. Fabricius, 1785	+	+	+
	<i>Polychaeta</i> Grube, 1850 gen. sp.	+	+	+
	<i>Cirripedia</i> Burmeister, 1834 nauplii	+	+	+
	<i>Cirripedia</i> Burmeister, 1834 cypris		+	+
	Bryozoa larvae	+	+	+
	<i>Gastropoda</i> Cuvier, 1795, gen. sp., veliger	+	+	+
	<i>Bivalvia</i> Linnaeus, 1758, gen. sp., larvae	+	+	+
	<i>Phoronis euxinicola</i> Selys-Longchamps, 1907, larvae		+	+
Varia	<i>Malacostraca</i> , gen. sp. larvae	+	+	+
	<i>Parasagitta setosa</i> (J. Müller, 1847)	+	+	+
	<i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i> Fol, 1872	+	+	+
	Pisces, gen. sp., larvae	+	+	
	Pisces gen. sp., ova		+	+
	<i>Hydrachnidia</i> Leach, 1815, gen. sp.	+	+	+
	<i>Ostracoda</i> Latreille, 1802, gen. sp.	+	+	
	<i>Nematoda</i> , gen. sp	+	+	+
	Chironomidae g. sp., larvae		+	
	Varia other, Insecta		+	
Загалом	76	42	71	49

Таблиця Б.2 – Середня чисельність та біомаса основних груп

мезозоопланктону Одеського регіону у 2022-2024 роках.

	2022	2023	2024	Середнє
Групи	Чисельність, екз. • м ⁻³			
Calanoida	2627	4362	1402	2797
Cyclopoida	2347	1181	1129	1552
Harpacticoida	111	139	152	134
Cladocera	52	3100	314	1155
Meroplankton	7016	9108	5664	7263
Protozoa	2211	2363	148	1574
Rotatoria	36	60252	6362	22217
Varia	19	36	27	27
Jellyfish	1	46	1	16
Загалом	14420	80587	15199	36735
максимальна	84287	1358443	221080	1358443
мінімальна	196	82	34	34
Групи	Біомаса, мг • м ⁻³			
Calanoida	3,977	39,252	3,959	15,729
Cyclopoida	6,377	4,361	2,804	4,514
Harpacticoida	0,396	0,725	0,661	0,594
Cladocera	0,376	23,513	1,469	8,453
Meroplankton	5,099	13,680	5,823	8,201
Protozoa	28,208	139,212	1,867	56,429
Rotatoria	0,054	63,554	18,084	27,231
Varia	0,853	4,977	2,532	2,787
Jellyfish	2,868	14,934	45,942	21,248
Загалом	48,207	304,208	83,141	145,186
максимальна	372,469	4940,893	4418,513	4940,893
мінімальна	0,939	0,606	0,104	0,104

ДОДАТОК В

ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД МІКРОФІТОБЕНТОСУ ВОДНОГО МАСИВУ СW5 ПЗЧМ В 2024 РОЦІ

Таблиця В.1 – Видовий склад мікрофітобентосу водного масиву СW5 ПЗЧМ у 2024 році

Примітки. 1 – На жовтому тлі наведені назви потенційно токсичних водоростей. 2 – Жирний шрифт означає масовий розвиток видів мікрофітів на субстратах. 3 – Літера «а» показує наявність аномальних клітин. 4 – Скорочені позначки субстратів: б – бетон, ч – черепашник, п – пісок.

№ з/п	Види та різновиди	Яхт-клуб			Пляж «Дельфін»			Мис Малий Фонтан			Пляж «Аркадія»		
		Весна	Літо	Осінь	Весна	Літо	Осінь	Весна	Літо	Осінь	Весна	Літо	Осінь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Клас Суанорхусеае													
1	<i>Calothrix confervicola</i> C. Agardh ex Bornet & Flahault, 1886		б						б	б		б	б
2	<i>C. scopulorum</i> C. Agardh ex Bornet & Flahault, 1886	б	б	б		ч, п	ч, п	б	б, п	б, п	б	б, п	б
3	<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli, 1849	б	б	б		ч	ч	б	б	б	б	б	б
4	<i>Ch. turgidus</i> (Kützing) Nägeli, 1849		б	б		ч	ч	б	б	б		б	б

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thuret) Geitler ex Komárek, 1993	б	б	б		ч	ч	б	б	б	б	б	б
6	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	б, п	б, п	б, п	б, п	ч, п	ч, п	б, п	б, п	б,	б, п	б, п	б, п
7	<i>Lyngbya confervoides</i> C. Agardh ex Gomont, 1892	б	б, п	б		ч, п	ч	б	б, п	б	б	б, п	б
8	<i>Merismopedia elegans</i> A. Braun ex Kützing, 1849	п	п	п			п						
9	<i>M. glauca</i> (Ehrenberg) Kützing, 1845		п			ч	п						
10	<i>M. minima</i> G.Beck, 1897											б	
11	<i>M. tenuissima</i> Lemmermann, 1898				б								
12	<i>M. tranquilla</i> (Ehrenberg) Trevisan, 1845		б	б									
13	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846	б				ч, п			б	б		б	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	<i>Microcystis sp.</i>	б, п	б, п	б, п	б, п	ч п	ч, п	б, п	б, п	б, п	б, п	б, п	б, п
15	<i>Oscillatoria limosa</i> C. Agardh ex Gomont, 1892		б, п	б			п			б		б	б
16	<i>Phormidium nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) <i>Anagnostidis</i> & Komárek, 1988			п									
17	<i>Schizothrix septentrionalis</i> Gomont, 1899		б	б		ч		б	б	б	б		б
18	<i>Schizothrix sp.</i>			б									
19	<i>Spirulina subsalsa</i> Oersted ex Gomont, 1892				б							б	
	Всього синьо-зелених	7 б, 3 п	11 б, 6 п	11 б, 4 п	4 б, 2 п	10 ч, 5 п	7 ч, 6 п	8 б, 2 п	10 б, 4 п	11 б, 2 п	7 б, 2 п	12 б, 4 п	10 б, 2 п
Клас Euglenophyceae													
1	<i>Eutreptia lanovii</i> Steuer, 1904		п	б			ч						
	Всього евгленових		1 п	1 б			1 ч						

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Клас Dinophyceae													
1	<i>Amphidiniopsis bulla</i> Reñé, Satta & Hoppenrath, 2019			б							п		
2	<i>Cochlodinium</i> sp.				б								
3	<i>Dinophyceae</i> gen. sp.				б								
4	<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard, 1924			п									
5	<i>D. recurva</i> Kofoid & Skogsberg, 1928					п						п	
6	<i>D. sacculus</i> F.Stein, 1883	п									б		
7	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881		п									п	б
8	<i>Durinskia agilis</i> (Kofoid & Swezy) Saburova, Chomérat & Hoppenrath, 2012		п	п		п	п					п	п
9	<i>Durinskia</i> sp.			п									
10	<i>Gymnodinium</i> <i>agiliforme</i> Schiller, 1928												п
11	<i>G. kowalevskii</i> Pitzik, 1967		п	п		п	п		б, п	п		п	б, п
12	<i>G. wulffii</i> J.Schiller, 1933					п							
13	<i>Gymnodinium</i> sp.						п					п	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
21	<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S. Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling, 2015		п	п	п	п	ч, п	п	б			п	п
	Всього дінофітових	1 б, 3 п	3 б, 7 п	2 б, 7 п	3 б, 3 п	1 ч, 7 п	2 ч, 5 п	1 б, 1 п	4 б, 2 п	1 б, 4 п	3 б, 2 п	11 п	3 б, 6 п
Клас Cryptophyceae													
1	<i>Hillea fusiformis</i> (J.Schiller) J.Schiller, 1925	б, п	б, п	б, п	б, п	ч, п	ч, п	б, п	б, п	б, п	б, п	б, п	б, п
	Всього криптофітових	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 ч, 1 п	1 ч, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п
Клас Coccolithophyceae													
1	<i>Gephyrocapsa huxleyi</i> (Lohmann) P.Reinhardt, 1972	б, п	б, п	б, п	б, п	ч, п	ч, п	б, п	б, п	б, п	б, п	б, п	б, п
2	<i>Syracolithus dalmaticus</i> (Kamptner) Leoblich Jr. & Tappan, 1966			п	п						б		
	Всього кокколітових	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 2 п	1 б, 2 п	1 ч, 1 п	1 ч, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	2 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Клас Bacillariophyceae													
1	<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh, 1824	б, п	б		б	ч	ч	б	б	б	б-а	б	б
2	<i>A. longipes</i> C.Agardh, 1824	б, п			б	ч	ч	б			б, п	б	б
3	<i>A. lyrata</i> Proschkina- Lavrenko, 1961	п	п		п		п						
4	<i>Amphora proschkiniana</i> Gusliakov, 1987	п	п	п	б	п	ч, п			б			
5	<i>A. proteus</i> Gregory, 1857	б	б, п	п					б				б
6	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> E. Pfitzer, 1871			п			п						
7	<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T. Marsson, 1901				б								
8	<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder, 1864						ч						
9	<i>Berkeleya rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow, 1880	б			б			б			б		

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
30	<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer, 1975											п	
31	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844	б, п	б	п	б							п	
32	<i>Halamphora coffeaeformis</i> (C. Agardh) Levkov, 2009	б, п	б, п	б, п	б, п	п	ч, п				п	п	
33	<i>H. cymbifera</i> (Gregory) Levkov, 2009	п	п	п	б	п	п						
34	<i>H. eunotia</i> (Cleve) Levkov, 2009	п	п	п			п				п		
35	<i>H. exigua</i> (Gregory) Levkov, 2009						п						
36	<i>H. terroris</i> (Ehrenberg) Wang in Wang et al., 2014			п									
37	<i>Licmophora communis</i> (Heiberg) Grunow, 1881	б											
38	<i>L. gracilis</i> (Ehr.) Grun., 1867	б	б	б		ч	ч	б	б	б		б	б
39	<i>L. ovulum</i> Mereschkovsky, 1902		б		б	ч	ч	б	б, п			б, п	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
40	<i>Lyrella abrupta</i> (Gregory) D.G. Mann, 1990					п							
41	<i>L. atlantica</i> (Schmidt) D.G. Mann, 1990	п		п			п				п		
42	<i>L. hennedyi</i> (W. Smith) Stickle & D.G. Mann, 1990											п	
43	<i>L. lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva, 1978	п	п	п							б		
44	<i>Mastogloia pumila</i> Cleve, 1895		б, п	п			п		п				
45	<i>M. smithii</i> Thwaites ex W. Smith, 1856						п						
46	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müller) C. Agardh, 1824	б, п			б								
47	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunow) Hustedt, 1927	п	б		б		ч					б	
48	<i>Navicula cancellata</i> Donkin, 1872	п		п	п		п						
49	<i>N. cryptocephala</i> Kützinger, 1844	б, п	п	п	б	п	п				п	п	
50	<i>N. digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs, 1861				б								

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
51	<i>N. directa</i> (W. Smith) Ralfs in Pritchard, 1861	п			б, п	ч	ч, п		б		п		
52	<i>N. menisculus</i> Schumann, 1867							б					
53	<i>N. palpebralis</i> Brébisson ex W. Smith, 1853										п	п	
54	<i>N. pennata</i> A.Schmidt, 1876	б, п		б	б		ч	б	б	п	б	б	
55	<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844			б, п	б		ч		п				
56	<i>N. ramosissima</i> (C. Agardh) Cleve, 1895	б, п	б, п	б, п	б, п	ч, п	ч, п	б, п	б, п	б, п	б, п	б, п	п
57	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow, 1862			п		п				б		б, п	
58	<i>N. angularis</i> W.Smith, 1853		б							б		б	
59	<i>N. commutata</i> Grunow, 1880						п					б	
60	<i>N. frustulum</i> (Kützing) Grunow, 1880											б	
61	<i>N. hybrida</i> Grunow												б
62	<i>N. lanceolata</i> W.Smith, 1853		б-а	б					б-а	б	б	б-а	б

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
63	<i>Nitzschia lanceolata</i> f. <i>minor</i> Grunow in Van Heurck, 1881		б-а	б		ч	ч	б	б	б	б	б-а	б
64	<i>N. obtusa</i> W.Smith, 1853		б										
65	<i>N. pusilla</i> Grunow, 1862		б	б	б				б	б		б-а, п	б
66	<i>N. sigma</i> (Kützing) W. Smith, 1853											б	
67	<i>N. vitrea</i> G. Norman, 1861		б	б				б				б	
68	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873	п											
69	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J. Cox, 1988	б		б	б			б			б		
70	<i>Petroneis humerosa</i> (Brébisson ex W. Smith) A.J. Stickle & D.G. Mann, 1990			п									
71	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round & Bukhtiyarova, 1996	п	п	п		ч, п	ч, п			п		п	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
81	<i>S. minuta</i> Brébisson, 1849										п		
82	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D.M. Williams & Round, 1986	б, п			б-а, п	ч		б, п			б, п		
83	<i>T. gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova, 1995				б						б		
84	<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostenfeld, 1901	б			б, п								
85	<i>Th. parva</i> Proschkina-Lavrenko, 1955				б								
86	<i>Th. eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve, 1904											п	
87	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894				б								
88	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère in Jahn et al., 2001	б			б, п			б		б	б, п		
	Всього діатомових	23 б, 33 п	24 б, 19 п,	12 б, 27 п	39 б, 15 п	15 б, 15 п	19 ч, 23 п	20 б, 4 п	16 б, 5 п	10 б, 7 п	21 б, 21 п	24 б, 20 п	12 б, 5 п

Кінець таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Клас Chlorophyceae													
1	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov, 1953	п			б, п			п			б, п	п	
	Всього зелених	1 п			1 б, 1 п						1 б, 1 п	1 п	
Інші види N/A К (Chromista)													
1	<i>Flagellata sp.</i>	б, п	б, п	б, п	б, п	ч, п	ч, п	б, п	б, п	б, п	б, п	б, п	б, п
	Всього флагеллят	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 ч, 1 п	1 ч, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п	1 б, 1 п
	Разом видів мікрофітобентосу	34 б, 43 п	41 б, 36 п	29 б, 42 п	50 б, 25 п	29 ч, 30 п	32 ч, 37 п	32 б, 11 п	33 б, 14 п	25 б, 16 п	36 б, 29 п	39 б, 39 п	28 б, 16 п