

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. (0482) 63 66 22
e-mail: aceem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

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


«19» _____

Віктор КОМОРИН

2024 року



ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ СТАНУ БІОЦЕНОЗІВ І БІОРІЗНОМАНІТТЯ
ЧОРНОГО МОРЯ В МЕЖАХ ВИКЛЮЧНОЇ МОРСЬКОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ
ЗОНИ УКРАЇНИ У 2023 РОЦІ

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

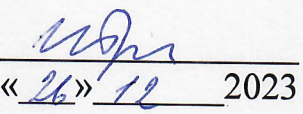
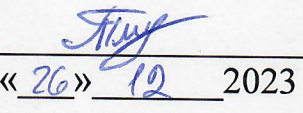
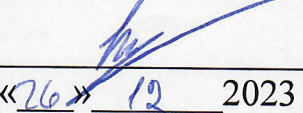
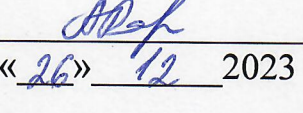
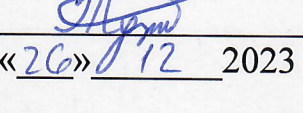
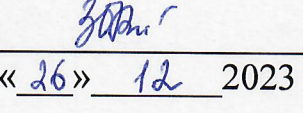
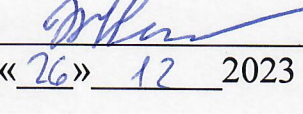
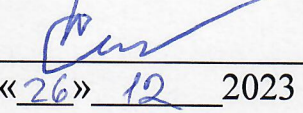


І.П. Трет'як

2023

Рукопис закінчено 26 грудня 2023 р.
Результати цієї роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ,
протокол від 29 грудня 2023 року № 6

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР: Зав. сектором ОМБ відділу НД та ОМБ, В.о. начальника ВНД та ОМБ	 « 26 » 12 2023	І. П. Трет'як (реферат, вступ, розділи 3.3, 3.4, 4.1, 4.2, висновки)
Виконавці: Ст. наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ, канд.біол. наук	 « 26 » 12 2023	Г. В. Теренько (експертні консультації)
Зав. сектором ГБД, В.о. начальника ВНД та ОМБ	 « 26 » 12 2023	М. В. Набокін (розділи 2.6, 2.7)
Наук.співроб. сектору БМОЯМВ відділу НД та ОМБ	 « 26 » 12 2023	О. В. Рачинська (розділ 3.5, Додаток В, висновки)
Наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ, канд. біол. наук	 « 26 » 12 2023	Т. В. Чужекова (розділ 3.1, висновки)
Наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ	 « 26 » 12 2023	О. В. Зотова (розділи 2.4, 2.5, висновки)
Наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ	 « 26 » 12 2023	К. В. Жирякова (розділи 2.6, 2.7, 3.2, Додаток Б, висновки)
Пров. фахівець сектору ГБД відділу НД та ОМБ	 « 26 » 12 2023	О. В. Соколовська (розділи 2.1, 2.2, 2.3, Додаток А, висновки)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 128 стор., 44 рис., 18 табл., 78 посилань, 3 додатки.

ЧОРНЕ МОРЕ, ФІТОПЛАНКТОН, ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПІГМЕНТИ, ЗООПЛАНКТОН, МАКРОЗООБЕНТОС, МАКРОФІТОБЕНТОС, МІКРОФІТОБЕНТОС, КАХОВСЬКА КАТАСТРОФА, ОЦІНКА СТАНУ, ДІАГНОЗ, ЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ, ОРГАНІЗМИ-ІНДИКАТОРИ, КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА.

Об'єкт дослідження – морські води і екосистема Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України.

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

Методи досліджень – проведені дослідження гідробіонтів на популяційному (біоценотичному) рівні методами прийнятими в гідробіології. В ході яких реєструвався стан планктонних та бентосних угруповань морських екосистем.

У звіті наведені результати спостережень за гідробіологічною складовою екосистем морського середовища Чорного моря у 2023 році, за екологічними критеріями та видами-індикаторами проведена оцінка стану біоти планктону та бентосу. Відзначено структурні зміни в угрупованнях гідробіонтів та визначено їх стан внаслідок підриву Каховської ГЕС. Здійснено огляд світового досвіду з проведення біотестування з використанням мікропланшетів на таких показниках макроводоростей як швидкість росту та розмноження.

У 2023 році були зафіксовані три випадки «цвітіння» води, викликані масовим розвитком мікроводоростей. На початку березня зі зниженням солоності води відбувалося цвітіння холоднолюбної динофітової водорості *Chimonodinium lomnickii*. В кінці травня було зафіксовано цвітіння діатомового нанопланктону – *Chaetoceros thronsenii*. 14 червня після катастрофи на

Каховській ГЕС був зафіксований «зелений приплив» – цвітіння комплексу ціанобактерій: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Dolichospermum flos-aquae* та *Microcystis aeruginosa*.

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

ЗМІСТ

	С.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ	
I ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	9
1 ГІДРОБІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1 Вихідні дані гідробіологічного моніторингу акваторій ПЗЧМ.....	10
1.2 Методи досліджень.....	12
2 СТАН ПЛАНКТОННОГО УГРУПОВАННЯ.....	17
2.1 Біорізноманіття та кількісні показники фітопланктону ОМР.....	17
2.2 Оцінка якості морської води ОМР за показниками фітопланктону....	26
2.3 «Цвітіння» води в ОМР	28
2.4 Значення пігменту хлорофілу- α в акваторії ОМР.....	30
2.5 Оцінка екологічного стану акваторії за його показниками.....	35
2.6 Якісні та кількісні показники мезозoopланктону Одеського регіону..	36
2.7 Оцінка екологічного стану акваторії ОМР за кількісними показниками мезозoopланктону.....	42
3 СТАН БЕНТОСНОГО УГРУПОВАННЯ.....	47
3.1 Біорізноманіття, кількісні показники та екологічний стан макрозообентосу ПЗЧМ.....	47
3.2 Біорізноманіття, кількісні показники та екологічний стан мейобентосу ПЗЧМ.....	52
3.3 Біорізноманіття, кількісні показники та еколого-біологічна характеристика макрофітобентосу ПЗЧМ.....	58
3.4 Оцінка Екологічного Статус Класу акваторії яхт-клубу.....	64
3.5 Біорізноманіття, кількісні показники та екологічний стан мікрофітобентосу ПЗЧМ.....	68

4 ОЦІНКА СТАНУ ПЕЛАГІАЛІ ТА БЕНТАЛІ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ НА МАКРОВОДОРОСТЯХ.....	77
4.1 Стандартизовані методи біотестування.....	77
4.2 Використання в мікропланшету в екотоксикологічних дослідженнях.....	81
ВИСНОВКИ.....	94
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	103
ДОДАТОК А СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ ФІТОПЛАНКТОНУ.....	112
ДОДАТОК Б СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ МЕЗОЗООПЛАНКТОНУ.....	117
ДОДАТОК В СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ МІКРОФІТОБЕНТОСУ.....	119

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

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);

ASTM – Американське товариство випробувань та матеріалів (International American Society for Testing and Materials);

AZTI – програмне забезпечення;

В – біомаса гідробіонтів;

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

ССМ – механізми концентрації вуглецю (Carbon Concentrating Mechanisms);

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

H – індекс видового різноманіття за Шенноном;

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

M-AMBI – багатовимірний морський біотичний індекс AZTI (Multi AZNI Bioticindex);

MISIS – 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);

N – чисельність гідробіонтів;

OECD – Організація економічного співробітництва та розвитку (Organisation for Economic Co-operation and Development);

PES – Провасолі збагачена морська вода або Провасолізбагачена природна морська вода (Provasoli Enrich Seawater or Provasoli-enriched natural sea water);

PESI –Провасолі збагачена морська вода середня (Provasoli's ES medium (PESI));

PSU – практичні одиниці солоності (Practical Salinity Units);

RGR – відносна швидкість росту (relative growth rate);

S – солоність вміст солей у воді (Salinity);

(SI_{ph}) - Індекс поверхні фітоценозу;

(S/W)_{ЗДР} - 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);

US EPA – Агентство з охорони навколишнього середовища США (United States Environmental Protection Agency);

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; це поняття включає в себе різноманітність у рамках виду, між видами і різноманіття екосистем. Біологічне різноманіття суттєво зменшується внаслідок деяких видів людської діяльності. Шляхом вибору зразків та інших методів здійснює моніторинг компонентів біологічного різноманіття [1].

Забруднення та виснаження природних ресурсів, зокрема внаслідок збройної агресії росії, продовжує загрожувати здоров'ю населення, екологічній безпеці та економічній стабільності держави. Від початку повномасштабного вторгнення фіксуються злочини проти довкілля [2]. На екосистему Чорного моря суттєво позначився вплив прориву 06.06.2023 Каховської гідроелектростанції (ГЕС). Перш за все на цю дію відреагували представники пелагічних біоценозів, популяції автотрофних та гетеротрофних організмів.

За звітний період в Українському науковому центрі екології моря (УкрНЦЕМ) були проведені дослідні роботи в Одеському морському регіоні (ОМР) Чорного моря, в ході яких вивчено стан планктонних і бентосних угруповань морських екосистем 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].

Була отримана сучасна інформація про стан фітопланктону, фотосинтетичних пігментів, зоопланктону, макрзообентосу, мейобентосу, макрофітобентосу та мікрофітобентосу різних районів Чорного моря. Проведен огляд стандартизованих методів біотестування на макроводоростях з метою подальшої розробки придатної методики для акваторії північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ).

1 ГІДРОБІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Гідробіологічні дослідження ПЗЧМ для оцінки якості екосистем морського середовища за біологічними методами проводилися з метою виконання оцінки та діагнозу стану угруповань гідробіонтів пелагіалі та бенталі Чорного моря. Біорізноманіття є важливішою екологічною характеристикою стану морського довкілля. Забруднення морського середовища внаслідок повномасштабного вторгнення має шкідливий вплив на біорізноманіття, може призвести до втрати чутливих видів і порушити баланс екосистем. Так, надходження великого обсягу прісних вод, біогенних та забруднюючих речовин внаслідок підриву греблі Каховської ГЕС призвело до суттєвих змін біорізноманіття прибережених вод. Зокрема планктонної його складової.

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

1.1 Вихідні данні гідробіологічного моніторингу акваторій ПЗЧМ

УкрНЦЕМ протягом 2023 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.

Нажаль, через зовнішні обставини, робота цього року була ускладнена обмеженнями військового часу та об'єктивною небезпекою проведення деяких робіт через військові дії. З червня додали ще одну точку відбору – Мис Малий Фонтан у зв'язку з аварією на Каховській ГЕС.

В межах Одеського регіону гідробіологічний моніторинг проводився на підставі регулярних спостережень, з періодичністю раз на тиждень, на станції Чорноморський Яхт-клуб впродовж року, на станції в районі мису Малий Фонтан в червні-листопаді, в районі 13 ст. мису Великий Фонтан на відстані близько 650 м від берега у червні-липні (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

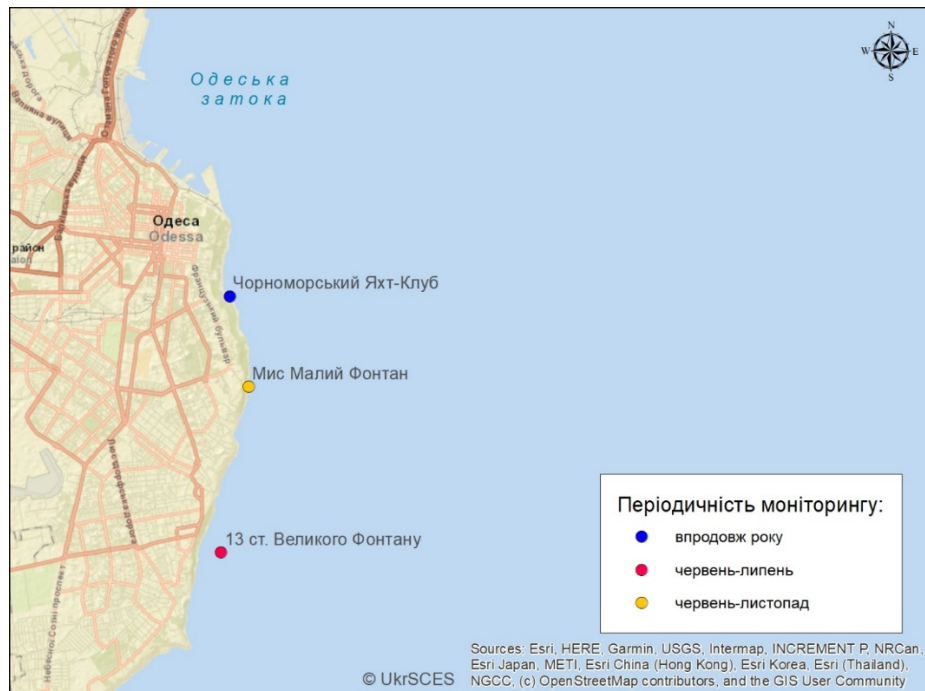


Рисунок 1.1 – Схема розташування станцій гідробіологічного моніторингу Одеського регіону у 2023 році.

Таблиця 1.1 – Мережа станцій прибережного екологічного моніторингу, що виконував УкрНЦЕМ протягом 2023 року

№ п/п	Номер станції	Координати		Об'єктна та функціональна прив'язка
		Широта, північна	Довгота, східна	
1	1	46,459667	30,765333	Чорноморський Яхт-Клуб
2	2	46,438000	30,772000	Мис Малий Фонтан
3	3	46,398200	30,762400	13 ст. Великого Фонтану

Кількість гідробіологічних проб, відібраних протягом 2023 року наведена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Кількість гідробіологічних проб протягом 2023 року

Тип відібраної проби Станція відбору проб	Фітопланкто	Пігменти	Зоопланктон	Макрозообентос	Мейобентос	Макрофітобентос	Мікрофітобентос
Мис «Малий Фонтан»	18	6	18				
13 ст. Великого Фонтану	4	4	4				
Чорноморський Яхт-клуб	41	43	39	7	6	55	13

1.2 Методи досліджень

У 2023 році було зібрано та опрацьовано для визначення кількісних та якісних характеристик фітопланктону 36 проб морської води з трьох точок відбору: напівзакритої акваторії в Чорноморському Яхт-клубі – 25 проб (з грудня 2022 по листопад 2023), напівзакритої акваторії на мисі Малий Фонтан – 9 проб (з червня по листопад) та 1 пробу у липні з відкритої акваторії моря навпроти 13 станції Великого Фонтану.

Проби води для дослідження фітопланктону відбирали відром з поверхневого шару води з пірсу та в пластиковій ємності відразу доставляли в лабораторію. Проби згущали методом зворотної фільтрації через ядерний фільтр з порами 1,5 мкм. Об'єм профільтрованої води становив від 1 до 4 л, згущення йшло до 10 – 50 мл. Дивилися «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. Консультативну допомогу у визначенні альгофлори отримували від співробітниці інституту к.б.н. Галини Теренько.

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, сирової біомаси, формалізованих індексів видового складу планктонних співтовариств (за Шенноном,) були виконані за стандартними методами [11] – [13].

Проби води для визначення пігментів відбирали пластиковою ємністю від 1 л до 12 л із поверхневих шарів води, які зливали у ємності відповідного об'єму (непрозорі, з нейтральної пластмаси) 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.

Відбір проб зоопланктону в прибережжі здійснювався за допомогою сітки Апштейна з діаметром вхідного отвору 37 см, розміром вічка мірошникового гасу – 150 мкм. В експедиціях, коли глибина потребувала взяття проб на різних горизонтах, використовували малу сітку Джеді (діаметр вхідного отвору – 37 см, розмір вічка мірошникового гасу – 150 мкм). Великі жетелі 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 здійснюють 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 проводиться за методом «пробних квадратів»: водорості знімаються з точно обмеженої рамкою площі субстрату, зазвичай розміром 10×10 см (площею 0,01 м²), повторність – 3-5-кратна). Проби відбирають за вегетаційними сезонами (весна, літо, осінь). У місці відбору проб (станції) визначається склад ґрунту, проєктивне покриття (ПП) поверхні рослинністю (в %) [11].

Кожна проба водоростей забезпечується докладною етикеткою написаною простим олівцем і упаковується в поліетиленові мішечки. У береговій лабораторії проби водоростей поміщають до морозильної камери, якщо немає можливості обробити того ж дня.

Підготовка оптики і водоростей до визначення проводиться за методиками, описаними у посібнику Наумова [23].

Мікроскопічна обробка і визначення макрофітів проводяться в умовах лабораторії за допомогою мікроскопу зі 100-, 200- та 400-кратним збільшенням. При визначенні морських водоростей макрофітів користаються визначником Зиної [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 найчастіше використовують 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].

Оцінка Екологічного Статусу Класу акваторії проводиться 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, мул) та твердих (бетон, граніт, черепашник, залізо, стулки мідій). Мікроскопічну обробку проб виконували згідно з вимогами відповідних методик [35], [11]. 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 $0,01 m^2$. В експедиційних дослідженнях на ПЗЧМ проби відбирались дночерпаком «Van Veen», з площею захвату $0,1 m^2$. Усі проби відбирали у двох повторах. 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. Важення гідробіонтів проводили на електронних вагах с точністю до 0,01 г. Гідробіологічний аналіз проб макрозообентосу визначав наступні біологічні параметри: видова належність організмів, їх чисельність – N (екз·м⁻²), біомаса – B (г·м⁻²).

Вивчення мейобентосу було проведено згідно загальноприйнятих методик [44], [45]. Для визначення якісних та кількісних характеристик мейобентосної фауни були обстежені різні типи ґрунтів у прибережній зоні. Проби мейобентосу відбиралися за допомогою металевої рамки 10x10 см шляхом занурювання її у ґрунт з непошкодженим верхнім шаром та виїмки ґрунту до глибини 7–10 см. Фіксування проводилося розчином формальдегіду з додаванням Na₂B₄O₇. В лабораторії проба промивалася методом флотації, відокремлені організми фарбувалися «Бенгальським рожевим». Додатково обстежувався вже промитий пісок з метою недопущення втрат організмів, що важко вимиваються водою, наприклад Foraminifera. Визначення груп та видів проводилося за допомогою визначників [46], [47], розрахування індивідуальної та загальної маси зроблено згідно таблиць Численко [48].

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 [49].

2 СТАН ПЛАНКТОННОГО УГРУПОВАННЯ

2.1 Біорізноманіття та кількісні показники фітопланктону

Таксономічна характеристика фітопланктону прибережної зони Одеського морського регіону у 2023 р.

У 2023 році було ідентифіковано 181 видів та надвидових таксонів планктонних мікроводоростей, що відносяться до 12 класів: Bacillariophyceae (83 види), Dinophyceae (40), Cyanophyceae (20), Chlorophyceae (26) та решта 12 видів, розподілених між 8 класами. Список зареєстрованих таксонів фітопланктону наведений у Додатку А. Внесок основних класів фітопланктону у загальне видове різноманіття мікроводоростей зображено на рисунку 2.1.

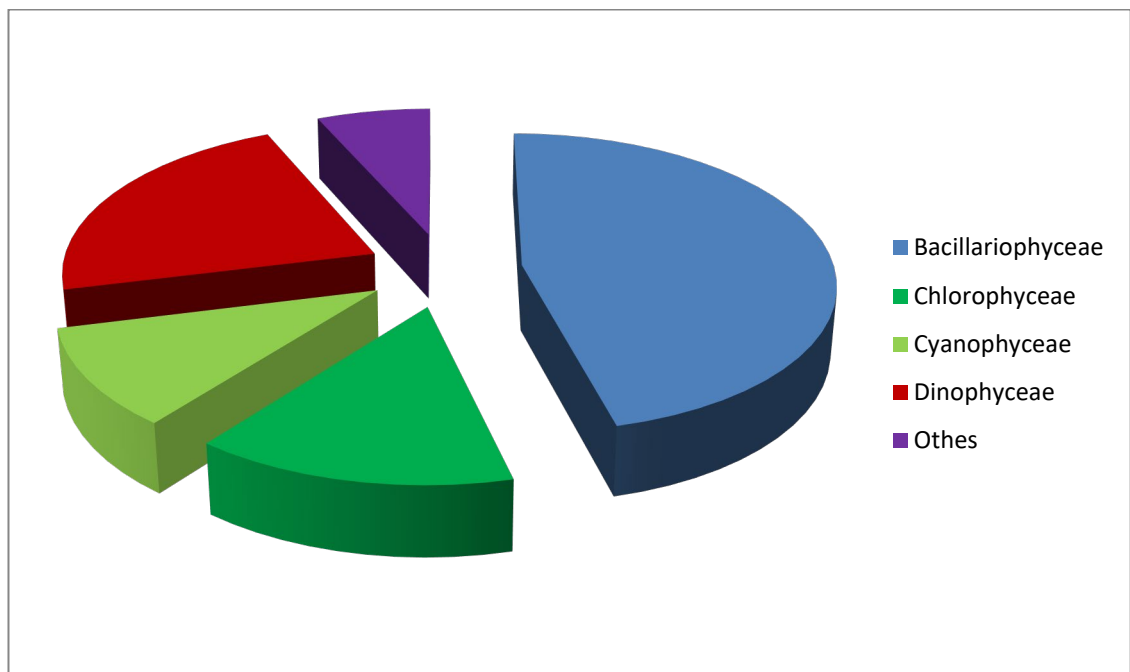


Рисунок 2.1 – Розподіл ідентифікованих у 2023 році таксонів за класами

Основу видового різноманіття склали діатомові (46,1%) та динофітові (22,2 %) водорості. Влітку після підриву дамби Каховської ГЕС зроста

кількість прісноводних зелених та синьо-зелених водоростей, одразу після аварії їх відсоток у пробах був більше 50 % від загальної кількості видів, а за рік середня чисельність склала 25,0 %.

Впродовж року коливання солоності в дослідженій акваторії було основним визначним фактором зміни домінуючих видів у фітопланктонному угрупованні. У грудні 2022 р. та в січні 2023 р. при зниженні солоності води фіксувалося підвищення кількості прісноводних водоростей: зелених (*Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969, *Binuclearia lauterbornii* (Schmidle) Proschkina-Lavrenko, 1966, *Oocystis borgei* J.W.Snow, 1903, ціанобактерій (домінував *Jaaginema kisselevii* (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988) та динофітових (*Gymnodinium* sp., *Chimonodinium lomnickii* (Woloszynska) S.C. Craveiro, A.J.Calado, N.Daugbjerg, Gert Hansen & Ø.Moestrup, 2011). У лютому при зростанні солоності домінували діатомові водорості (*Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, 1873, *Navicula angusta* Grunow, 1860, *Navicula lanceolata* Ehrenberg, 1838, *Melosira moniliformis* var. *hispida* (Castracane) Hustedt, *Tabularia fasciculata* (C.Agardh) D.M.Williams & Round, 1986). На початку березня солоність знов знизилась, у цей час було зафіксовано зимове цвітіння прісноводної динофітової водорості *Ch. lomnickii* (Woloszynska) S.C. Craveiro, A.J.Calado, N.Daugbjerg, Gert Hansen & Ø.Moestrup, 2011, крім неї в пробі були присутні ще 30 видів мікроводоростей з різних відділів, у тому числі діатомові (домінували *S. costatum* (Greville) Cleve, 1873, *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin, 1964), зелені (домінував вид *M. contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969), ціанобактерії (домінував *Chroococcus minimus* (Keissler) Lemmermann, 1904). У квітні при пониженні солоності знов відмічалися зелені водорості (*Mucidosphaerium pulchellum* (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz, 2011, *Desmodesmus communis* (E.Hegewald) E.Hegewald, 2000). У травні в акваторії яхт-клубу було зафіксовано цвітіння діатомового нанопланктона (*Chaetoceros thronsenii* (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone, 1991) та *Chaetoceros minimus* (Levander) D.Marino, G.Giuffre, M.Montresor &

A.Zingone, 1991), яке супроводжувалося розвитком цианобактерій (*J. kisselevii* (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, 1846), динофітових (*Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) J.D.Dodge, 1975) та діатомових (*C. closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin, 1964, *Chaetoceros tenuissimus* Meunier, 1913) водоростей.

Головною подією року, яка суттєво вплинула на фітопланктонне угруповання північно-західної частини Чорного моря, та похитнула домінування діатомових водоростей по підсумкам року, безумовно був підрив дамби Каховського водосховища 6 червня, що спричинило спочатку бурне цвітіння цианобактерій, а потім, після короткочасної стабілізації гідрологічного становища на фоні відновлення солоності, підвищення кількості гетеротрофних динофітових водоростей, які є показниками евтрофікації водойми, а деякі з них є потенційно токсичними.

У червні, після розливу Каховського водосховища та потрапляння великої маси прісної води у море, фіксувалося цвітіння води, викликане цінобактеріями. Домінували – *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886, *Dolichospermum flos-aquae* (Brébisson ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek, 2009 та *M. aeruginosa* (Kützing) Kützing, 1846. Крім них у пробах були присутні ще 9 видів цианобактерій (*Limnothrix planctonica* (Woloszynska) Meffert, 1988, *J. kisselevii* (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988, *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek, 1974, *Merismopedia minima* G.Beck, 1897 й інші) та 19 видів зелених мікроводоростей, в числі яких, крім звичного для північно-західної частини Чорного моря *M. contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969, фіксувалися ще *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs, 1848, *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E.Hegewald, 2005, *O. borgei* J.W.Snow, 1903, *Coelastrum microporum* Nägeli, 1855, *Tetradesmus lunatus* Korshikov, 1953 та інші. У серпні крім 24 видів діатомових водоростей (7 видів з роду *Chaetoceros*, *Leptocylindrus danicus* Cleve, 1889, *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey, 1937, *Pseudo-nitzschia delicatissima* (Cleve) Heiden, 1928) були присутні 13 видів динофітових

водоростей, зокрема *Dinophysis caudata* Saville-Kent, 1881, *Dinophysis fortii* Pavillard, 1923, *Protoperidinium quinquecorne* (Abé, 1927) Balech, 1974, *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich III, 1976 та інші. У серпні та вересні було зафіксовано розвиток гетеротрофної ебріофітової водорості *Ebria tripartita* (J.Schumann) Lemmermann, 1899, яка також є показником евтрофікації водойми. У жовтні та листопаді на фоні підвищеної солоності морської води, крім домінування діатомових водоростей, було зафіксовано зростання чисельності динофлагелят, зокрема у всіх пробах був присутній *Prorocentrum micans* Ehrenberg, 1834. Наприкінці осені були відмічені теплолюбиві види, ймовірно занесені течіями від берегів Румунії та Болгарії: *Polykrikos kofoidii* Chatton, 1914, *Lingulodinium polyedrum* (F.Stein) J.D.Dodge, 1989, *Gonyaulax* sp., *P. divergens* (Ehrenberg, 1840) Balech, 1974, *Prorocentrum compressum* (Bailey) T.H.Abe ex J.D.Dodge, 1975, *Gymnodinium* sp., *Tripos furca* (Ehrenberg) F.Gómez, 2013, *Tripos fusus* (Ehrenberg) F.Gómez, 2013, *Diplopsalis lenticula* Bergh, 1881 та *Protoperidinium pellucidum* Bergh, 1881.

Кількісні характеристики фітопланктону прибережної зони Одеського морського регіону у 2023 р.

Чисельність мікроводоростей впродовж 2023 року змінювалась від 10,9 тис. кл. • л⁻¹ до 9427,8 тис. кл. • л⁻¹, біомаса від 24,8 мг • м⁻³ до 10436,7 мг • м⁻³, при середній за рік чисельності 904,1 тис. кл. • л⁻¹ та біомасі 758,5 мг • м⁻³. У порівнянні з 2022 роком чисельність була у 3,6 разів вищою, але біомаса була на 30% меншою, що можна пояснити розвитком дрібноклітинних водоростей, таких як діатомова *Ch. thronsenii* (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone, 1991 або ціанобактерії *Chroococcus minimus* (Keissler) Lemmermann, 1904 та *M. minima* G.Beck, 1897. Співвідношення показників чисельності мікроводоростей за систематичними групами представлено на рисунку 2.2, а співвідношення показників біомаси мікроводоростей за систематичними групами – на рисунку 2.3.

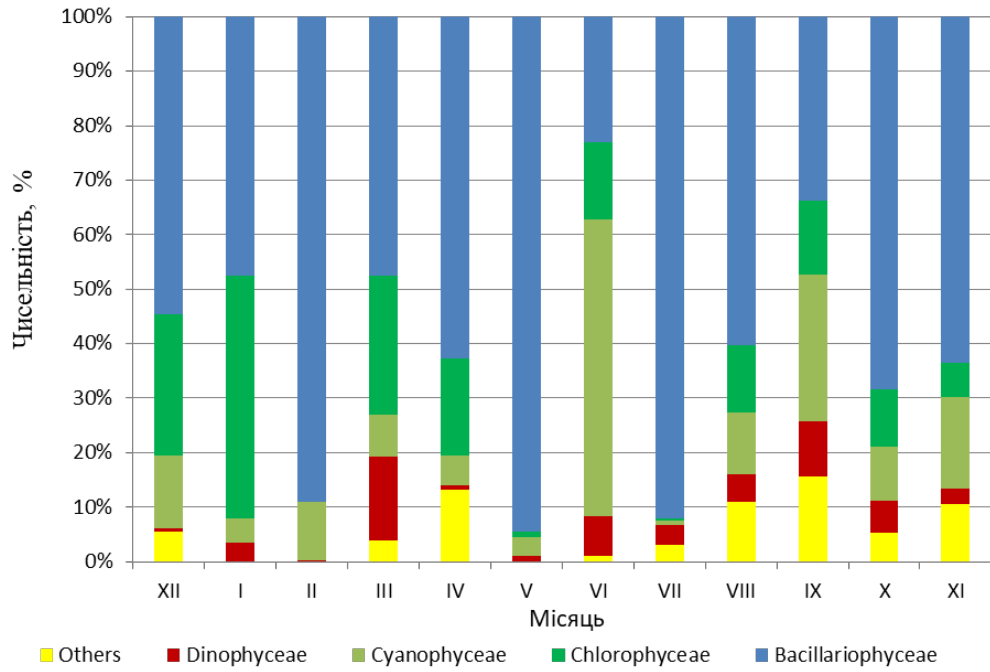


Рисунок 2.2 – Співвідношення чисельності мікрводоростей у 2023 році за класами

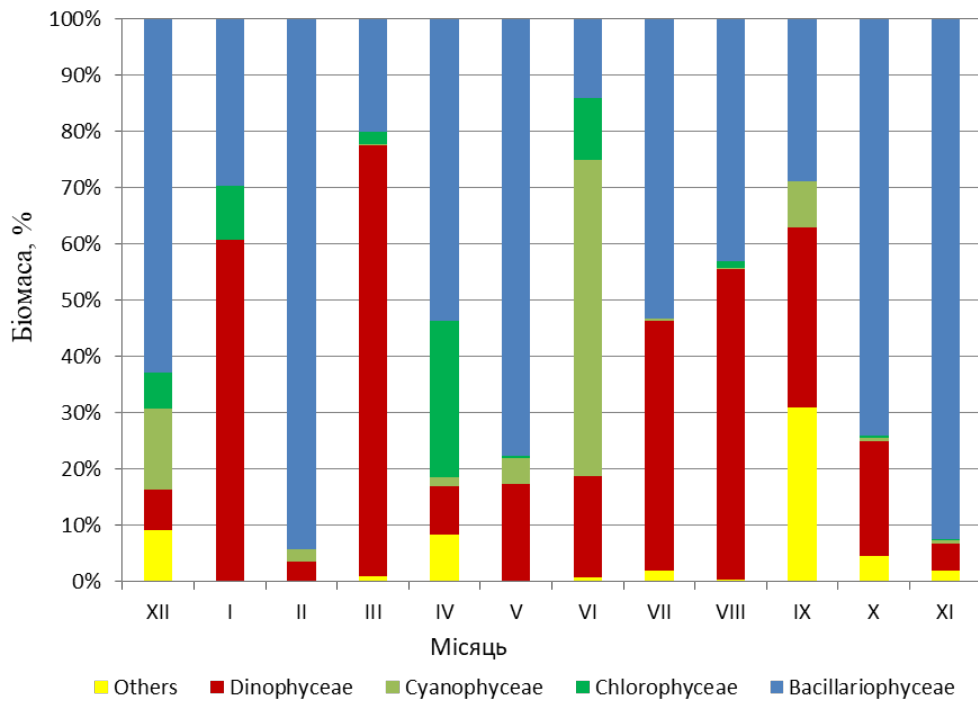


Рисунок 2.3 – Співвідношення біомаси мікрводоростей у 2023 році за класами

Впродовж року було відмічено декілька зростань кількісних показників: на початку березня було зафіксоване цвітіння холодолюбної динофітової водорості *Ch. lomnickii* (Woloszynska) S.C. Craveiro, A.J.Calado, N.Daugbjerg, Gert Hansen & Ø.Moestrup, 2011, наприкінці травня відбувався розвиток діатомового нанопланктону *Ch. thronsdonii* (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone, 1991, у червні відмічене значне зростання чисельності прісноводного комплексу ціанобактерій з домінуванням трьох видів (*A. flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886, *D. flos-aquae* (Brébisson ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek, 2009 та *M. aeruginosa* (Kützing) Kützing, 1846).

В середньому чисельність фітопланктону взимку дорівнювала 71,40 тис.кл. • л⁻¹, біомаса – 37,33 мг • м⁻³, за весну середня чисельність фітопланктону склала 1773,53 тис. кл. • л⁻¹, біомаса – 257,50 мг • м⁻³. Влітку, після катастрофи на Каховський ГЕС, за рахунок цвітіння синьо-зелених водоростей були відмічені максимальні показники чисельності фітопланктону за рік – 1185,01 тис. кл. • л⁻¹ при біомасі 2156,80 мг • м⁻³. Динаміка чисельності та біомаси фітопланктону впродовж 2023 року у співставленні з солоністю морської води представлені на рисунку 2.4.

З відновленням гідрохімічних показників води в ОМР кількість прісноводного планктону значно скоротилася, але на відстані від берега «плями» прісної води з прісноводними видами дрейфували ще деякий час, що було зафіксовано на початку липня на 13-ій станції Великого Фонтану при відборі проб з човна.

З 12 липня після штормів з потужним перемішуванням води та південного вітру мікрофлора змінилася на звичайну морську і в подальшому спостерігалася значне біорізноманіття переважно морського генезису.

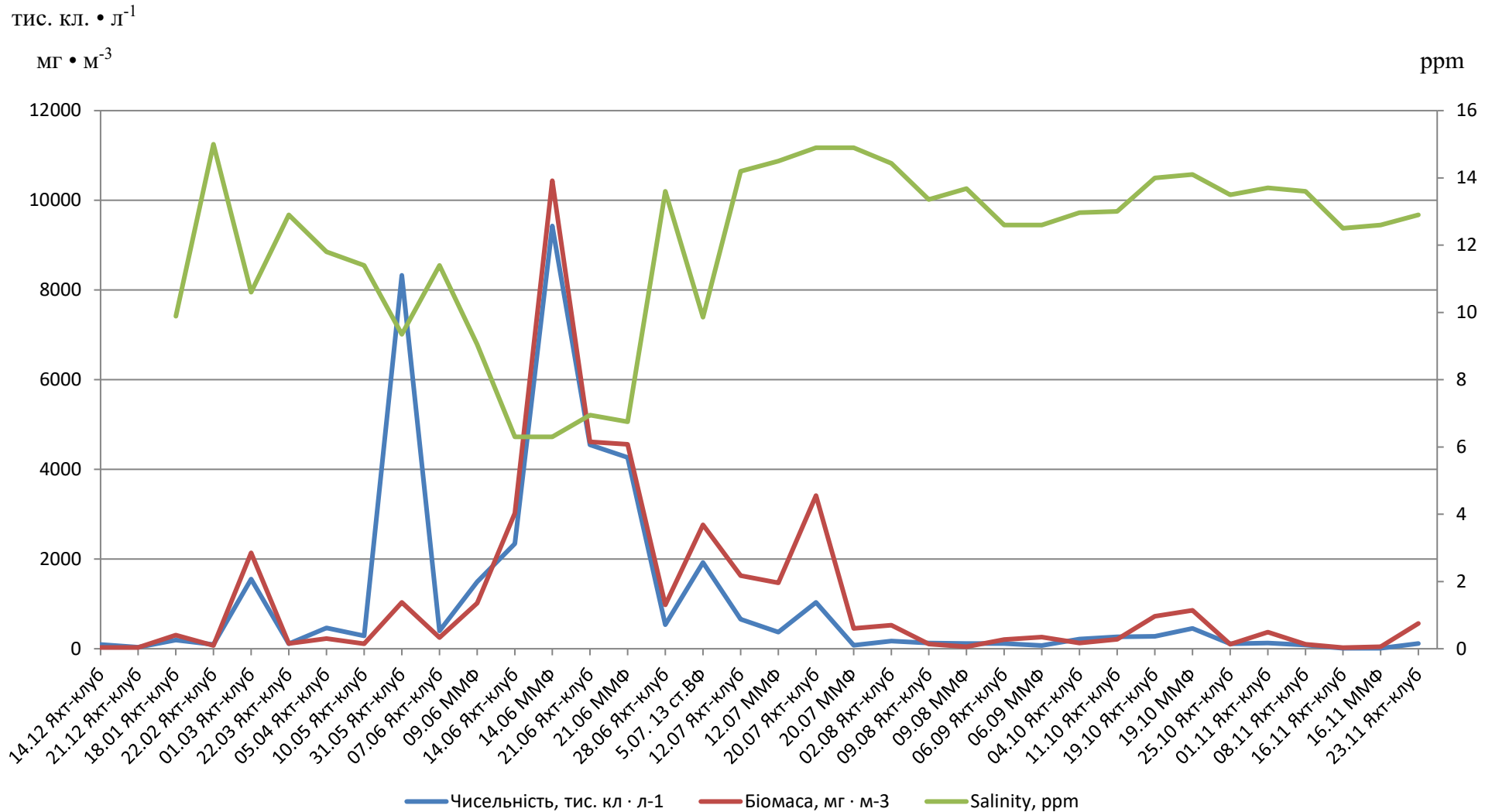


Рисунок 2.4 - Динаміка чисельності та біомаси фітопланктону впродовж 2023 року у співставленні зі солоністю морської води

Зростання біомаси 20 липня (3415,41 мг • м⁻³, 34 види) було зумовлено розвитком видів водоростей з великими за розміром клітинами з класів динофітових – *Tripos muelleri* Bory de Saint-Vincent, 1824, *T. fusus* (Ehrenberg) F.Gómez, 2013, *T. furca* (Ehrenberg) F.Gómez, 2013, потенційно токсичних *D. fortii* Pavillard, 1923, *Phalacroma rotundatum* (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911 і *L. polyedrum* (F.Stein) J.D.Dodge, 1989 та діатомових *Chaetoceros curvisetus* Cleve, 1889, *C. pelagica* (Cleve) Hendeby, 1937, *Ditylum brightwellii* (T.West) Grunow, 1885, *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) B.G.Sundström, 1986, *Proboscia alata* (Brightwell) Sundström, 1986 (рисунок 2.5). Цвітіння або навіть домінування якогось окремого виду не спостерігалось.



Рисунок 2.5 – *Tripos furca*, *Tripos fusus*, *Dinophysis fortii*, *Protoperidinium pellucidum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Cerataulina pelagica* та *Skeletonema costatum* (20.07.23, яхт-клуб)

В середині та в кінці осені було відмічене незначне підвищення біомаси фітопланктону за рахунок розвитку великих за розміром клітин діатомових та динофітових морських мікроводоростей. Середні показники чисельності фітопланктону восени склали $123,03$ тис. кл. \cdot л $^{-1}$ при біомасі $305,39$ мг \cdot м $^{-3}$.

Індекс видового різноманіття за Шенноном змінювався від $1,8$ біт \cdot екз $^{-1}$ до $3,5$ біт \cdot екз $^{-1}$, із середнім значенням $2,7$ біт \cdot екз $^{-1}$, що трохи вище минулорічних значень. Найвищі значення спостерігались у жовтні, найнижчі показники були у серпні. Співвідношення чисельності та біомаси фітопланктону за індексом видового біорізноманіття за Шенноном представлені на рисунку 2.6.

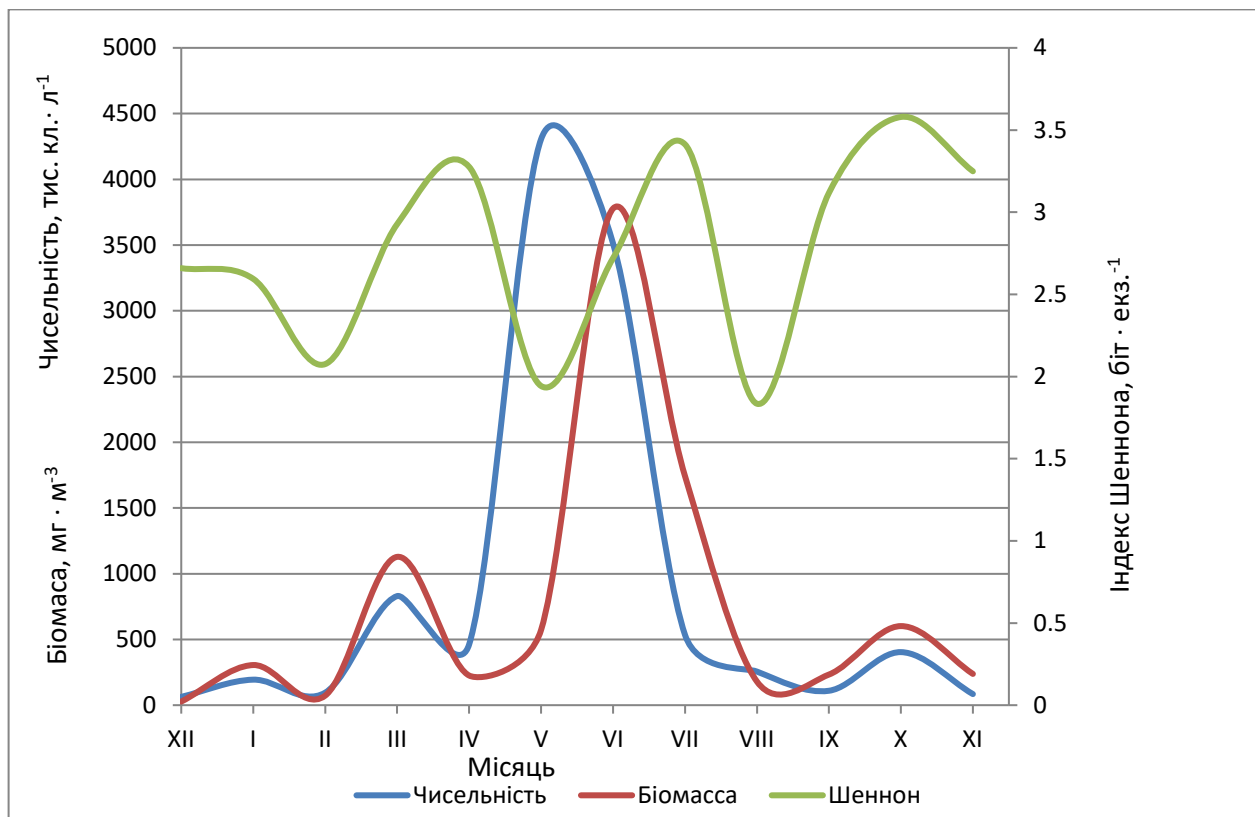


Рисунок 2.6 – Співвідношення індексу біорізноманіття за Шенноном та чисельності і біомаси фітопланктону у 2023 році за середньомісячними показниками

2.2 Оцінка якості морської води ОМР за показниками фітопланктону

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

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

Українське прибережжя	Відмінний	Добрий	Задовільний	Поганий	Дуже поганий
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

Для оцінки також використовувалися індекси ВАС:DIN (навесні), МЕС % (влітку) та Менхінк, але треба брати до уваги, що ці індекси були розроблені для болгарського узбережжя і знаходяться в процесі адаптації до українських вод. Критерії оцінки екологічного стану акваторії за іншими кількісними показниками фітопланктону наведені у таблиці 2.2.

В цілому за рік за критерієм загальної біомаси фітопланктону стан Одеського регіону 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.

Таблиця 2.2 – Шкали для оцінки стану морського середовища за показниками різноманіття фітопланктону

Показник	Стан морського середовища				
	Відмінний	Добрий	Задовільний	Поганий	Дуже поганий
МЕС % (влітку)	<20	20-35	35-55	56-75	>75
Вас : Din (навесні)	>8	8-6.3	6.3-4.3	4.3-2.3	<2.3
Індекс Menhinick (1964)	0.19-0.15	0.15-0.09	0.09-0.05	0.05-0.03	0.03-0.01

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». Співвідношення діатомових та динофітових водоростей в березні під час цвітіння *Chimonodinium lomnickii* (Woloszynska) S.C.Craveiro, A.J.Calado, N.Daugbjerg, Gert Hansen & Ø.Moestrup, 2011 було «Поганим», а у квітні та травні «Відмінним». В цілому за рік по всім чотирьом показникам вода відповідала «Доброму» екологічному стану (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3. – Екологічний стан морського середовища за кількісними показниками фітопланктону

Місяць	Біомаса, мг • м ⁻³	Вас : Din Abund	МЕС Abund	Menhinick Abund	Оцінка
ХІІ	27,27	76	24,121	0,045	Добрий
I	305,30	14	3,245	0,043	Добрий
II	72,79	331	53,501	0,042	Добрий
Зима	135,12	140,33	26,96	0,043	Добрий
III	1128,18	3,94	24,675	0,037	Задовільний
IV	225,62	77,36	20,248	0,031	Добрий
V	572,42	55,59	27,081	0,023	Добрий
Весна	642,07	45,63	24,001	0,030	Задовільний
VI	3777,93	27,32	41,476	0,022	Поганий
VII	1741,76	25,21	3,762	0,055	Добрий
VIII	179,27	11,88	44,334	0,056	Задовільний
Літо	1899,65	21,47	29,857	0,045	Задовільний
IX	233,01	3,56	62,628	0,058	Добрий
X	601,50	15,87	44,672	0,044	Добрий
XI	237,66	67,43	34,821	0,104	Задовільний
Осінь	357,39	28,95	47,37	0,068	Добрий
За рік	758,56	59,09	32,05	0,05	Добрий

2.3 «Цвітіння» води в ОМР

У 2023 році були зафіксовані три випадки «цвітіння» води, викликані масовим розвитком мікроводоростей.

На початку березня зі зниженням солоності води відбувалося цвітіння холоднолюбної динофітової водорості *Ch. lomnickii* (Woloszynska) S.C. Craveiro, A.J.Calado, N.Daugbjerg, Gert Hansen & Ø.Moestrup, 2011 з чисельністю 248 тис. кл. • л⁻¹ та біомасою 1557,5 мг • м⁻³ (рисунок 2.7).

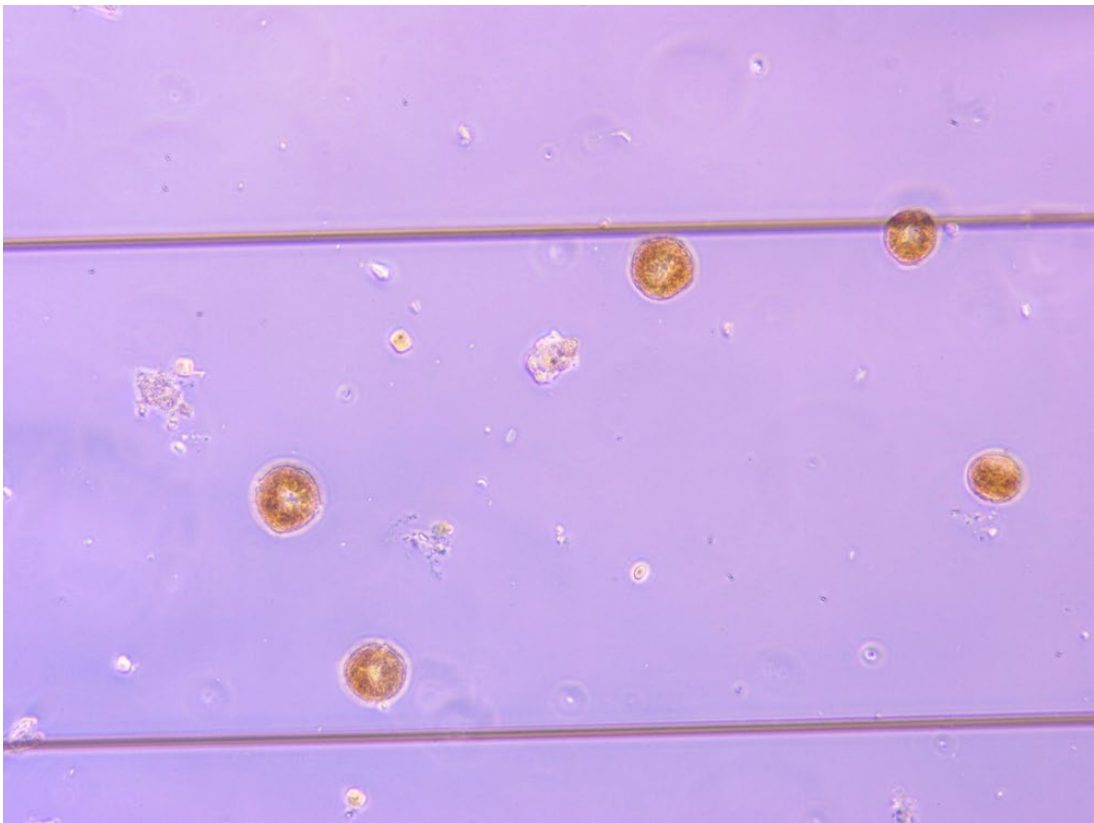


Рисунок 2.7 – *Chimonodinium lomnickii* (1.03.2023 р.)

В кінці травня було зафіксовано цвітіння діатомового нанопланктону – *Ch. throndsenii* (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone, 1991 з чисельністю 7662 тис. кл. • л⁻¹ та біомасою 673,6 мг • м⁻³ (рисунок 2.8).

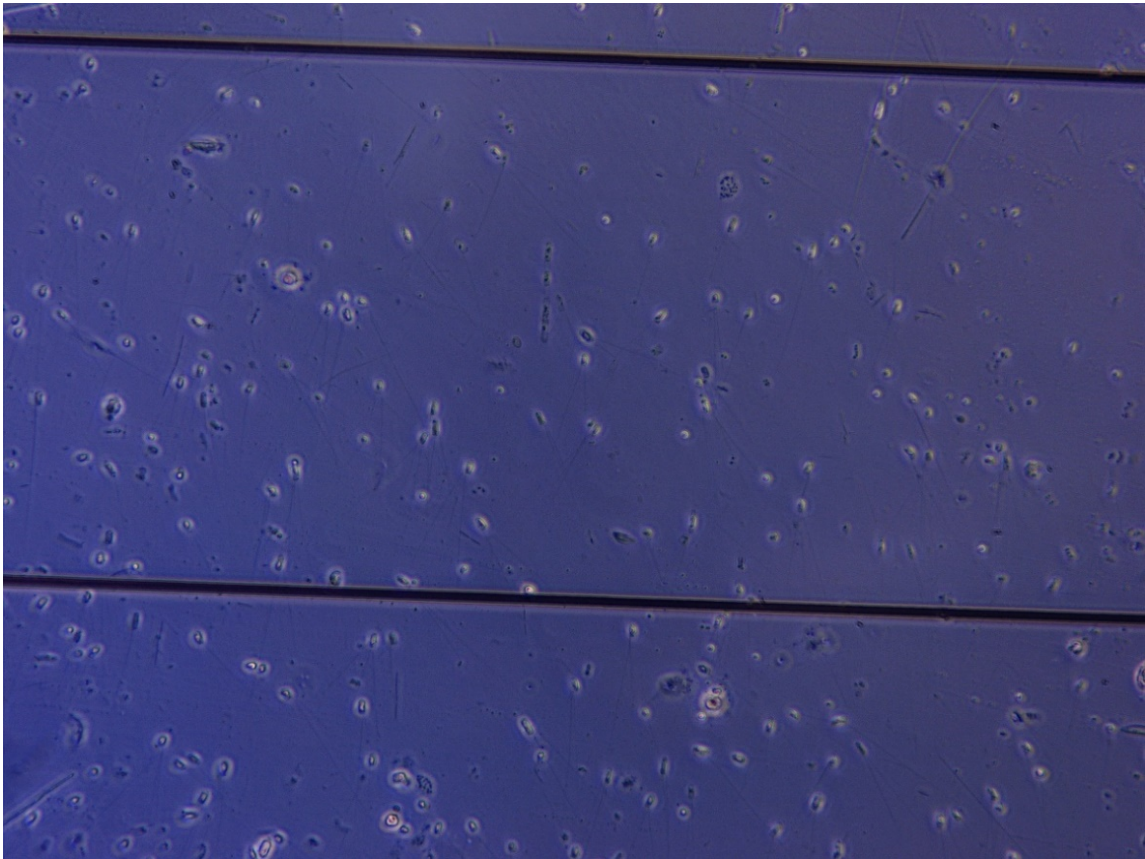


Рисунок 2.8 – *Chaetoceros thronsenii* (31.05.2023 р.)

14 червня після катастрофи на Каховській ГЕС на міських пляжах Одеси нами був зафіксований «зелений приплив» – цвітіння комплексу ціанобактерій: *A. flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886 ($2882,6 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), *M. aeruginosa* (Kützing) Kützing, 1846 ($3345,9 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) та *D. flos-aquae* (Brébisson ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek, 2009 ($1008,9 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) (див. рисунок 2.9). Крім них були ідентифіковані ще 43 види мікроводоростей більшість з відмічених видів (52%) належали до прісноводних зелених та синьо-зелених водоростей, відсоток їхньої ваги складав 88% біомаси проби. Загальна фітомаса дорівнювала $10436,7 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$.

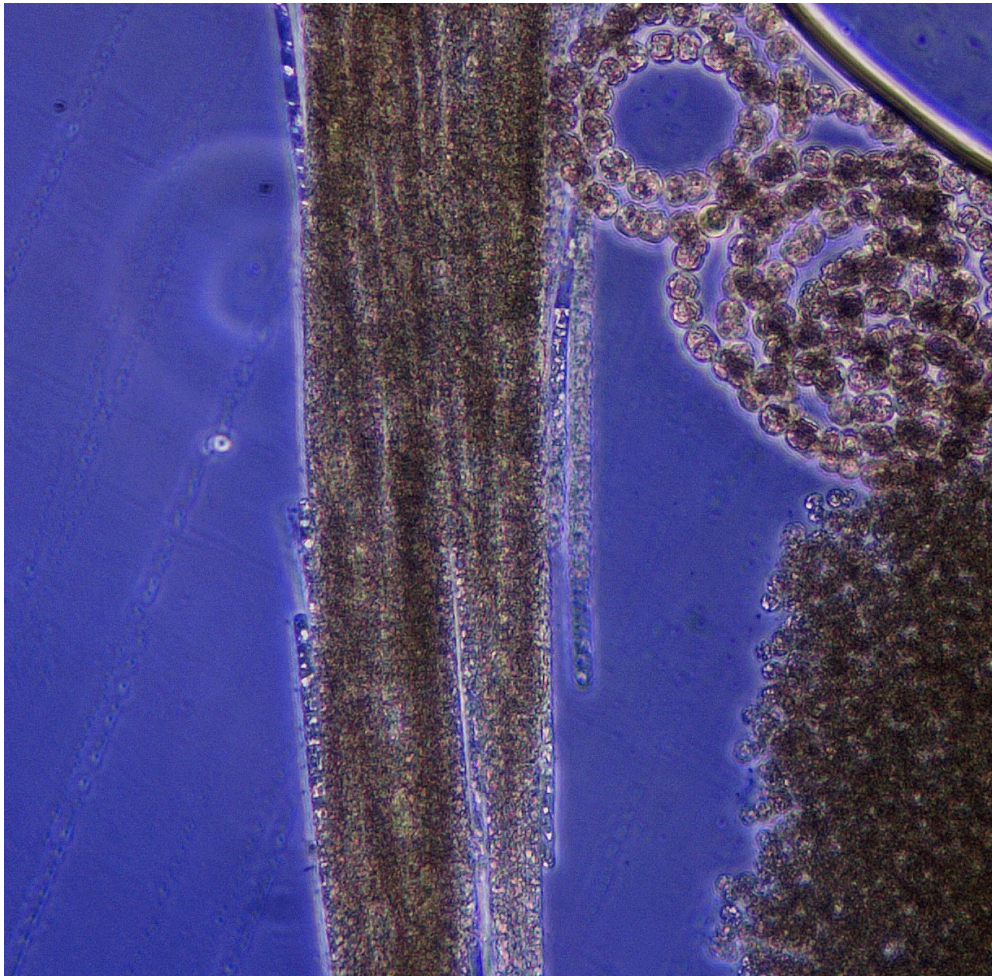


Рисунок 2.9 – *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* та *Dolichospermum flos-aquae* (14.06.23 р.)

2.4 Значення пігменту хлорофілу- α в акваторії ОМР

Протягом 2023 року було відібрано та оброблено 53 проби морської води для визначення в ній концентрацій фотосинтетичних пігментів фітопланктону. Відбір проб проводився в прибережній зоні ОМР на станціях: Чорноморський яхт-клуб, Мис Малий Фонтан та 13 ст. Великого Фонтану. Станція, що розташована в напівзакритій акваторії Чорноморського яхт-клубу, розглядалася в якості основної точки спостереження. Додатковий відбір проб на Фонтані було розпочато після підриву Каховської ГЕС.

Середньосезонні концентрації хлорофілу- α в 2023 році змінювалися від 1,63 мкг·л⁻¹ до 6,79 мкг·л⁻¹ (при загальній річній мінливості цього показника на два порядки величин – від 0,54 мкг·л⁻¹ до 35,82 мкг·л⁻¹) (рисунок 2.10).

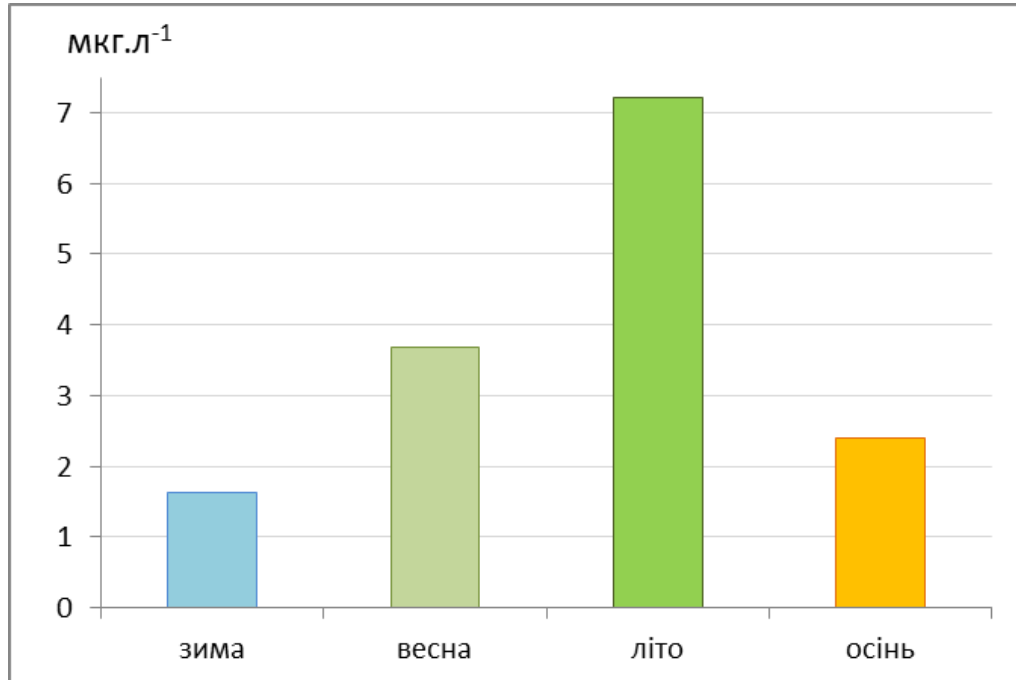


Рисунок 2.10 – Середньосезонні значення концентрації хлорофілу- α (мкг·л⁻¹) у прибережній зоні ОМР (ст. Чорноморський яхт-клуб) у 2023 р.

В цілому міжсезонна мінливість концентрацій хлорофілу- α характеризувалася послідовним збільшенням цього показника від мінімальних значень в зимовий період до максимальних влітку 2023 року і наступним осіннім спадом до 2,37 мкг·л⁻¹ (рисунок 2.10).

У весняний (березень), літній (червень) і осінній (вересень) періоди 2023 року було виявлено три піки концентрації хлорофілу- α . Характерною особливістю мінливості цього показника в районі дослідження є його зворотна динаміка зі значеннями солоності (рисунок 2.11). Протягом всього року зростання концентрацій хлорофілу- α супроводжувалось зворотно пропорційним зниженням солоності. Це свідчить про безпосередній вплив більш прісних водних мас на розвиток автотрофних угруповань фітопланктону в прибережній зоні Одеського морського регіону.

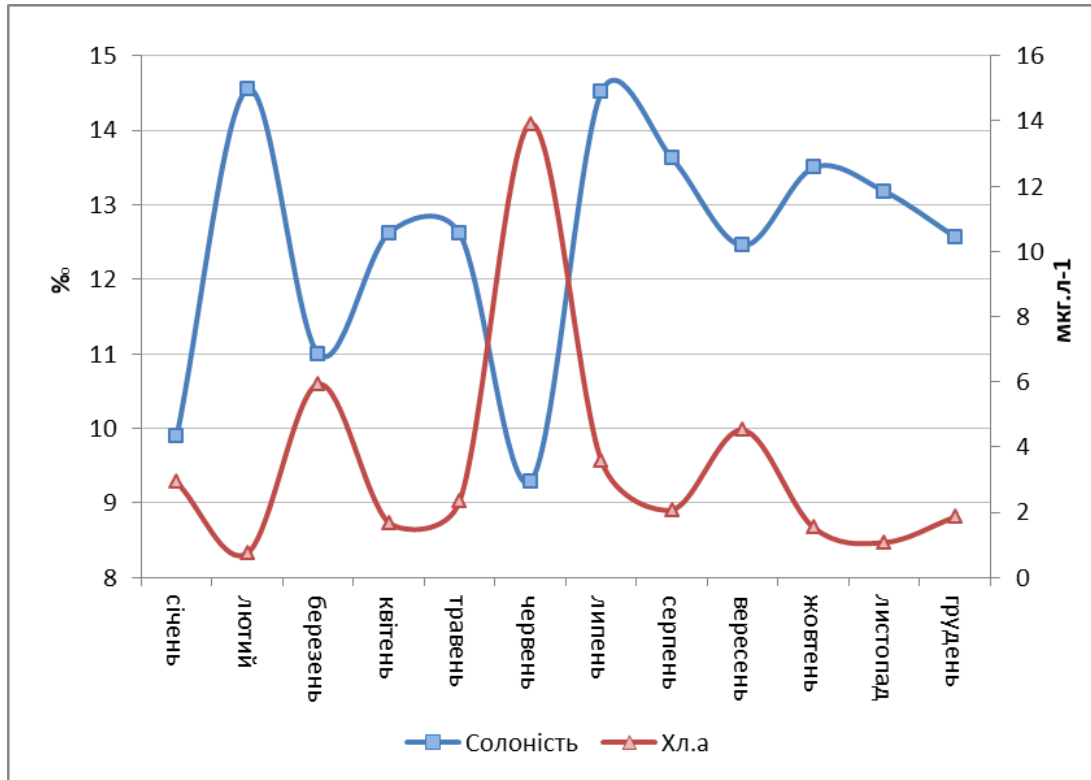


Рисунок 2.11 – Середньомісячні значення концентрації хлорофілу-а (мкг·л⁻¹) та солоності (‰) в прибережній зоні ОМР (ст. Чорноморський яхт-клуб) у 2023 р.

Кількісні значення сезонних піків хлорофілу-а значно відрізнялись між собою. На початку березня 2023 року концентрації хлорофілу-а зросли з 0,54 мкг·л⁻¹ (15.02.2023) до 19,47 мкг·л⁻¹ (01.03.2023), це супроводжувалось зниженням солоності з 15‰ до 10,6‰ (рисунок 2.12). Зимово-весняний пік хлорофілу-а є типовим для розвитку сукцесії фітопланктону прибережної зони Одеського морського регіону і пов'язаний з надходженням біогенних елементів в прибережні акваторії внаслідок весняного збільшення прісноводного стоку.

В червні концентрація хлорофілу-а зросла з 2,83 мкг·л⁻¹ (07.06.2023) до максимального річного значення – 35,82 мкг·л⁻¹ (14.06.2023). Це супроводжувалось різким опрісненням вод в прибережній зоні Одеського морського регіону. Солоність в аналогічний період знизилася з 12,3 ‰ (07.06.2023) до річного мінімуму – 4,3 ‰ (14.06.2023) (рисунок 2.12).

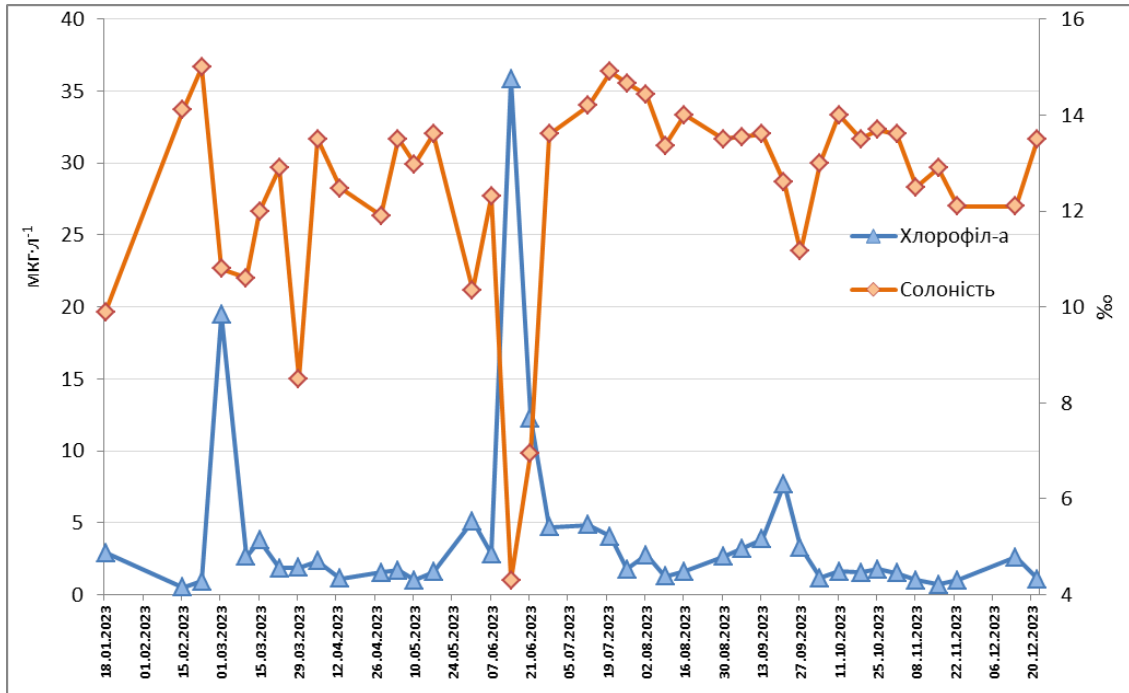


Рисунок 2.12 – Мінливість концентрацій хлорофілу-а (мкг·л⁻¹) в прибережній зоні ОМР (ст. Чорноморський яхт-клуб) у 2023 р.

Наступне зростання солоності до 13,6‰ (28.06.2023) супроводжувалося зниженням концентрації хлорофілу-а до 4,7 мкг·л⁻¹.

Розвиток фітопланктону, що відповідає зростанню концентрації хлорофілу-а до 35,82 мкг·л⁻¹ є аномальним для району дослідження і перевищує аналогічні показники минулих років. Попередній багаторічний максимум хлорофілу-а для різних полігонів прибережної акваторії Одеси, був зафіксований в 2019 році і складав 14,3 мкг·л⁻¹. Концентрації хлорофілу-а на станції Чорноморський яхт-клуб в червні попереднього 2022 року не перевищували 5,1 мкг·л⁻¹. Співставлення різнорічних середньомісячних значень концентрації хлорофілу-а, для полігону Чорноморський яхт-клуб, виявило значні відмінності цих показників лише для червня 2022 та 2023 рр. Це зумовлює значні відмінності концентрацій хлорофілу-а для літа 2022 та 2023 рр. при близькості зимових та осінніх значень (рисунок 2.13).

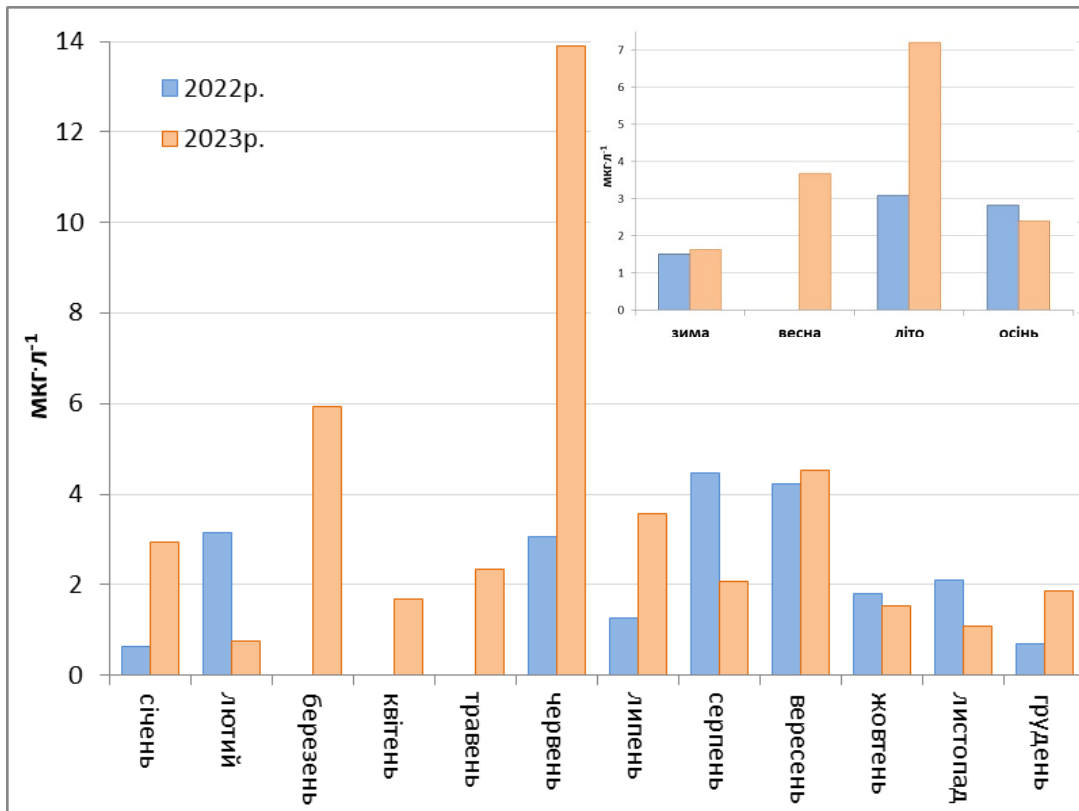


Рисунок 2.13 – Середньомісячні та середньосезонні значення концентрації хлорофілу- α ($\mu\text{г}\cdot\text{л}^{-1}$) в прибережній зоні ОМР (ст. Чорноморський яхт-клуб) в 2022 та 2023 рр.

Осінній пік хлорофілу- α спостерігався в другій половині вересня (21.09.2023) і досягнув відносно невисокого значення – $7,71 \mu\text{г}\cdot\text{л}^{-1}$. Це супроводжувалось незначним зниженням солоності до 12 ‰ (рисунок 2.12).

Наведені дані дозволяють стверджувати, що аномальна ситуація у червні 2023 року напряму пов'язана з розповсюдженням на акваторію прибережної зони Одеського морського регіону наслідків екологічної катастрофи, викликаної підривом військовими силами Російської федерації дамби Каховської ГЕС.

2.5 Оцінка екологічного стану в прибережній зоні Одеської затоки 2021 та 2022 роках на основі значень концентрації хлорофілу- α

Для проведення оцінки була використана класифікація, розроблена для Болгарських та Румунських прибережних вод [50], та апробована в таких міжнародних проєктах, як MISIS [51]. Шкалу представлено в таблиці 2.4. Ця шкала була розроблена відповідно до вимог WFD і розрізняє п'ять категорій оцінки екологічного стану (відмінний – синій; добрий – зелений; задовільний – жовтий; поганий – оранжевий; дуже поганий – червоний). Відповідно до сучасних вимог MSFD виділяється лише дві категорії оцінки статусу: «добрий екологічний стан» (GES; зелений); і «недобрий екологічний стан» (Not-GES, червоний).

Таблиця 2.4 – Шкала категорій оцінки екологічного стану за концентрацією хлорофілу- α (мкг·л⁻¹) для прибережного пелагічного середовища (WFD) [50]

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

Оцінка екологічного стану в прибережній зоні ОМР в 2023 року на підставі середньосезонних значень концентрації хлорофілу- α на моніторинговій станції Чорноморський яхт-клуб виявила його послідовні зміни від «Задовільний» в зимовий період до «Поганий» і «Дуже поганий» у весняний та літній сезони (таблиця 2.5).

В осінній період 2023 року екологічний статус прибережної зони ОМР відповідав статусу «Поганий».

При порівнянні з аналогічними показниками 2022 року у весняний період 2023 року виявлено зниження категорії екологічного статусу з «Добрий» до «Задовільний», а в літній з «Поганий» до «Дуже поганий».

Таблиця 2.5 – Оцінка екологічного стану на основі середньосезонних значень концентрації хлорофілу- α ($\text{мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) отриманих на моніторинговій станції Чорноморський яхтклуб в 2022 та 2023 рр.

Сезон	2022р.	2023р.
зима	1,50	1,63
весна	–	3,67
літо	3,08	7,20
осінь	2,81	2,37

2.6 Біорізноманіття та кількісні показники зоопланктону Одеського регіону

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 низькі видів бентосних безхребетних і морських желетілих. Крім харчової цінності до складу зоопланктону входять личиночні стадії деяких бентосних, перифітонних та нектонних організмів (меропланктон), що робить біологічні процеси в зоопланктоному угрупованні одними із визначальних та лімітуючих факторів у розвитку бентосних та нектонних угруповань. До того ж організми зоопланктону є достатньо чутливими до змін стану навколишнього середовища, а через те, що їх 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.

У 2023 році у складі зоопланктону біло ідентифіковано 71 таксон морського, солонуватоводного та прісноводного комплексів (Додаток Б). Прісноводні були відмічені під час збільшення витоку води з Дніпра після руйнування Каховської греблі. Максимальна їх кількість була присутня в ОМР в середині червня, але вже на початку липня, з підйомом солоності, чисельність прісноводних видів знизилась до поодиноких особин, у серпні якісний склад зоопланктону набув сезонних характеристик. Найбільше різноманіття було відмічено для веслоногих ракоподібних Copepoda – 27 таксонів, але здебільшого це були одиничні знахідки не масових у регіоні видів, постійно були присутні ракоподібні з родів *Acartia* та *Oithona*, які формували загальну чисельність і біомасу в групі. Також цілий рік відмічалися гарпактициди: *Ameira parvula parvula* (Claus, 1866), *Ectinosoma melaniceps* (Voeck, 1845), *Harpacticus littoralis* (Sars G. O., 1910), але їх щільність була невелика. Група коловерток мала у своєму складі 13 таксонів, проте впродовж року постійно зустрічалася тільки *Synchaeta baltica* Ehrenberg, 1834, інші були сезонно або принесені з дніпровською водою. Гіллястовусі ракоподібні зазвичай мають розвиток у другій половині року, частіш за інших зустрічався вид *Pleopis polyphemoides* (Leuckart, 1859), інші 6 представників були малочислені та відмічалися короткий час. Меропланктон та Varia налічували 9 та 10 таксонів відповідно, постійно з них були присутні в пелагіалі личинки поліхет, молюсків, балануса та вільноживучі нематоди. Желетілі були представлені 5-ма таксонами, Protozoa – 2-ма, вони зустрічалися сезонно, хоча могли мати короткочасний значний розвиток.

Трофічний зоопланктон складався з представників груп Copepoda, Cladocera, Rotatoria, представників меропланктону та інших груп зоопланктону. Серед трофічного зоопланктону за чисельністю у середньому за рік переважали Rotatoria за рахунок літнього розвинення прісноводних та солонуватоводних видів. Нетрофічний зоопланктон складався в основному з представників желетілих *Aurelia aurita*, *Pleurobrachia* sp., *Hydromedusa*, sp., та гетеротрофної динофлагелляти *N. scintillans*. Нетрофічний зоопланктон домінував за біомасою за рахунок розвитку *N. scintillans* у липні.

Середня чисельність за 2023 рік дорівнювала 80587 екз. • м⁻³, мінімальні значення були відмічені в лютому - 82 екз. • м⁻³, максимальна щільність була на початку липня – 1358443 екз. • м⁻³. Біомаса коливалася від 0,606 мг • м⁻³ (середина лютого) до 4940,893 мг • м⁻³ (друга половина липня), середня за час дослідження – 304,208 мг • м⁻³ (дивись таблицю 2.6).

Таблиця 2.6 – Середня чисельність та біомаса основних груп мезозoopланктону Одеського регіону у 2023 році

Групи мезозoopланктону	Зима	Весна	Літо	Осінь	За рік
	Чисельність, екз. • м ⁻³				
Rotatoria	468	139224	78815	3	60252
Calanoida	74	1310	8867	1961	4362
Cyclopoida	12	14	227	3727	1181
Haracticoida	8	123	148	183	139
Cladocera	0	2	5820	2727	3100
Meroplankton	1470	1766	14846	9292	9108
Varia	2	4	69	24	36
Jellyfish	1	5	6	146	46
Protozoa	0	3	5958	13	2363
Всього	2035	142451	114756	18076	80587
Мінімум	82	690	1080	1206	82
Максимум	5134	1077152	1358443	79643,33	1358443
	Біомаса, мг • м ⁻³				
Rotatoria	0,879	174,275	68,602	0,003	63,554
Calanoida	0,105	2,804	94,794	3,889	39,252
Cyclopoida	0,051	0,072	1,489	12,862	4,361
Haracticoida	0,052	1,785	0,467	0,559	0,725
Cladocera	0	0,004	41,108	24,825	23,513
Meroplankton	2,180	2,842	21,111	15,445	13,680
Varia	0,099	0,162	11,357	1,499	4,977
Jellyfish	137,781	0,234	0,619	0,987	14,934
Protozoa	0	0,070	351,613	0,058	139,212
Всього	141,147	182,248	591,160	60,127	304,208
Мінімум	0,606	0,934586	22,57769	3,836227	0,605976
Максимум	689,145	1471,757	4940,893	414,4866	4940,893

Взимку найбільший розвиток мали коловертки та представники меропланктону: личинки червів, молюсків, вусоногих раків, але кількісні показники були низькими, крім кінця лютого, коли був відмічений розвиток великих за розміром желетілих, що підвищили значення середньої біомаси за сезон до 141,147 мг • м⁻³ за чисельності 2035 екз. • м⁻³ (див. рисунки 2.14, 2.15).

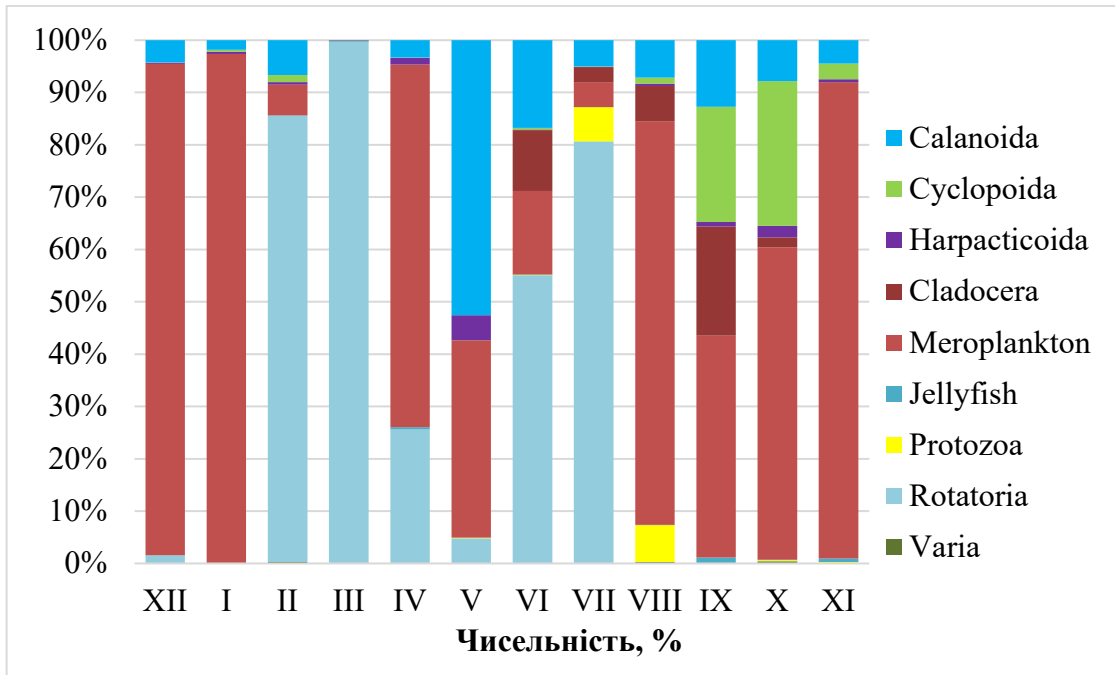


Рисунок 2.14 – Вклад різних таксонів у формування чисельності мезозoopланктону в Одеському регіоні у 2023 році

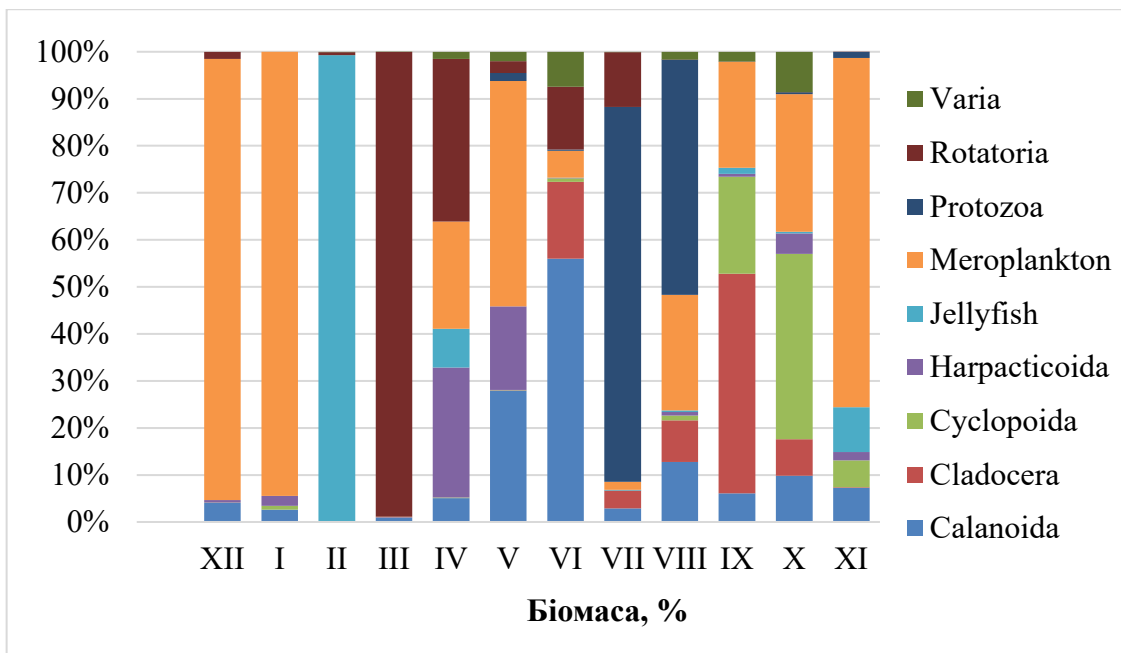


Рисунок 2.15 – Вклад різних таксонів у формування біомаси мезозoopланктону в Одеському регіоні у 2023 році

Навесні з початком прогріву води (близько 7 °C) відбувався традиційний масовий розвиток коловерток, кінець березня – середина квітня – час, коли їх чисельність і біомаса буває найвищі за рік, а відсоток у загальному зоопланктоні може доходити до 99 %. У 2023 році навесні чисельність *Rotatoria* коливалась від 24 екз. • м⁻³ до 11076000 екз. • м⁻³, біомаса – від 0,025 мг • м⁻³ до 1465,466 мг • м⁻³, найвищий розвиток мав вид *Synchaeta baltica* Ehrenberg, 1834. Крім коловерток були відмічені веслоногі ракоподібні, представники меропланктону та інші безхребетні, але ніхто з них не мав значного розвитку впродовж сезону. Зазвичай наприкінці весни починається розмноження макробентосних організмів, тому в другій половині травня – на початку червня в планктоні підвищується кількість пелагічних личинок донних безхребетних: балануса, червононогих та двостулкових молюсків, але в цьому році ми спостерігали тільки невелике зростання у цих групах. Можливо через розпріснення води внаслідок аварії на Каховській ГЕС не відбувалося розмноження бентосних організмів або личинки в більшості загинули. Середня чисельність зоопланктону за весну дорівнювала 142451 екз. • м⁻³, з яких 139224 екз. • м⁻³ або 97,7 % припадало на групу *Rotatoria*, середня загальна біомаса була 182,248 мг • м⁻³, більшість з якої також давали коловертки – 174,275 мг • м⁻³ або 95,6 % (рисунки 2.14, 2.15).

На початку літа було зафіксовано короткочасне зниження солоності води в дослідженій акваторії через руйнування Каховської ГЕС та виток прісної води з Каховського водосховища і Дніпрово-Бузького лиману. Це призвело до зростання кількості, іноді стрімкого, в зоопланктоні прісноводних видів, таких як *Brachionus quadridentatus*, *Brachionus calyciflorus amphicerus*, *Fillinia longiseta*, *Asplanchna priodonta*, *Synchaeta vorax*, *Halicyclops* sp., *Bosmina longirostris*, *Cornigerius maeoticus*, *Leptodora kindtii*. Зазвичай ці види є звичайними для водосховищ і лиманів системи р. Дніпро та можуть бути відмічені у зоопланктоні Чорного моря, особливо в місцях виходу річок або в опріснених районах, але вони зустрічаються поодинокими особини, які не мають значного розвинення. З підвищенням солоності більш 10 ‰ прісноводні види майже зникли з пелагіалі. У прибережних районах прісноводні види не реєструвалися вже в останні дні

червня, проте у відкритому морі на відстані від берегу солонуватоводні види та полігалоби продовжували мати значний розвиток ще й у першій половині липня. Впродовж серпня гідрохімічні показники води поблизу Одеси наблизилися до середніх характеристик по даному району, зоопланктон також мав риси, що відповідають сезонній динаміці. У липні відмічався розвиток гетеротрофної динофлагеляти *Noctiluca scintillans*, яка є одним із індикаторів забруднення морського середовища. У другій половині місяця відсоток ноктилюки у загальній біомасі коливався від 51,87 % до 99,43 %, а її біомаса в акваторії яхт-клубу в окремі дні доходила до $4,9 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ (26.07.2023), але вже в середині серпня біомаса *N. scintillans* знизилася до $0,425 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, що складало близько 1%. Середня чисельність зоопланктонних організмів за літо склала $114756 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$, біомаса – $591,160 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, домінуючою групою були Rotatoria за чисельністю та Protozoa за біомасою.

Восени кількісні показники зоопланктону формувалися за рахунок веслоногих та гіллястовусих ракоподібних і представників меропланктону, значного розвитку не було відмічено у жодній групі, середня чисельність складала $18076 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$, біомаса – $60,127 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, рисунок 2.16.

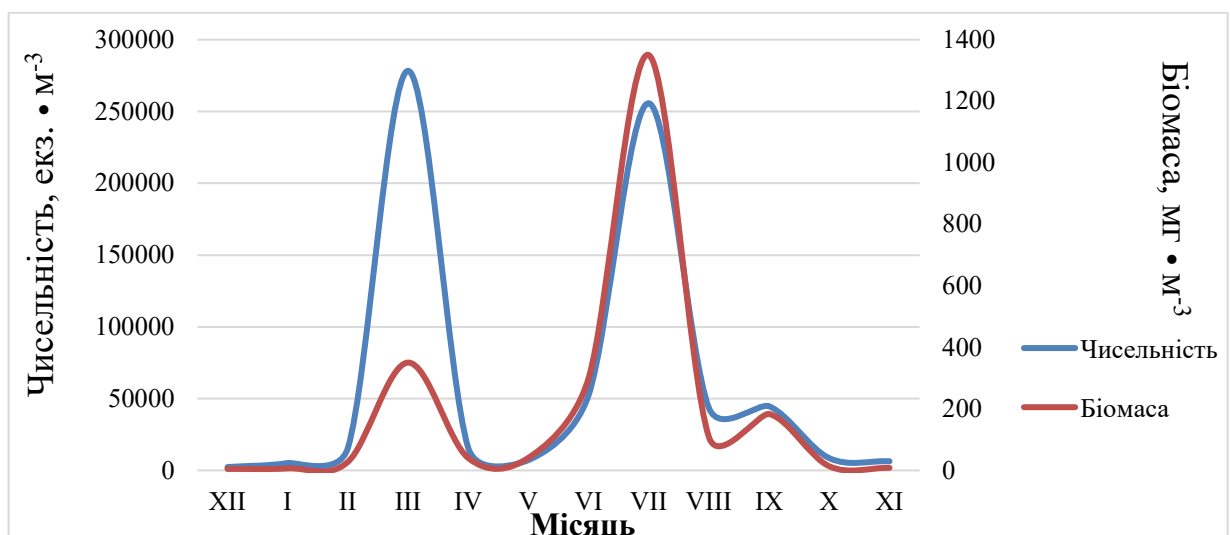


Рисунок 2.16 – Динаміка чисельності та біомаси мезозоопланктону в Одеському регіоні у 2023 році

2.7 Оцінка екологічного стану акваторії ОМР за кількісними показниками мезозoopланктону

Індекс різноманіття зоопланктону по Шеннону взимку дорівнював у середньому $1,030 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$, навесні цей показник був $1,396 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$, влітку підвищився до $2,023 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$, восени знизився до $1,839 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$. Середній показник індексу Шеннону під час дослідження складав $1,735 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$, що менше за середні показники попередніх трьох років, максимальний відмічався у липні – $3,033 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$, мінімальний був листопаді – $0,220 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$. Річний хід індексу Шеннону протягом 2023 року відображено на рисунку 2.17

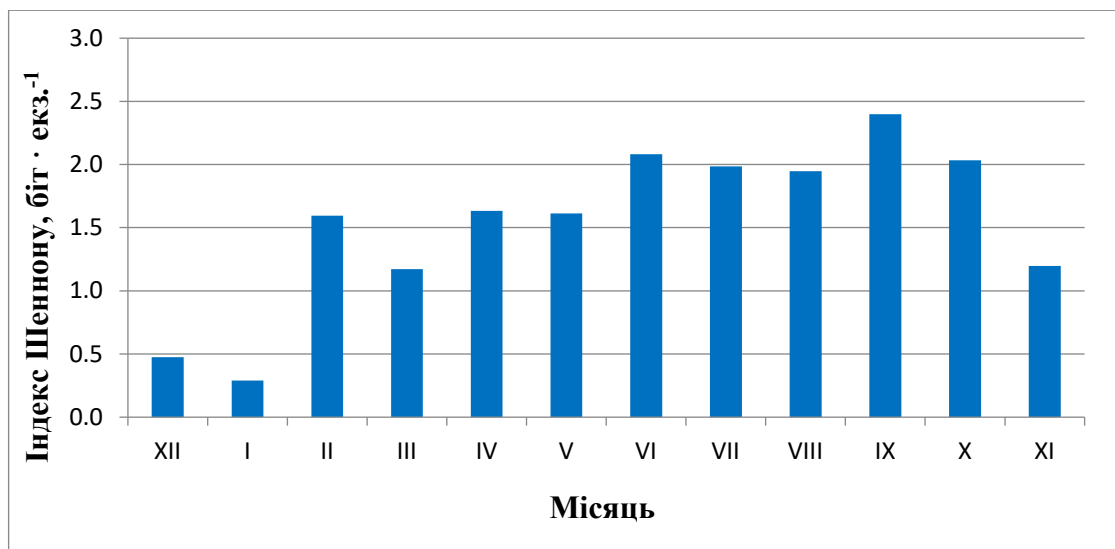


Рисунок 2.17 – Індекс Шеннона (за чисельністю) зоопланктону в Одеському регіоні у 2023 році

За систематикою *Noctiluca scintillans* належить до динофітових водоростей, але має достатньо великі розміри (до 1 мм) та гетеротрофний спосіб харчування, тому її часто розглядають у складі мезозoopланктону, до якого ноктилюка екологічно ближче, ніж до водоростей. Крім того, *N. scintillans* швидко реагує на зміни у навколишньому середовищі, що дозволяє використовувати її як індикатор стану водойм.

Оцінка стану акваторії відбувалася за інтегральним індексом зоопланктону (IZI), який комплексно оцінює стан водного середовища за показниками зоопланктону – загальною біомасою, індексом різноманіття Шеннону, часткою копепод, ноктілюки та желетілих у загальній біомасі.

Відсоток ноктілюки у 2023 році був нерівномірним у загальній біомасі: взимку і восени знаходився на нульових відмітках, навесні зростав на короткий час до 6,0 %, значне підвищення було відмічено з середини липня від 51,9 % до 99,4 %, але вже у середині серпня воно знов знизилося до мінімальних показників (рисунок 2.18). Середня доля ноктілюки за рік – 11,55 %, що нижче, ніж у попередні роки, багаторічні зміни вкладу *N. scintillans* в біомасу зоопланктону Одеського регіону відображено на рисунку 2.19. Проте ми не можемо бути впевненими, що цей показник завжди в повній мірі характеризує поліпшення стану ОМР через те, що *N. scintillans* існує при морській солоності, тож розпріснення, навіть короткочасне, лімітувало розвиток цієї динофлагеляти. Забруднення акваторії витоками з Каховського водосховища було помітно візуально, але розвинення ноктілюки не було значним та тривалим.

Відсоток желетілих в середньому за рік дорівнював 4,73 %. Взимку і навесні були короткочасні періоди зростання, наприклад наприкінці лютого до 99,97 % загальної біомаси, що дало відсоток за зимовий сезон 19,99 %. Влітку желетілі відмічалися частіше, проте середній відсоток по біомасі за сезон був найнижчим – 0,23 %.

Відсоток біомаси копепод у загальному зоопланктоні складав 4,4 % взимку, 25,1 % навесні, 32,2 % влітку, 36,3 % восени, в середньому за рік – 29,0 %. В групі Copepoda частіше за інших були відмічені ракоподібні з родів *Acartia* та *Oithona*.

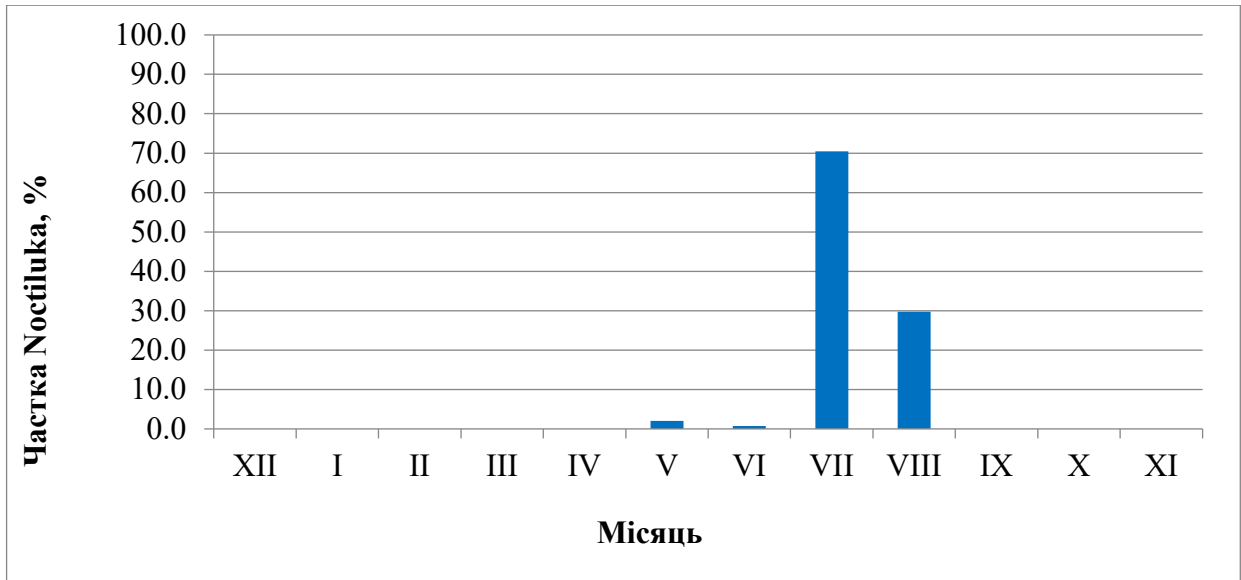


Рисунок 2.18 – Річний хід зміни частки *Noctiluca scintillans* у загальній біомасі мезозoopланктону (%) в Одеському регіоні у 2023 році

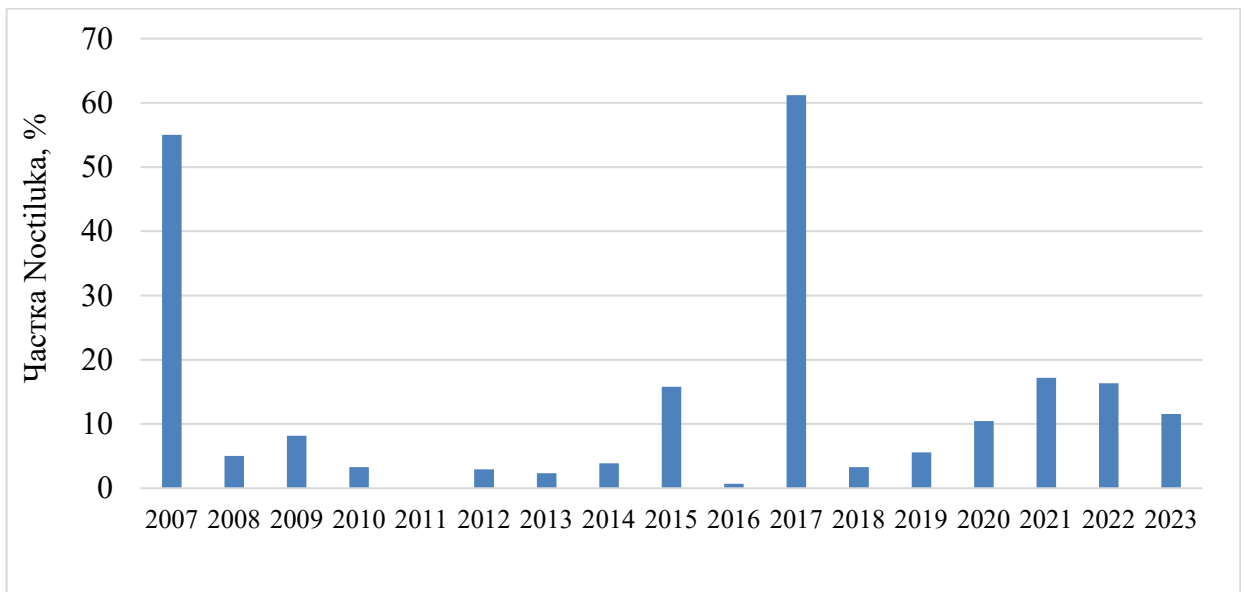


Рисунок 2.19 – Багаторічні зміни вкладу (%) *N. scintillans* в біомасу зоопланктону в Одеському регіоні

Цільові значення індексу IZI для району досліджень представлені у таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Цільові значення індексу IZI для прибережній зоні
 Дунай – Дніпровського регіону 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
Зпадовільний	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 2023 року індекс варіював від 0,125 у липні до 0,638 у листопаді та склав у середньому за рік 0,399. Сезонний хід індексу та оцінку стану акваторії можна побачити на рисунку 2.20. Майже весь рік відмічався «Дуже поганий» екологічний стан. Влітку показники давали картину гарного стану, проте це не відповідало фактичній картині екологічного стану регіону.

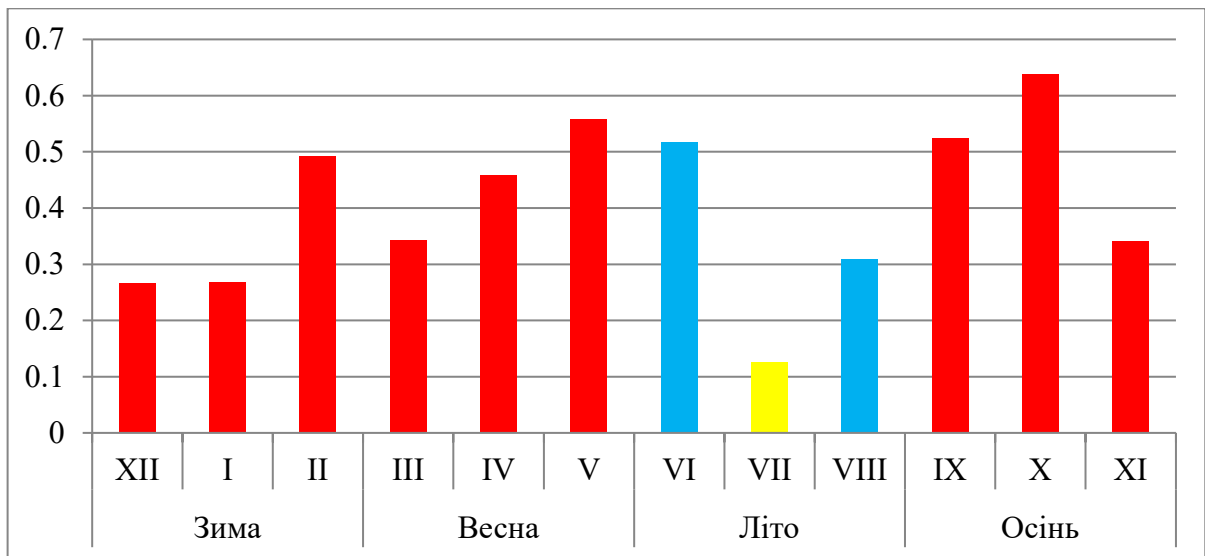


Рисунок 2.20 – Сезонний хід індексу IZI та оцінка стану середовища за показниками зоопланктону 2023 році

Поки ми можемо констатувати, що підрив Каховської греблі вплинув на стан зоопланктонних угруповань в ОМР через короточасні зміни у якісному складі та кількісних показниках, які достатньо швидко прийшли до середньої

норми для регіону. Це пов'язано зі здатністю планктонних тварин під впливом течії долати значні відстані та відновлювати стан після зникнення негативних факторів. За рахунок водообміну з територіями, які менше зазнали впливу від надходження прісних вод з Дніпра, вже за два – три місяці стан зоопланктону одеського морського регіону відповідав сезонним характеристикам. Розмноження й життєві цикли мезозоопланктону йде не довше кількох тижнів, тому відновлення йде набагато швидше, ніж у більш повільних бентосних безхребетних.

Однак на теперішній момент ще важко сказати як вплине в довгостроковій перспективі на біологічні угруповання забруднення акваторії. До того ж основні метрики забруднення в зоопланктоні були розраховані на морські умови та можуть некоректно працювати в умовах розпріснення, навіть недовготривалого. Показники відсотку желетілих та ноктилюки були невисокими через відсутність їх або знижену кількість у воді з низкою солоністю, тому при візуальному спостереганні забруднення могли показувати гарний стан біоти, що не є коректною оцінкою.

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

Загалом, екологічний стан акваторії цього року можна охарактеризувати як «Поганий».

3 СТАН БЕНТОСНОГО УГРУПОВАННЯ

3.1 Біорізноманіття та екологічний стан макрозообентосу ПЗЧМ

Проби були відібрані за допомогою металевої рамки площею 0,01 м² з різних субстратів: штучний твердий субстрат (хвилеріз), пісок, слабозамулений пісок з домішками черепашки, мул в акваторії Чорноморського яхт-клубу. Для відбору використовувалася стандартна рамка 10x10 см, для кожної проби у трьох повторностях. Таким чином кожна проба охоплювала 0,03 м² поверхні дна. В кількісних пробах макрозообентосу узбережжя Одеського регіону (дослідні глибини від 0,5 м до 3 м) в 2023 році зареєстровано 24 таксони донних макробезхребетних. Найбільш вагому роль у формуванні якісного складу макрозообентосу відіграють Annelida – 8 видів, Arthropoda 9 видів та Mollusca – 6 видів (рисунок 3.1).

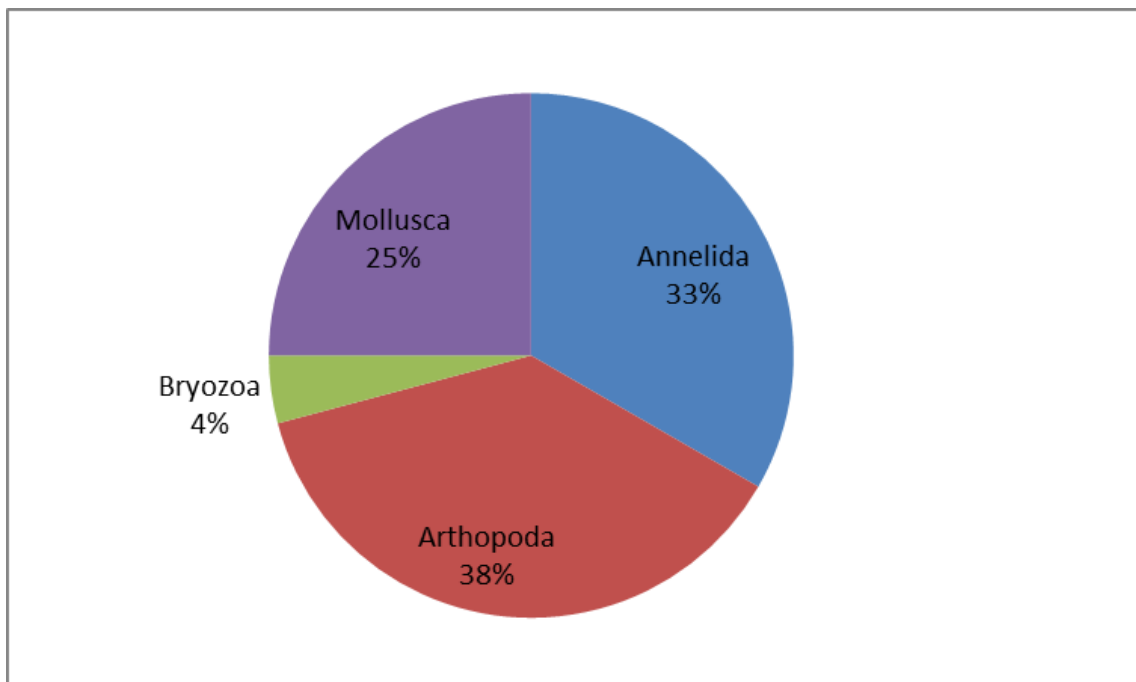


Рисунок 3.1 – Таксономічний склад макрозообентосу прибережних водних масивів у 2023 році

Максимальну зустрічальність мали такі види: *Capitella capitata* (Fabricius, 1780), *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Mysta picta* (Quatrefages, 1865), *Tubificoides* sp., *Spio filicornis* (Müller, 1776), *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819. Ці ж види найчастіше опинялися у складі домінантів та субдомінантів угруповань. Максимальна кількість видів була знайдена на штучному субстраті – 13, мінімальна на піску – 2, на інших м'яких ґрунтах – 10. Індекс Шеннону варіював від 0.5 біт • екз.⁻¹ до 1.6 біт • екз.⁻¹.

За 2023 рік було відзначено 3 основних типи донних угруповань.

Угрупування твердих субстратів Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819.

Угрупування розвивалося на штучному твердому субстраті (хвилеломі) та на пластику.

D 1: До складу макрзообентосу входив 15 таксон рангом виду і вище, з них найбільшою різноманітністю відрізнялися Crustacea – 7, Polychaeta та Mollusca – 3, інші представлені одним видом.

Середня чисельність становила 3536±2096 екз. • м⁻², а біомаса – 1357±622 г • м⁻², індекс Шеннону варіював від 2,18 біт • екз.⁻¹ до 2,68 біт • екз.⁻¹ (таблиця 3.1).

D 4: Домінантою за біомасою в угрупованні були фільтратори *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, на частку яких доводилося до 99 % біомаси та 63 % чисельності. Частка інших організмів була низькою: *Chaetogammarus olivii* (H. Milne Edwards, 1830) та *Melita palmata* (Montagu, 1804) давали від 12 % до 14 % численності та не більш ніж 1 % біомаси.

D 6: Співвідношення груп видів за відношенням до органічної речовини мало наступний характер: I – 11.55 %, II – 5.35 %, III – 80.25 %, IV – 0.65 %, V – 2.25 %, що відповідає трохи порушеному стану. Індекс АМВІ дорівнює 2,7, індекс М-АМВІ – 0,68. Таким чином, екологічний стан угруповання макрзообентосу відповідає критеріям Доброго екологічного стану (ДЕС) (див. рисунок 3.2).

Таблиця 3.1 – Чисельність (екз. • м⁻²) і біомаса (г • м⁻²) макробентосу на різних ґрунтах та субстратах, 2023 р.

Тип	Вид	Пісок		Пісок-мул		Штучний твердий субстрат (хвилеріз, пластик)	
		Чисельність, екз • м ⁻²	Біомаса, г • м ⁻²	Чисельність, екз • м ⁻²	Біомаса, г • м ⁻²	Чисельність, екз • м ⁻²	Біомаса, г • м ⁻²
1	2	3	4	5	6	7	8
Annelida	<i>Mysta picta</i> (Quatrefages, 1865)	11±11	0.11±0.11	33.33	1.43	33±33	0.33±0.33
	<i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776)	633±318	0.52±0.26				
	<i>Capitella "capitata"</i> (Fabricius, 1780)	400±222	0.33±0.18				
	<i>Microspio mecznikowianus</i> (Claparède, 1869)	44±29	0.02±0.01				
	<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)					5±5	0.06±0.06
	<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818			100.00	2.50	50±50	0.54±0.54
	<i>Glycera tridactyla</i> Schmarda, 1861	11±11	0.07±0.07	66.67	3.93		
	<i>Tubificoides sp</i>	111±111	0.13±0.13	766.67	0.80		
	<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	11±11	0.05±0.05				
Arthropoda	<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)			166.67	0.40	133±33	0.19±0.07
	<i>Iphinoe maeotica</i> Sowinskyi, 1893					25±25	0.06±0.06
	<i>Sphaeroma serratum</i> (Fabricius, 1787)					43±23	0.83±0.38
Arthropoda	<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)					43±23	0.75±0.25
	<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)			33.33	0.27		
	<i>Chaetogammarus olivii</i> (H. Milne Edwards, 1830)					217±117	0.37±0.25
	<i>Melita palmata</i> (Montagu, 1804)					217±117	0.17±0.05
	<i>Crangon crangon</i> (Linnaeus, 1758)					10±10	0.06±0.06
	Orthocladiinae gen.sp.					305±295	1.72±1.62
Br	<i>Lepraria pallasiana</i> (Moll, 1803)			133.33	0.40	238±128	0.31±0.19
Mollusca	<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)			200.00	440.87		
	<i>Abra nitida</i> (O. F. Müller, 1776)			33.33	33.33		
	<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819					2097±1237	264±92.5
	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789)	11±11	1.06±1.06			0±0	0±0

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	<i>Moerella donacina</i> (Linnaeus, 1758)					5±5	0.06±0.06
	<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)			33.33	0.40		
	<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819 (більше 4 см)			200.00	486.27	115±85	1087.61±712.39
	Всього	1233±674	2.27±1.84	1766.67	970.60	3537±2097	1357.04±622.81

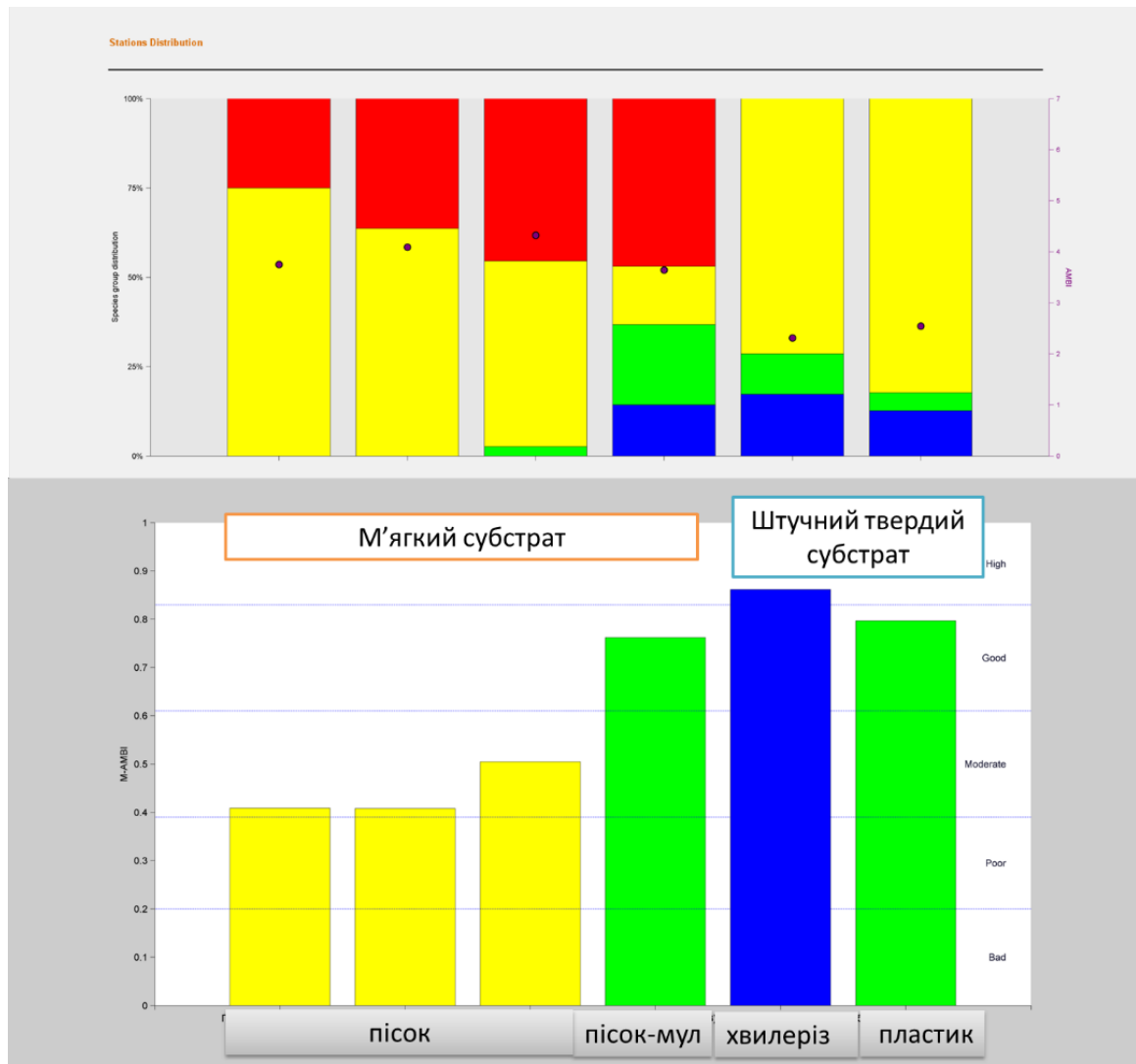


Рисунок 3.2 – Індекси AMBI та M-AMBI по субстратах

Угрупування м'яких субстратів *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) – *Parvicardium exiguum* (Gmelin, 1791) – *Tubificoides* sp.

D1: Це угруповання було представлено в кількох варіантах з домінуванням різною часткою 11 видів – *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758), *Parvicardium*

exiguum (Gmelin, 1791), *Mysta picta* (Quatrefages, 1865), *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, *Glycera tridactyla* Schmarda, 1861, *Tubificoides* sp, *Ampelisca diadema* (Costa, 1853), *Idotea balthica* (Pallas, 1772), *Lepraria pallasiana* (Moll, 1803), *Abra nitida* (O. F. Müller, 1776), *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819. Середня чисельність становила $68,85 \pm 13,54 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, індекс Шеннона дорівнював від $2,52 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$ до $3,15 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$.

D4: Домінантою за біомасою в угрупованні виявлені фільтратори (*Chamelea gallina*, *Parvicardium exiguum*), на частку яких доводилося 95 % загальної біомаси, але їх частка за чисельністю була низька – 22 %. При цьому черви *Tubificoides* sp. склали 42 % чисельності сумарно.

D6: Співвідношення груп видів за відношенням до органічної речовини мало наступний характер: I – 14,29 %, II – 22,45 %, III – 16,33 %, IV – 0 %, V – 46,94 %, індекс AMBI – 3,64, індекс M-AMBI – 0,76. Таким чином, екологічний стан угруповання макрозообентосу відповідає критеріям ДЕС.

Угруповання м'яких субстратів Polychaeta varia.

D1: Це угруповання було представлено 3-8 видами, але максимальну кількість мали *Capitella capitata* (Fabricius, 1780), *Spio filicornis* (Müller, 1776) та *Tubificoides* sp., з невеликим домінуванням перших двох. Чисельність складала $1233 \pm 673 \text{ екз} \cdot \text{м}^{-2}$, а біомаса – $2,27 \pm 1,84 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, індекс Шеннону був $1,72 \text{ біт} \cdot \text{екз}^{-1}$.

D4: Усе угруповання було складено видами детритофагами-збирачами.

D6: Співвідношення груп видів за відношенням до органічної речовини мало наступний характер: I – 0 %, II – 0,87 %, III – 65,53 %, IV – 0 %, V – 35,6 %; індекс AMBI – 4,06, індекс M-AMBI – 0,44. Таким чином, екологічний стан угруповання макрозообентосу не відповідає критеріям ДЕС (Не ДЕС).

Динаміка угруповань відповідає багаторічній. Без охоплення великої сітки станцій та значного часового проміжку на даний момент передчасно говорити про тенденції змін в угрупованні макрозообентосу.

3.2 Біорізноманіття та екологічний стан мейзообентосу ПЗЧМ

Мейобентос, не зважаючи на дрібні розміри, має значний відсоток у харчуванні молоді риб, ракоподібних, кишковопорожнинних та інших безхребетних, до того ж представники мейофауни мають достатньо великі показники чисельності та біомаси і характеризуються високим ступенем відтворення, що підвищує їх харчову цінність та впливає на зростання біорізноманіття у водоймі. Також мейобентос бере участь у трансформації органічних речовин та може служити індикатором стану водних екосистем [45]. Мейобентосні організми зустрічаються практично на будь-якому типі ґрунтів, де можуть утворювати поселення щільністю в кілька мільйонів особин на квадратний метр. Хоча мейобентос ще не включений в біологічний розділ контролю якості води згідно з Водною Рамковою директивою [4], його кількісні показники повинні враховуватися для оцінки стану навколишнього середовища.

У травні та серпні 2023 року були відібрані проби мейобентосу на території яхт-клубу, досліджена акваторія має частково обмежений водообмін та відчуває помірне антропогенне навантаження.

Було ідентифіковано 20 типів мейобентосних організмів з 12 великих таксонів: Foraminifera, Nematoda, Harpacticoida (визначали до роду або виду), Ostracoda, Kinorhyncha, Turbellaria, Oligochaeta, молодь Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda, Amphipoda, Nemertea. Halacaridae були відсутні в пробах, хоча в зоопланктоні приблизно у цей же час поодинокі особини відмічалися. Відбір проб проходив на трьох типах ґрунтів: пісок (зона уріза води), пісок з домішками мулу та черепашки, мул з домішками піску та черепашки. Найбільше різноманіття відмічене для слабозамуленого піску з домішками черепашки, найменша щільність безхребетних відмічена на чистому піску, що був відібраний на урізі води (таблиця 3.2). Також для чистого піску характерні найнижчі показники чисельності та біомаси. Найбільш розповсюдженими групами були Nematoda, Harpacticoida та молодь Polychaeta, які відмічені на всіх типах ґрунтів

як навесні, так і влітку (дивись рисунок 3.3). Веслоногі ракоподібні Harpacticoida мали у своєму складі звичайних для одеського регіону представників: *Canuella perplexa* Scott T. & Scott A., 1893, *Harpacticus littoralis* (Sars G. O., 1910), *Ameira parvula parvula* (Claus, 1866), *Ectinosoma melaniceps* (Boeck, 1845), *Nitocra* sp. Boeck, 1865, *Tisbe* Lilljeborg [52].

Таблиця 3.2 – Список зареєстрованих у 2023 р. видів мейобентосу в ПЗЧМ по сезонах і типах ґрунтів

Таксон	Тип ґрунту						Загальна зустрічальність, %
	весна			літо			
	1	2	3	1	2	3	
Foraminifera							
<i>Ammonia</i> Brünnich, 1771	-	-	+	-	+	-	33
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	+	-	17
Nematoda	+	+	+	+	+	+	100
Harpacticoida							100
<i>Canuella perplexa</i> Scott T. & Scott A., 1893	-	+	+	-	-	-	33
<i>Harpacticus littoralis</i> (Sars G. O., 1910)	-	-	+	-	-	-	17
<i>Ameira parvula parvula</i> (Claus, 1866)	-	+	-	-	+	-	33
<i>Nitocra</i> Boeck, 1865	-	-	-	-	+	+	33
<i>Ectinosoma melaniceps</i> (Boeck, 1845)	+	+	-	-	-	+	33
Laophontidae Scott T., 1904	-	-	-	-	+	+	33
<i>Tisbe</i> Lilljeborg, 1853	-	+	-	-	-	-	17
Harpacticoida gen. sp.	-	+	+	+	+	+	83
Ostracoda	-	-	+	-	+	-	33
L. Turbellaria	+	+	+	+	+	+	100
L. Polychaeta	+	+	+	+	+	+	100
L. Oligochaeta	+	+	+	-	+	+	83
L. Bivalvia	-	+	+	+	+	+	83
L. Gastropoda	-	-	-	-	+	+	33
Kinorhyncha	-	-	-	-	+	-	17
L. Nemertea	+	+	-	-	-	+	50
L. Amphipoda	-	+	+	-	+	+	67
Загалом таксонів	6	12	11	5	15	12	
Примітка. Тип ґрунту: 1 – пісок, зона заплеску, 2 – пісок з мулом та черепашкою, 3 – мул з піском та черепашкою							

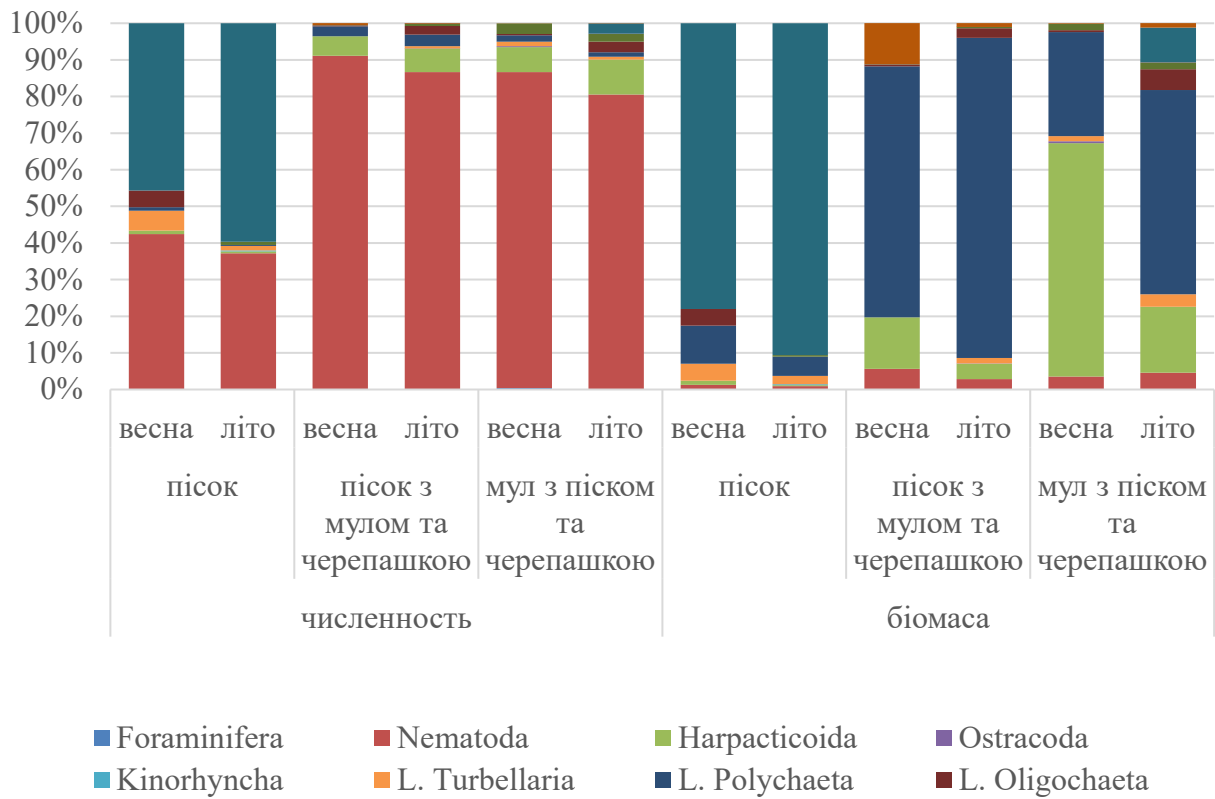


Рисунок 3.3 – Відсоток основних груп мейобентосу у загальній чисельності та біомасі по сезонах та ґрунтах

Чисельність на різних ґрунтах була сформована за рахунок двох груп: нематод, які мали розвиток на замулених ґрунтах, та немертин, що домінували на піщаному ґрунті як за щільністю так і за біомасою (дивись таблицю 3.3). Зазвичай для мейобентосу Одеського регіону характерно, що при значній чисельності евейобентосу (постійного компоненту) ця група не має високої біомаси через дрібні розміри, тому більш важкі личинки або молодь макрозообентосних організмів (псевдомейобентос) формують показники біомаси. Таку картину ми бачили в 2023 році (рисунок 3.4).

Однак зона урізу води мала більш сприятливі умови для розвитку немертин. Навесні середні показники чисельності мейобентосу в акваторії яхт-клубу сягали 1442,9 тис. екз. · м⁻², найнижчі відмічалися на піщаному ґрунті – 21,9 тис. екз. · м⁻², на замуленому піску з черепашкою та на мулі з домішками піску щільність мейобентосних організмів були майже на одному рівні – 2129,0 тис. екз. · м⁻² та 2177,9 тис. екз. · м⁻² відповідно.

Таблиця 3.3 – Розподіл чисельності та біомаси основних груп мейобентосу на різних типах ґрунтів по сезонах 2023 року

Тип ґрунту	Пісок		пісок з домішками мулу та черепашкою		мул з домішками піску та черепашкою	
	весна	літо	весна	літо	весна	літо
Сезон						
Група організмів	Чисельність, тис. екз. · м ⁻²					
Foraminifera	0	0	0	0,4	8,2	0
Nematoda	9,3	28	1940,0	552,0	1880,0	257,6
Haracticoida	0,2	0,4	113,0	41,2	147,8	30,4
Ostracoda	0	0	0	0,4	6,0	0
Kinorhyncha	0	0,2	0	0	0	0
Turbellaria	1,2	0,9	0	3,9	26,1	2,6
<i>Евмейобентос</i>	10,7	29,5	2053,0	597,9	2068,1	290,6
L. Polychaeta	0,2	0,2	59,0	20,1	38,0	3,7
Oligochaeta	1,0	0	5,0	14,9	7,6	9,2
L. Bivalvia	0	0,7	1,0	4,0	64,0	6,8
L. Gastropoda	0	0	0	0,2	0	0,4
L. Nemertea	10,0	44,9	0	0	0	8,8
L. Amphipoda	0	0	11,0	0,5	0,2	0,2
<i>Псевдомейобентос</i>	11,2	45,8	76,0	39,7	109,8	29,1
загалом	21,9	75,3	2129,0	637,6	2177,9	319,7
N/C індекс	46,5	76,0	17,2	13,4	12,7	8,5
Група організмів	Біомаса, мг · м ⁻²					
Foraminifera	0	0	0	0,1	1,6	0
Nematoda	1,9	5,6	388,0	110,4	376,0	51,5
Haracticoida	1,8	1,5	970,0	164,9	6828,2	202,2
Ostracoda	0	0	0	3,3	54,0	0
Kinorhyncha	0	1,3	0	0	0	0
Turbellaria	7,2	13,8	0	58,0	156,6	38,6
<i>Евмейобентос</i>	10,9	22,2	1358,0	336,7	7416,4	292,3
L. Polychaeta	16,0	31,3	4720,0	3409,5	3040,0	625,6
L. Oligochaeta	7,0	0	35,0	104,3	53,2	64,4
L. Bivalvia	0	2,2	3,0	12,1	192,0	20,4
L. Gastropoda	0	0	0	0,7	0	1,5
L. Nemertea	120,0	538,8	0	0	0	106,0
L. Amphipoda	0	0	770,0	38,6	14,0	12,9
<i>Псевдомейобентос</i>	143,0	572,3	5528,0	3565,2	3299,2	830,8
загалом	153,9	594,5	6886,0	3901,9	10715,6	1123,1

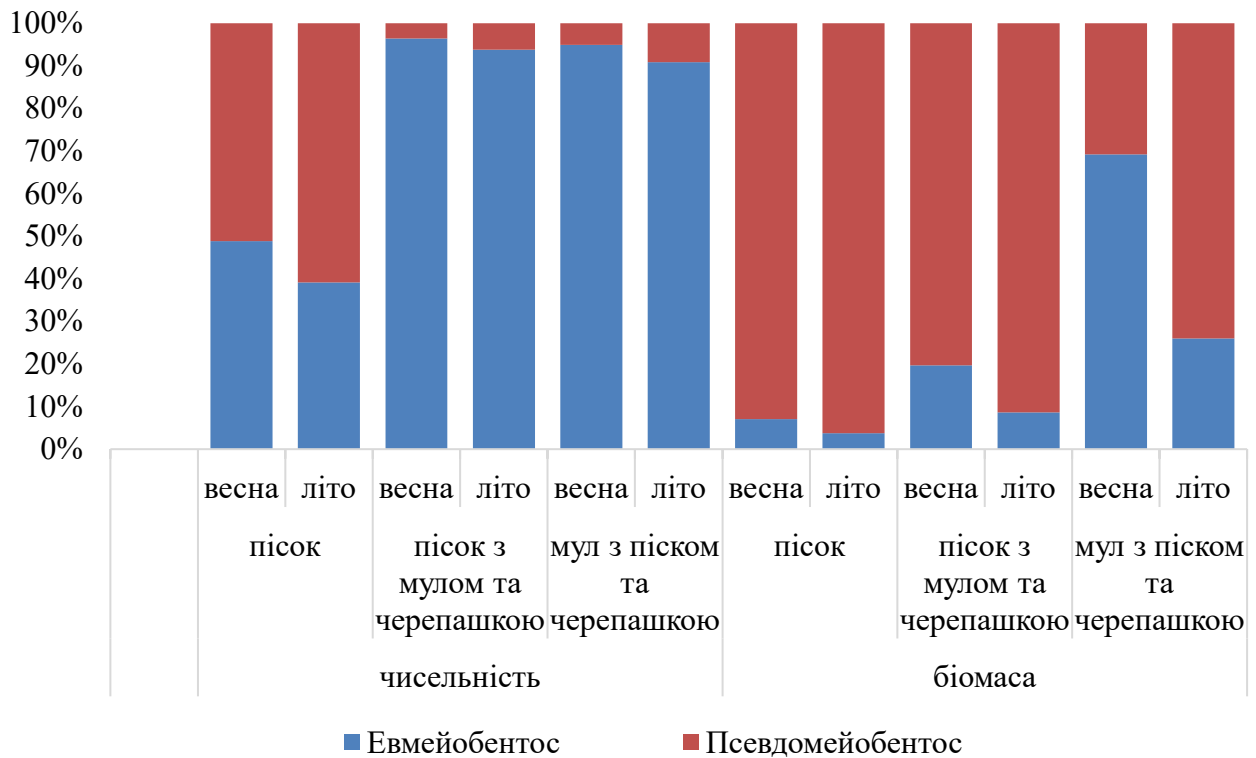


Рисунок 3.4 – Співвідношення евмейобентосу та псевдомейобентосу у загальному мейобентосі по ґрунтах

Наприкінці літа на чистому піщаному ґрунті було відмічено зростання чисельності до 75,3 тис. екз. · м⁻² за рахунок розвитку нематод і немертин, на замуленому піску та мулу з домішками піску і черепашки щільність знизилась до 637,6 тис. екз. · м⁻² та 319,7 тис. екз. · м⁻² відповідно внаслідок зменшення безхребетних майже у всіх групах крім олігохет, немертин та гастропод.

Біомаса у мейобентосній спільноті на замуленому піску та на мулах була сформована за рахунок тимчасового компоненту – псевдомейобентосу, а саме молоді поліхет, субдомінантами за вагою були гарпактициди, частіш велика за розміром *Canuella perplexa*. Личинки молюсків не мали значних показників чисельності чи біомаси, це може бути пов'язано з тим, що навесні під час відбору проб личинки ще мали планктонну форму, а влітку після зниження солоності через надходження дніпровських вод значна частина молюсків загинула. Середня біомаса мейобентосу на досліджуваній акваторії навесні дорівнювала 5918,5 мг · м⁻², наприкінці літа – 1873,2 мг · м⁻², чистий пісок із зони заплеску

мав найнижчі показники – $153,9 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$ (весна), найбільша біомаса була відмічена також навесні на мулі з домішками піску та черепашки – $10715,6 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$ (дивись таблицю 3.3).

Мейобентос крім харчової цінності є показником стану навколишнього середовища: зміни у щільності, різноманітті, розмірах організмів вказують на екологічні зміни у водоймі. Серед морських бентосних безхребетних мейобентос виконує індикаторну роль як в цілому, так і на рівні великих таксономічних рангів. Існує кілька методик екологічного тестування, серед них – співвідношення щільності груп *Nematoda* та *Haracticoida*, яке при погіршенні умов існування може змінюватися в десятки і навіть сотні разів: при посиленні негативного впливу на екосистему відсоток *Nematoda* зростає, проте відсоток *Haracticoida* знижується. Індекс співвідношення чисельності нематод до чисельності гарпактицид (N/C) був запропонований Д. Рафаеллі та С. Мейсоном [46]. Багаторічний аналіз даних отриманих в Одеському морському регіоні підтверджує зниження щільності поселень копепод при погіршенні зокрема кисневого режиму [44], [47].

У 2023 році нематодно-гарпактикоїдний індекс для всіх видів ґрунту був не дуже високий та не зазнавав значних коливань на одному ґрунті впродовж періоду досліджень. Найвищий був на піщаному ґрунті: 46,5 (навесні) та 76,0 (влітку). На мулистих ґрунтах він коливався від 8,5 до 17,2 зі зниженням у часі, що може свідчити про достатню кількість кисню при значному антропогенному навантаженні на даній акваторії [44]. Така реакція мейобентосного угруповання може бути як відповіддю на очищення моря внаслідок загального зменшення суднохідства так і бути слідством швидкого темпу відтворення після закінчення дії негативного впливу внаслідок підриву Каховської греблі. Мейобентосні організми характеризуються пристосуванням до життя в акваторій з великою кількістю органічного забруднення, мають коротший життєвий цикл і більш швидкі темпи росту й поновлення ніж макробентосні безхребетні. Тому ми могли спостерігати знижену кількість, в порівнянні з минулим роком, тільки-но осадженої молоді [53], що пов'язано з відсутністю нересту та загибеллю

макробентосу внаслідок надходження прісної води з Дніпра. Можна припустити, що навіть при зниженні загальних показників чисельності та біомаси структура мейобентосного угруповання знаходилася у відносно стабільному стані та мала потенціал для подальшого розвитку.

3.3 Біорізноманіття, кількісні показники та еколого-біологічна характеристика макрофітобентосу ПЗЧМ

Макрофітобентос – макроскопічні водорості, що живуть у прикріпленому чи неприкріпленому стані на дні водойм і на різноманітних предметах, що знаходяться у воді. Поряд з іншими продуцентами морські макрофіти, раніше за всіх реагують на зміну якості навколишнього середовища, що виявляється у перетворенні кількісного та якісного складу макрофітобентосу та дозволяє використовувати їх у програмах екологічного моніторингу.

Еколого-біологічні особливості макрофітобентосу: тривалість вегетації водоростей, частота трапляння, відношення до сапробності води.

Біомаса макрофітобентосу – сумарна вага сланей водоростей, що розвиваються на 1 м² субстрату.

Усього за період спостережень відзначено 20 видів макрофітобентосу, що належать до чотирьох відділів: Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta та Tracheophyta. За чисельністю переважали зелені – 9 видів, червоних було 8 видів, бурих – 2 види, квіткових рослин – 1 вид, що становило 45%, 40%, 10% та 5% відповідно. Протягом періоду спостережень природно відбувалися незначні зміни у видовому складі. Так, з травня по серпень зменшилась кількість видів зелених, зникли бурі та збільшилася різноманітність червоних макрофітів (таблиця 3.4, рисунок 3.5).

Таблиця 3.4 – Еколого-біологічна характеристика макрофітів на різних субстратах в акваторії яхт-клубу у 2023 році

№	Біорізноманіття	S/W _p	±	Ареал	Частота трапляння	Тривалість вегетації	Сапробіонтний склад	Травень (12.05)				Серпень (17.08)			
								перифігон	перифігон	перифігон	бентос	перифігон	перифігон	перифігон	бентос
								бетон-гравірс	канат	пластик-пантон	пісок	бетон-гравірс	канат	пластик-пантон	пісок
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Chlorophyta															
1	<i>Bryopsis hypnoides</i> J.V.Lamouroux, 1809	72,8	2,9	Н6	С	Од	М	+	+	+					
2	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kutzing, 1843	85.50	3,48	Ш6	С	Од	М					+		+	
2	<i>Cl. sericea</i> (Hudson) Kützing, 1843	80.0	2.7	Ш6	С	Од	М								+
4	<i>Cl. vagabunda</i> (Linnaeus) Hoek, 1963	47.82	2.84	Ш6	П	Од	П		+	+		+	+	+	
5	<i>Ulva compressa</i> Linnaeus, 1753	34.2	1.7	К	П	Од	О					+			
6	<i>U. flexuosa</i> Wulfen, 1803	50.4	1.5	Бт	С	Од	М		+		+	+	+		+
7	<i>U. intestinalis</i> Linnaeus, 1753	36.16	1.11	К	П	Од	П	+	+	+		+	+	+	
8	<i>U. lactuca</i> Linnaeus, 1753	36.4	1.6	Бт	П	Од	М					+			
9	<i>Ulvella leptochaete</i> (Huber) R.Nielsen, C.J.O'Kelly & B.Wysor, 2013	427.2	21.5	К	С	Од	О	+							
Ochrophyta															
10	<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye, 1819	123,1	4,8	К	С	С ₃	М					+			
11	<i>Punctaria latifolia</i> Greville, 1830	22,8	1,7	Ш6	Р	С ₃	О				+				
Rhodophyta															
12	<i>Acrochaetium parvulum</i> (Kylin) Hoyt, 1920	270.8	6.8	А6	Р	Од	О			+					
13	<i>Acrochaetium secundatum</i> (Lyngbye) Nägeli, 1858	270.8	6.1	Ш6	П	Од	О	+	+	+	+	+	+	+	+
14	<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye, 1819	165.0 0	4.21	Н6	П	Од	П	+	+	+		+	+	+	+

Кінець таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
15	<i>Carradoriella denudata</i> (Dillwyn) A.M.Savoie & G.W.Saunders, 2019	56.98	1.29	Бт	П	Од	М		+	+		+	+	+	+
16	<i>Ceramium siliquosum</i> var. <i>elegans</i> (Roth) G.Furnari, 1999	26.17	1.14	Ст	П	Сл	М	+	+	+	+	+	+	+	+
17	<i>Ceramium virgatum</i> Roth, 1797	25.32	1.23	К	П	Од	П						+		
18	<i>Grania efflorescens</i> (J.Agardh) Kylin, 1944	398.4	14.5	Шб	Р	Од	О			+	+				+
19	<i>Pyropia leucosticta</i> (Thuret) Neefus & J.Brodie, 2011	63,05	2,4	Шб	П	Сз	М	+	+	+					
Tracheophyta															
20	<i>Nanozostera noltei</i> (Hornemann) Tomlinson & Posluszny, 2001	19.77	2.15	Шб	П	Бр	М					+			+
Всього видів по субстратах								7	9	10	7	10	9	7	8
<p>Примітка 1. Аб – арктично-бореальні, Нб – нижньобореальні, Шб – широкобореальні, Бт – бореально-тропічні, Ст – субтропічні, К – космополіти; П – провідні, Р – рідкісні, С – супутні; Од – однорічні, Бр – багаторічні, Сл – сезонні літні, Сз – сезонні зимові; О – олігосапроби, М – мезосапроби, П – полісапроби.</p> <p>Примітка 2. Чутливі види макрофітів, що мають $S/W_p < 25 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ виділено світло-сірим кольором.</p>															

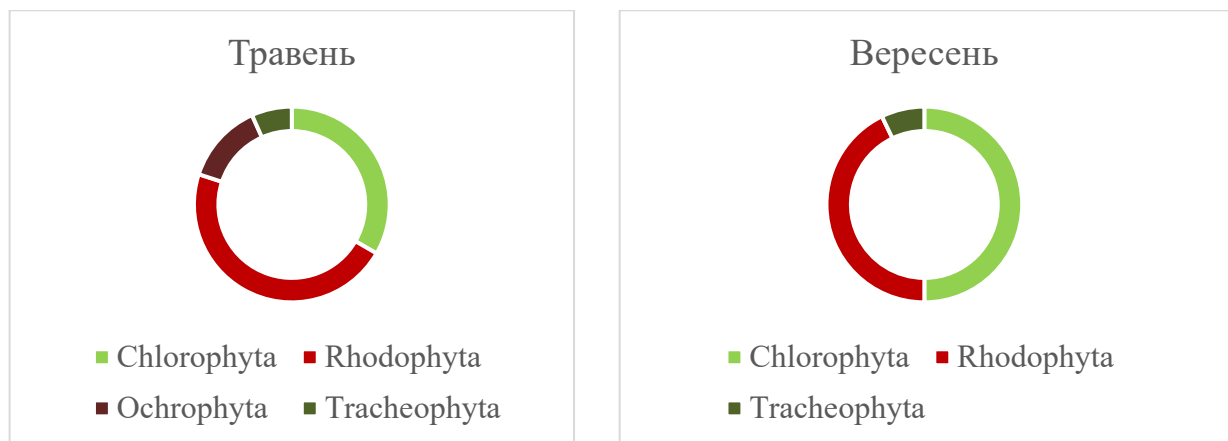


Рисунок 3.5 – Сезонні зміни біорізноманіття макрофітобентосу

Сезонно-зимові бурі водорості *Ectocarpus siliculosus* та *Punctaria latifolia* знайдені в бентосі тільки навесні на піщаному ґрунті, в епіфітоні на *Nanozostera noltei*. Влітку *Bryopsis hypnoides* та *Pyropia leucosticta* (сезонно-зимова) взагалі не спостерігалися.

За сапробіонтним складом, доля мезосапробів в загальному, дорівнює 50 %, на другому місті олігосапроби – 30 %, полісапробів – 20 % (таблиця 3.4, рисунок 3.6).

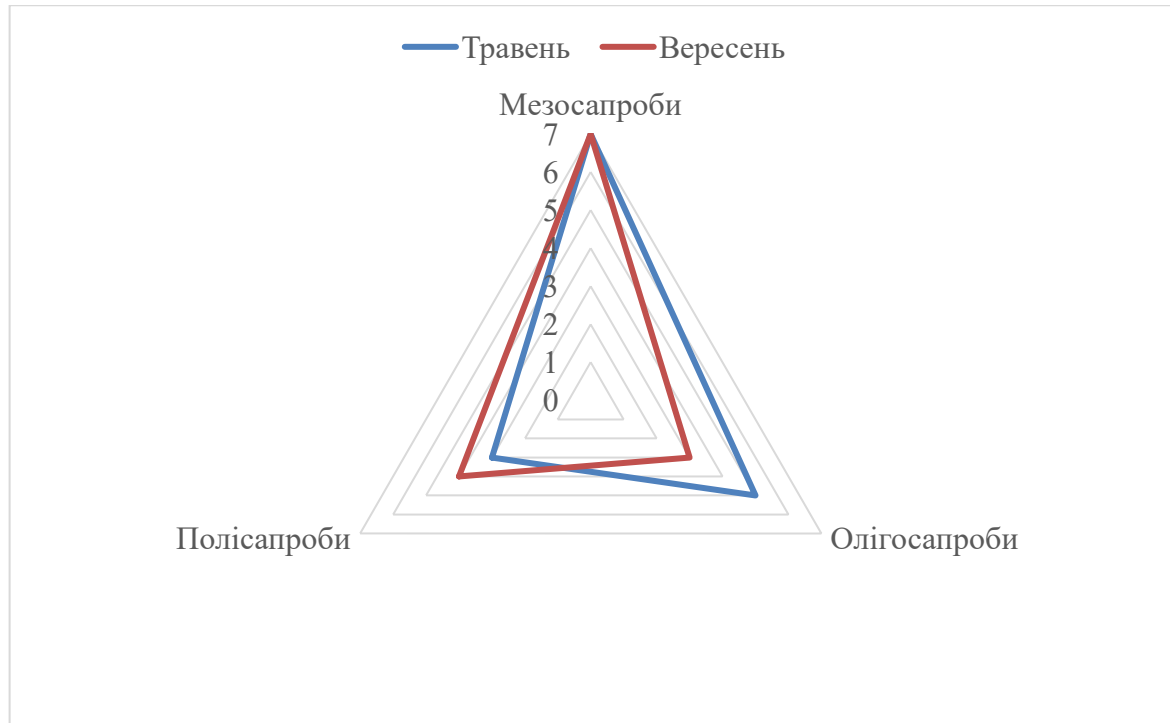


Рисунок 3.6 – Сапробіонтний склад макрофітобентосу по сезонах

Як видно з рисунка 3.6, доля мезосапробів по сезонах залишається постійною, але з підвищенням температури дещо зменшується відсоток олігосапробів, і збільшується відсоток полісапробів. Це пов'язано зі збільшенням вмісту біогенних речовин, які сприяють розвитку полісапробних видів та, навпаки, зменшенню олігосапробів. Переважання у складі водоростей мезосапробного угруповання свідчить про середній рівень забрудненості досліджуваної акваторії.

За фітогеографічним складом макрофіти на цій акваторії в основному представлені широкобореальними – 8 видів, доля космополітів декілька менше – 5 видів, частка інших географічних груп тут мінімальна (рисунок 3.7).

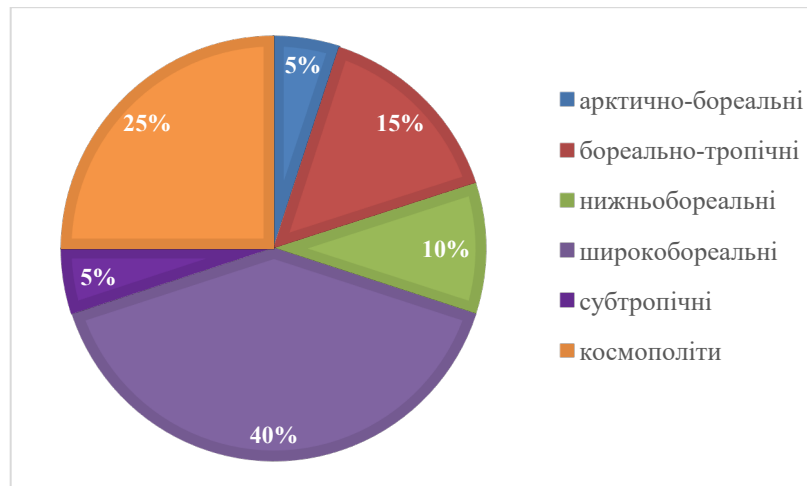


Рисунок 3.7 – Фітогеографічний склад макрофітобентосу

За тривалістю вегетації у фітобентосі акваторії зареєстровано абсолютне домінування однорічників: у травні було 10 видів, у вересні їхня кількість збільшується до 12. За температурою води 15,1 °C навесні були знайдені 3 сезонних зимових види: червона водорість *Pyropia leucosticta* та 2 види бурих макрофітів *Ectocarpus siliculosus* й *Punctaria latifolia*. Багаторічних і сезонних літніх було по 1 представнику: *Nanozostera noltei* і *Ceramium siliculosum* var. *elegans* відповідно (рисунок 3.8).

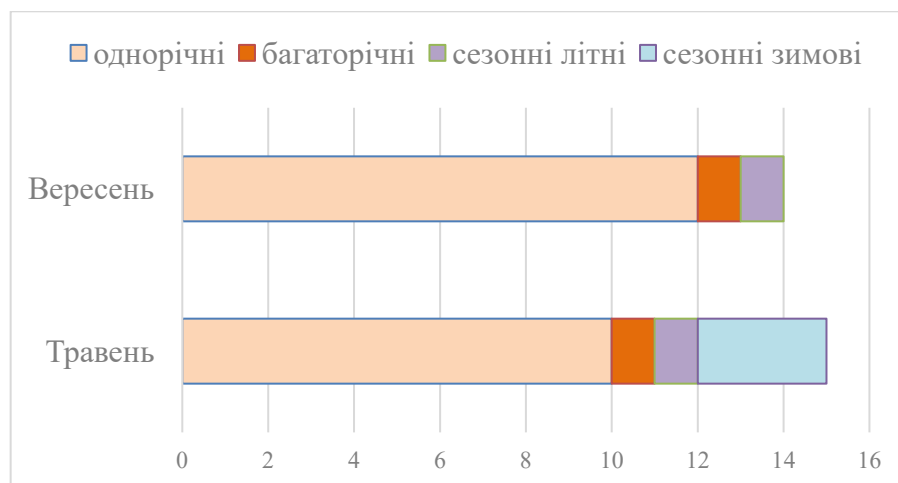


Рисунок 3.8 – Розподіл макрофітів за тривалістю вегетації

На акваторії за кількістю видів переважають провідні водорості, з незначним збільшенням біорізноманіття до серпня. Значно меншими долями представлені супутні й рідкісні водорості (рисунок 3.9).

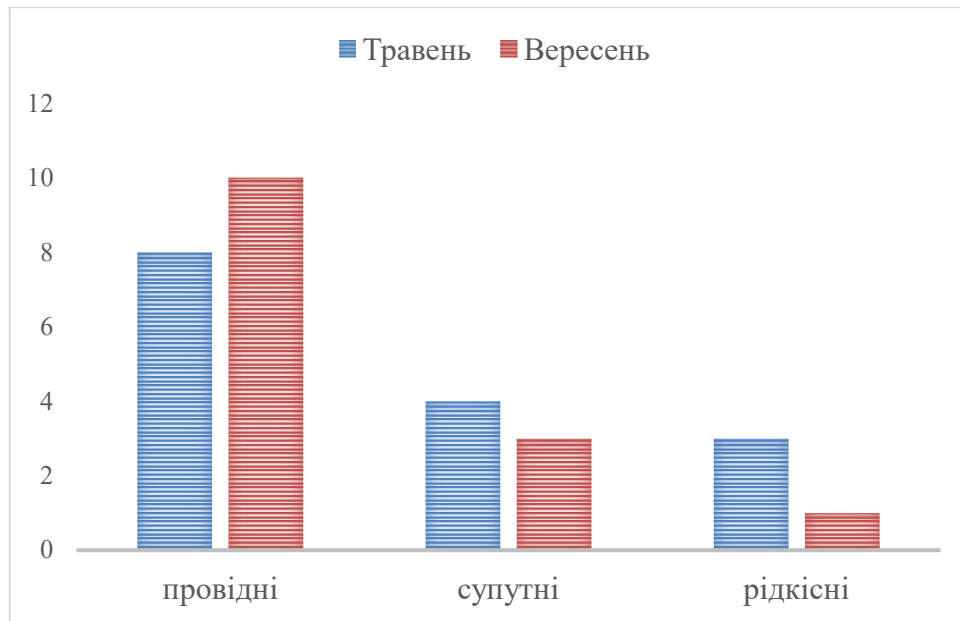


Рисунок 3.9 – Частота траплення макрофітобентосу по сезонах

Проведено аналіз біорізноманіття макрофітобентосу на природних субстратах (пісок) та субстратах антропогенного походження (див. табл. 3.4).

Для акваторії Яхт-клубу притаманні піщані та мулисто-піщані ґрунти, які не є придатним субстратом для прикріплення й розвитку водоростей. Макроводорості оселяються на будь-яких твердих субстратах, що їм підходять. Наприклад, бетонний траверс, пластиковий пантон, поліпропіленовий канат.

На піщаних ґрунтах оселяються морські трави, в даному випадку, *Nanozostera noltei*. Тільки для цього біоценозу характерна наявність бурих водоростей *Ectocarpus siliculosus* та *Punctaria latifolia*, які взагалі не зазначені на штучних субстратах.

Середня біомаса популяцій макрофітів варіювала в межах від $0,002 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ до $1,783 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ (таблиця 3.5). Найбільш високі біомаси макрофітів були відмічені в травні на поліпропіленовому канаті: *Cladophora vagabunda* – $1,783 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ і *Polysiphonia denudata* – $1,298 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$. У серпні біомаса *C. vagabunda* зменшилась майже вдвічі $0,915 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$. Канат знаходився в товщі води та макрофіти на ньому були в найвигідніших умовах у порівнянні з іншими субстратами. Середня біомаса всіх макрофітів на цьому субстраті, з урахуванням проєктивного покриття, доходила до $4,2065 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ у травні, і в серпні вона зменшувалась вдвічі.

Таблиця 3.5 – Біорізноманіття макрофітобентосу та середні біомаси популяцій на різних типах субстратів у травні (в кг·м⁻²)

Види водоростей	Тип субстрату							
	поліпропілен		бетон		пластик		пісок	
	травень	серпень	травень	серпень	травень	серпень	травень	серпень
<i>Ulva intestinalis</i>	0,449	0,076	0,242	0,011	0,277	0,011		
<i>Ulva compressa</i>				0,003				
<i>Ulva flexuosa</i>	0,032	0,006		0,002			0,247	
<i>Ulva lactuca</i>				0,034				
<i>Cladophora albida</i>						0,003		
<i>Cladophora sericea</i>				0,001				
<i>Cladophora vagabunda</i>	1,783	0,915		0,125	0,017	0,086		
<i>Bryopsis hypnoides</i>	0,233		0,158		0,150			
<i>Ceramium elegans</i>	0,380	0,628	0,254	0,100	0,930	0,496	0,463	0,582
<i>Ceramium rubrum</i>	0,405							
<i>Callithamnion corymbosum</i>	0,019	0,005		0,037	0,002	0,151		0,001
<i>Polysiphonia denudata</i>	1,298	0,095		0,135	0,002	0,143		0,003
<i>Pyropia leucosticta</i>	0,013		0,136		0,002			
<i>Ectocarpus siliculosus</i>							0,119	
<i>Punctaria latifolia</i>							0,005	
<i>Nanozostera noltei</i>							0,213	0,673
Біомаса надмірного росту на субстраті	4,2065	2,1308	0,8474	0,4474	1,3802	0,8901	1,0469	1,6209
Середня біомаса з урахуванням проєктивного покриття	4,2065 (100 %)	2,1308 (100 %)	0,8050 (95 %)	0,3579 (80 %)	1,3112 (95 %)	0,8011 (90 %)	0,2092 (20 %)	0,3242 (20 %)

За літературними даними, біомаса чорноморської *Zostera noltii* (= *Nanozostera noltei*) може коливатися в діапазоні від 0,5 кг м⁻² до 2,2 кг м⁻² [54]. Тобто в травні стан зостери був пригнічений, а в серпні біомаси досягли нормального рівня (див. таблицю 3.4).

3.4 Оцінка Екологічного Статусу Класу акваторії яхт-клубу

Оцінку Екологічного Статусу Класу (ЕСК) досліджуваної акваторії (відповідно до вимог WFD) було проведено за 3-ма морфофункціональними

показниками макрофітобентосу: питома поверхня трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$, $m^2 \cdot kg^{-1}$, питома поверхня угруповання $(S/W)_x$, $m^2 \cdot kg^{-1}$, індекс поверхні фітоценозу (SI_{ph} , од.). Для цього було використано схему класифікації прибережних і шельфових оселищ Чорного моря з солоністю 12-17‰ [29], [55]. Автором пропонується розраховувати середнє значення питомої поверхні популяцій (S/W_p) тільки для тих видів, біомаса яких перевищує $0,001 kg \cdot m^{-2}$. Критерії оцінки наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – 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

Для оцінки екологічного стану 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 (таблиця 3.7).

За морфофункціональним показником S/W_{3Dp} район можна віднести до «поганого» класу.

Нижче наведено інтегральний результат оцінки екологічного статус класу району досліджень за трьома пропонованими морфофункціональними показниками відповідно до типу субстрату (таблиця 3.8).

За інтегральним результатом оцінки Екологічного Статус Класу район досліджень можна віднести до «задовільного» класу.

Таблиця 3.7 – Категорії ЕСК за морфофункціональним показником S/W_{3DP}

Тип субстрату	Місяць	Домінуючі види	$(S/W_{3DP}, \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1})$	Категорії екологічного статусу класу (ESC)	Відносна екологічна якість (EQR)
поліпропілен	травень	1. <i>Ulva intestinalis</i> 2. <i>Cladophora vagabunda</i> 3. <i>Polysiphonia denudata</i>	46,99±1,75	Поганий	0,35
	серпень	1. <i>Cladophora vagabunda</i> 2. <i>Ceramium elegans</i> 3. <i>Ceramium rubrum</i>	33,10±1,74	Задовільний	0,50
бетон	травень	1. <i>Ulva intestinalis</i> 2. <i>Bryopsis hypnoides</i> 3. <i>Ceramium elegans</i>	45,04±1,72	Поганий	0,36
	серпень	1. <i>Cladophora vagabunda</i> 2. <i>Callithamnion corymbosum</i> 3. <i>Polysiphonia denudata</i>	89,93±2,78	Дуже поганий	0,22
пластик	травень	1. <i>Ulva intestinalis</i> 2. <i>Bryopsis hypnoides</i> 3. <i>Ceramium elegans</i>	45,04±1,72	Поганий	0,36
	серпень	1. <i>Cladophora vagabunda</i> 2. <i>Ceramium elegans</i> 3. <i>Callithamnion corymbosum</i>	79,66±2,73	Дуже поганий	0,23
пісок	травень	1. <i>Ulva flexuosa</i> 2. <i>Ceramium elegans</i> 3. <i>Ectocarpus siliculosus</i>	66,56±2,48	Дуже поганий	0,24
	серпень	1. <i>Ulva flexuosa</i> 2. <i>Ceramium elegans</i> 3. <i>Nanozostera noltei</i>	32,11±1,6	Задовільний	0,51

Таблиця 3.8 – Інтегральний результат оцінки ЕСК району досліджень за морфофункціональними показниками макрофітів

Тип субстрату	Індекс екологічної активності трьох домінантів $(S/W)_{3DP}, \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$	Відносна екологічна якість	Індекс середньої питомої поверхні структурних елементів макрофітів $(S/W)_x, \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$	Відносна екологічна якість	Індекс поверхні фітоценозу $(SI_{ph}), \text{один.}$	Відносна екологічна якість	ЕСК за середнім по морфофункціональним показникам
травень							
Поліпропілен	46,99	0,36	64,79	0,94	207,88	0	0,43
Бетон	45,04	0,36	49,55	0,98	39,35	0,85	0,73
Пластик	45,04	0,36	66,85	0,92	46,63	0,76	0,68
Пісок	66,56	0,24	48,45	0,98	41,52	0,82	0,68
червень							
Поліпропілен	33,10	0,50	58,26	0,99	79,73	0,31	0,6
Бетон	89,93	0,22	59,24	0,99	24,21	0,94	0,71
Пластик	79,66	0,23	69,61	0,89	50,83	0,72	0,62
Пісок	32,11	0,51	66,39	0,93	47,32	0,75	0,73

Для оцінки екологічного стану акваторій за двома категоріями GES – NotGES (відповідно до вимог MSFD) 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 $S/W_p = 5-25 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) [30].

Досліджуваний район відноситься до водного тіла CW5, субрегіону Прибережні води Дунайсько-Дніпровського межиріччя (C3), згідно трьох типів морфофункціональних індикаторів макрофітів, має наступні порогові значення (таблиця 3.9).

Таблиця 3.9 – Порогові значення морфофункціональних індикаторів макрофітобентосу для субрегіону C3

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

За морфофункціональними показниками макрофітів стан даної акваторії ближче до GES, крім відсотка чутливих видів (таблиця 3.10). На даній ділянці у травні були присутні чутливі види: бура сезонно-зимова *Punctaria latifolia* та багаторічна морська трава *Nanozostera noltei*, відповідно їхній відсоток дуже низький. У червні зростає тільки *N. noltei*.

Таблиця 3.10 – Оцінка екологічного стану акваторії за категоріями GES – NotGES

Тип субстрату	Індекс екологічної активності трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$, $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$		Індекс середньої питомої поверхні структурних елементів макрофітів $(S/W)_x$, $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$		Відсоток чутливих видів макрофітів (S_{sp}) , %	
	травень	червень	травень	червень	травень	червень
Поліпропілен	46,99	33,10	64,79	58,26		
Бетон	45,04	89,93	49,55	59,24		
Пластик	45,04	79,66	66,85	69,61		
Пісок	66,56	32,11	48,45	66,39	10	5

3.5 Біорізноманіття, кількісні показники та екологічний стан мікрофітобентосу ПЗЧМ у 2023 році

Впродовж 2023 року в мікрофітобентосі твердих та пухких субстратів дослідженої прибережної акваторії ПЗЧМ (Чорноморський яхт-клуб) було ідентифіковано 143 види водоростей (Додаток В), які належали до 8 відділів (рис. 3.9). Серед них переважали діатомеї – 95 видів (66,4 % від загальної кількості знайдених видів). Це, здебільшого, полі- та мезогалобні і β -мезосапробні представники родів *Navicula*, *Nitzschia*, *Amphora* і *Halamphora*. Дещо менше було видів з родів *Mastogloia*, *Cocconeis* і *Diploneis*. Ціанопрокаріот було 23 види (16,1 %), найширше були представлені роди *Merismopedia* (масово розвивалися на піску) та *Phormidium* (найбільш численними та масовими були на бетоні). Менше було динофітових (9,8 %), золотистих та зелених водоростей (по 2,8 %). Поодинокі траплялися евгленова водорість *Eutreptia lanovii*, криптофітова *Hillea fusiformis* та джгутикова *Flagellata sp.* (по 0,6 % кожна).

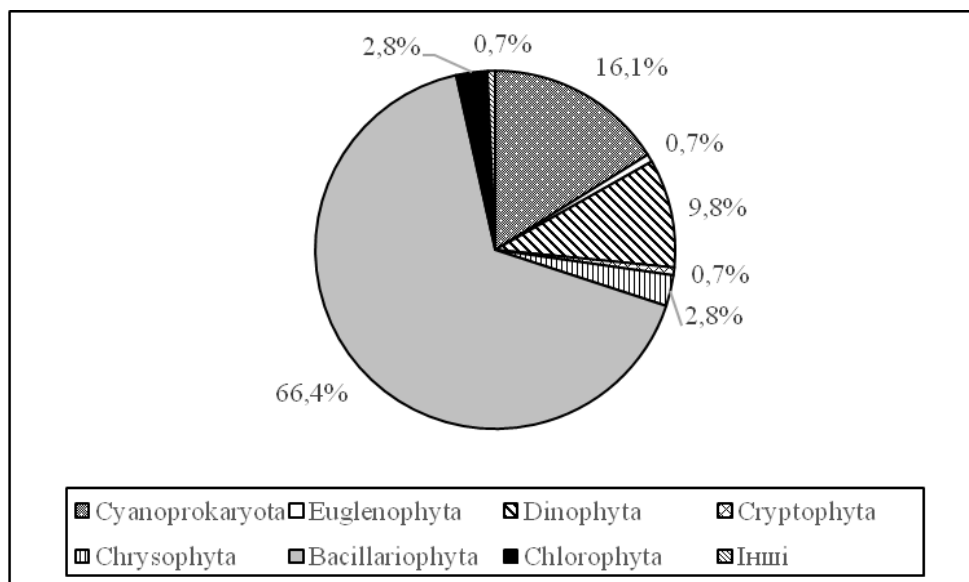


Рисунок 3.9 – Таксономічний склад мікрофітобентосу акваторії Чорноморського яхт-клубу в 2023 році (% від кількості знайдених видів)

Траплялися потенційно токсичні ціанопрокаріоти *Aphanizomenon flosaquae*, *Microcystis aeruginosa* та *Microcystis sp.*, дінофітові *Akashiwo sanguinea*, *Dinophysis sacculus*, *Lingulodinium polyedra*, *Prorocentrum cordatum*, *P. compressum*, *P. micans*, *Scrippsiella acuminata*, діатомеї *Halamphora coffeaeformis* і види роду *Pseudo-nitzschia* та зелені *Coelastrum microporum* і *Desmodesmus communis*.

Найширше розповсюдженими були синьо-зелені водорості *Chroococcus minutus*, *Leptolyngbya fragilis*, *Lyngbya confervoides*, *Merismopedia elegans*, *M. glauca*, *Microcystis sp.*, криптофітова водорість *H. fusiformis*, золотиста *Emiliana huxleyi*, діатомові *Amphora proschkiniana*, *A. proteus*, *Ceratoneis closterium*, *Cocconeis costata*, *H. coffeaeformis*, *Halamphora cymbifera*, *Navicula cryptocephala*, *N. pennata*, *N. ramosissima*. Часто зустрічалися і види родів *Achnanthes* і *Diatoma*.

Як і торік, в мікрофітобентосі дослідженої акваторії прибережжя ПЗЧМ в 2023 році переважали полі- та мезогалоби – 39,3 % та 27,0 % від загальної кількості знайдених видів (рис. 3.10). Олігогалоби (галофіли та індиференти, зокрема зелені водорості) були ширше представлені та інтенсивніше розвивалися влітку.

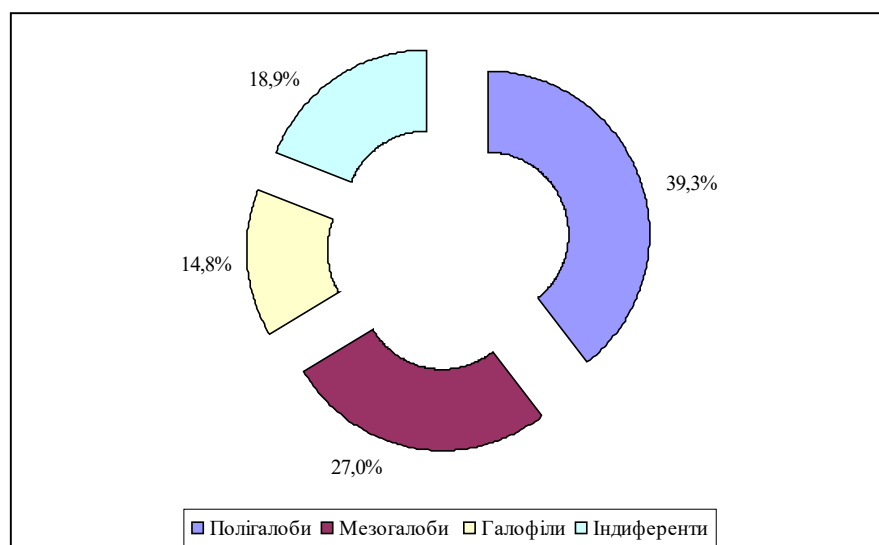


Рисунок 3.10 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу акваторії Чорноморського яхт-клубу в 2023 році (% від кількості знайдених видів)

До полігалобів належали діатомеї – представники родів *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Licmophora*, *Lyrella*, а також золотисті водорості. Серед мезогалобів переважали ціанопрокаріоти *L. fragilis* та *L. confervoides*, діатомеї *C. closterium* і *Parlibellus delognei*, види родів *Nitzschia* та *Navicula*. Рідше траплялися дінофітові водорості роду *Prorocentrum*. Широко були представлені й галофіли – діатомеї *Planothidium delicatulum*, *Rhoicosphenia abbreviata* і види роду *Diatoma*. Інтенсивно розвивалися й індиференти, зокрема більшість знайдених синьо-зелених (види родів *Chroococcus*, *Phormidium* та *Merismopedia*) і зелених водоростей. Рідше траплялася діатомея *Ulnaria ulna*.

У 2023 році в дослідженій акваторії було знайдено 67 видів-сапробіонтів, які є показниками органічного забруднення води. Найбільше було β -мезосапробів – 45 видів, або 67,2 % від загальної кількості знайдених видів (рисунок 3.11).

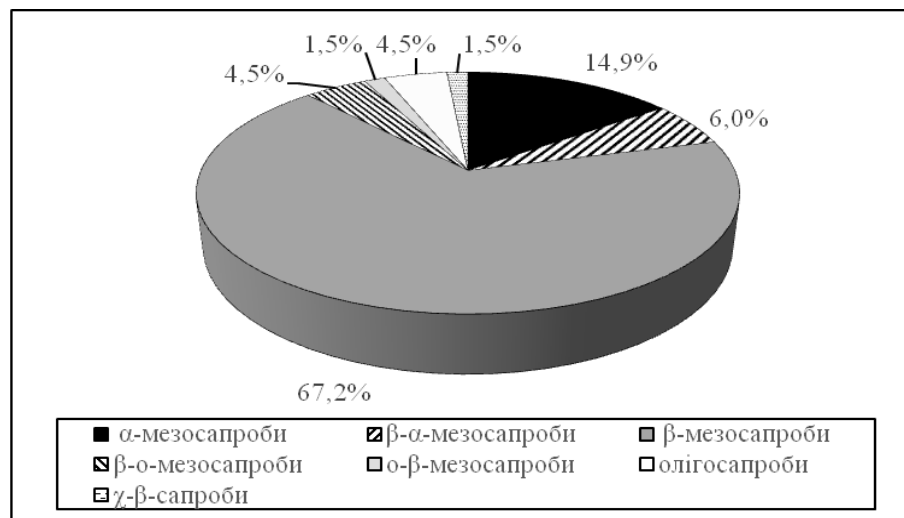


Рисунок 3.11 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу акваторії Чорноморського яхт-клубу в 2023 році (% від кількості знайдених видів)

Це, здебільшого, були діатомеї: *Achnanthes brevipes*, *A. longipes* і види роду *Diatoma*. Менше було α -мезосапробів – 10 видів (14,9 %), переважали ціанопрокаріота *Phormidium limosum* та діатомеї *Melosira moniliformis* і *Tabularia*

fasciculata, β - α -мезосапробні синьо-зелені водорості *M. glauca* і *M. tenuissima* та β - α -мезосапробні *L. fragilis* і *Merismopedia elegans*. Індикаторами слабого органічного забруднення були α - β -мезосапробна синьо-зелена водорість *Microcystis marginata*, χ - β -мезосапробна дінофлагеллята *Gymnodinium lacustre* та олігосапробні ціанопрокаріоти *Ch. minutus* і *Ch. turgidus*. Сапробіонтів було більше влітку та восени на піщаному субстраті.

Кількість видів мікрowodоростей на твердих субстратах протягом року варіювала від 19 до 50, а на пухких – від 33 до 70, тобто на піску та мулисто-піщаному ґрунті вона була в 1,4-1,7 рази вищою (рис. 3.12).

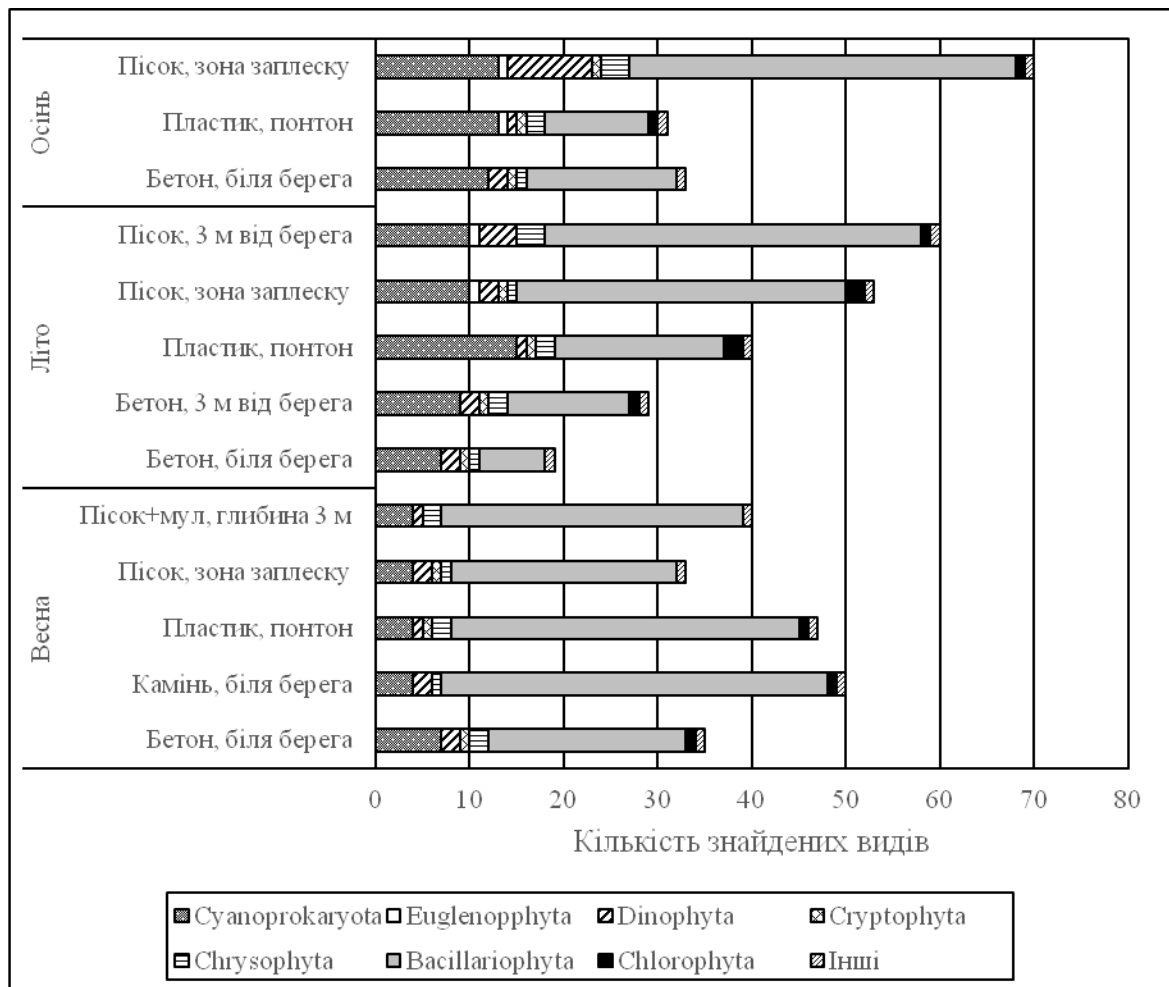


Рисунок 3.12 – Кількість видів мікрофітобентосу акваторії Чорноморського яхт-клубу в 2023 році

Найнижчі систематичні показники розвитку донних мікроводоростей були відмічені влітку на бетоні, а найвищі – восени на піску. Їх формували, переважно, діатомеї (від 35,5 % до 82,0 % від загальної кількості знайдених видів – на твердих субстратах і від 58,6 % до 80,0 % – на пухких). Їхній вміст на обох типах ґрунтів був найвищим у весняний сезон і найнижчим влітку. Менше було ціанопротокариот (від 8,0 до 41,9 % на твердих субстратах і від 10,0 % до 18,6 % – на пухких). Найменше їх було навесні, а найбільше – осінню. Влітку на бетоні в яхт-клубі (в 3 м від берега) було зареєстровано в 1,5 рази більше видів мікроводоростей, ніж на пірсі біля берега. Влітку сумарна кількість видів водоростей на бетоні та пластику скоротилась у 1,3-1,8 рази порівняно з весною, а восени вона дещо зростала. На пухких ґрунтах літом вона збільшилась в 1,5-1,6, а осінню – в 1,3 рази.

Загальна чисельність мікрофітів в даній акваторії прибережжя ПЗЧМ впродовж року коливалася від 1480,39 до 12 737,88 млн. кл. · м⁻² на твердих субстратах і від 841,85 до 8949,55 88 млн. кл. · м⁻² – на пухких (рис. 3.13). Найнижчою вона була весною на піску, а найвищою – восени на бетоні. Як і торік, її створювали, в основному, дрібноклітинні ціанопротокариоти. Це, переважно, β-α-мезосапробні *M. glauca* і *M. tenuissima*, та β-о-мезосапробні *L. fragilis* і *M. elegans*. Вміст ціанопротокариот у спільноті мікрофітобентосу був найнижчим навесні (13,3 %-83,2 % від його загальної чисельності на твердих субстратах і 57,8 %-80,30 % – на пухких), а впродовж року він зростав до 97,6 %-99,8 % та 84,5 %-88,5 % відповідно. Численними були й β-мезосапробні дрібноклітинні діатомові *C. closterium* (масово розвивалася навесні) та *P. delicatulum* (найчастіше траплялися влітку та восени). Діатомеї були найчисленнішими у весняний період (від 16,6 % до 20,6 % на твердих субстратах і від 16,9 % до 41,3 % – на пухких), тоді як впродовж року їх вміст знижувався до 0,1 % – 14,6 %. Чисельність мікрофітів на твердих субстратах восени збільшилась у 2,5-3,2, а на піску – у 9,4 рази, переважно за рахунок ціанопротокариот.

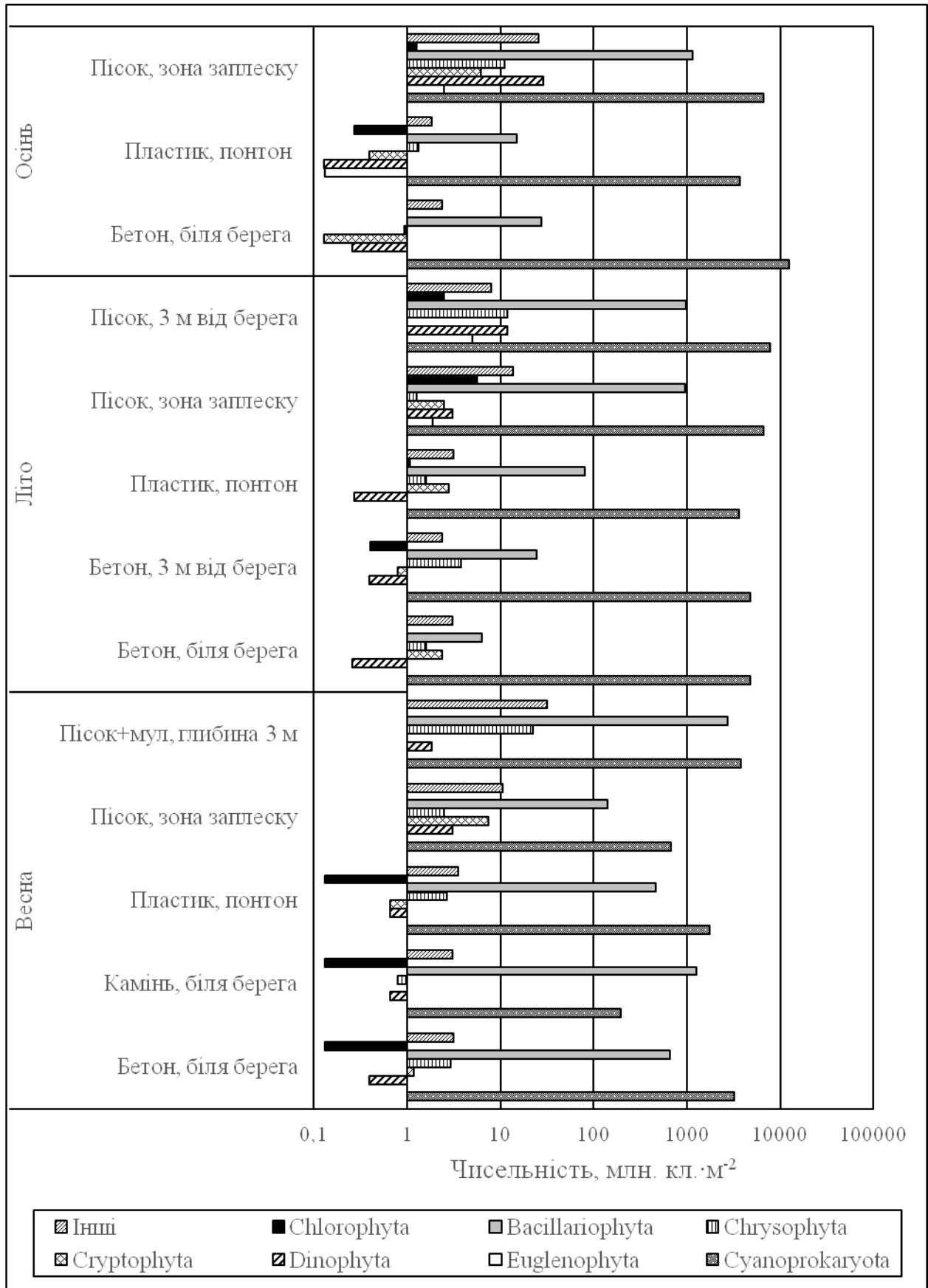


Рисунок 3.13 – Чисельність (млн. кл. · м⁻²) мікрофітобентосу акваторії Чорноморського яхт-клубу в 2023 році

Біомаса мікрофітобентосу у поточному році варіювала від 238,86 мг · м⁻² до 5102,35 мг · м⁻² на твердих субстратах і від 446,24 мг · м⁻² до 12126,85 мг · м⁻² – на пухких (рис. 3.14).

Вона була мінімальною восени на пластику, а максимальною – навесні на мулистопіщаному ґрунті з глибини 3 м. На твердих субстратах навесні (від 84,2 % до 99,1 %) та на пухких ґрунтах протягом року (від 73,3 % до 96,6 %) її формували крупноклітинні діатомеї, здебільшого також β-мезосапробні *A. brevipes*, *A. longipes* і види роду *Diatoma*, а також α-мезосапробні *Melosira moniliformis* і *Tabularia fasciculata*. На бетоні та пластику влітку (від 73,8 % до 97,1 %) та восени (від 79,3 % до 92,5 %) переважали синьо-зелені водорості, зокрема *Calothrix scopulorum* і види роду *Phormidium*. Біомаса донних мікрофітів на твердих субстратах з весни до осені зменшилась в 4,6-6,2, а на піску в зоні заплеску вона, навпаки, зросла в 5,2 рази за рахунок діатомей та ціанопрокаріот.

Слід зазначити, що систематичні та кількісні показники розвитку ціанобактерій в акваторії яхт-клубу суттєво зросли впродовж року. Так, на бетонному пірсі біля берега кількість видів цих водоростей збільшилась в 1,7, а на пластику та на піску (в зоні заплеску) – в 3,3 рази (див. рис. 3.12). Їхня чисельність на бетоні зросла в 3,9 рази, на пластику – вдвічі, а на піску – майже на порядок (див. рис. 3.13). Збільшилась тут і їх біомаса – в 4,4; 3,5 та 41,0 рази відповідно (див. рис. 3.14). Це пов'язано з надходженням прісних вод в акваторію ПЗЧМ після руйнування греблі Каховської ГЕС влітку поточного року.

Найбільша кількість видів мікрowodоростей була зареєстрована восени на піску – 70, найвища чисельність – тоді ж, на бетоні (12 737,88 млн. кл. · м⁻²), а максимальна біомаса – навесні, на мулистопіщаному ґрунті з глибини 3 м, де вона становила 12 126,75 мг · м⁻². Отже, у 2023 році в дослідженій акваторії були відмічені досить високі показники розвитку мікрофітобентосу.

Таким чином, впродовж 2023 року видовий склад мікрофітобентосу різних субстратів дослідженої акваторії ПЗЧМ формували, здебільшого, полі- та мезогалобні і β-мезосапробні діатомеї. Часто траплялися і ціанопрокаріоти.

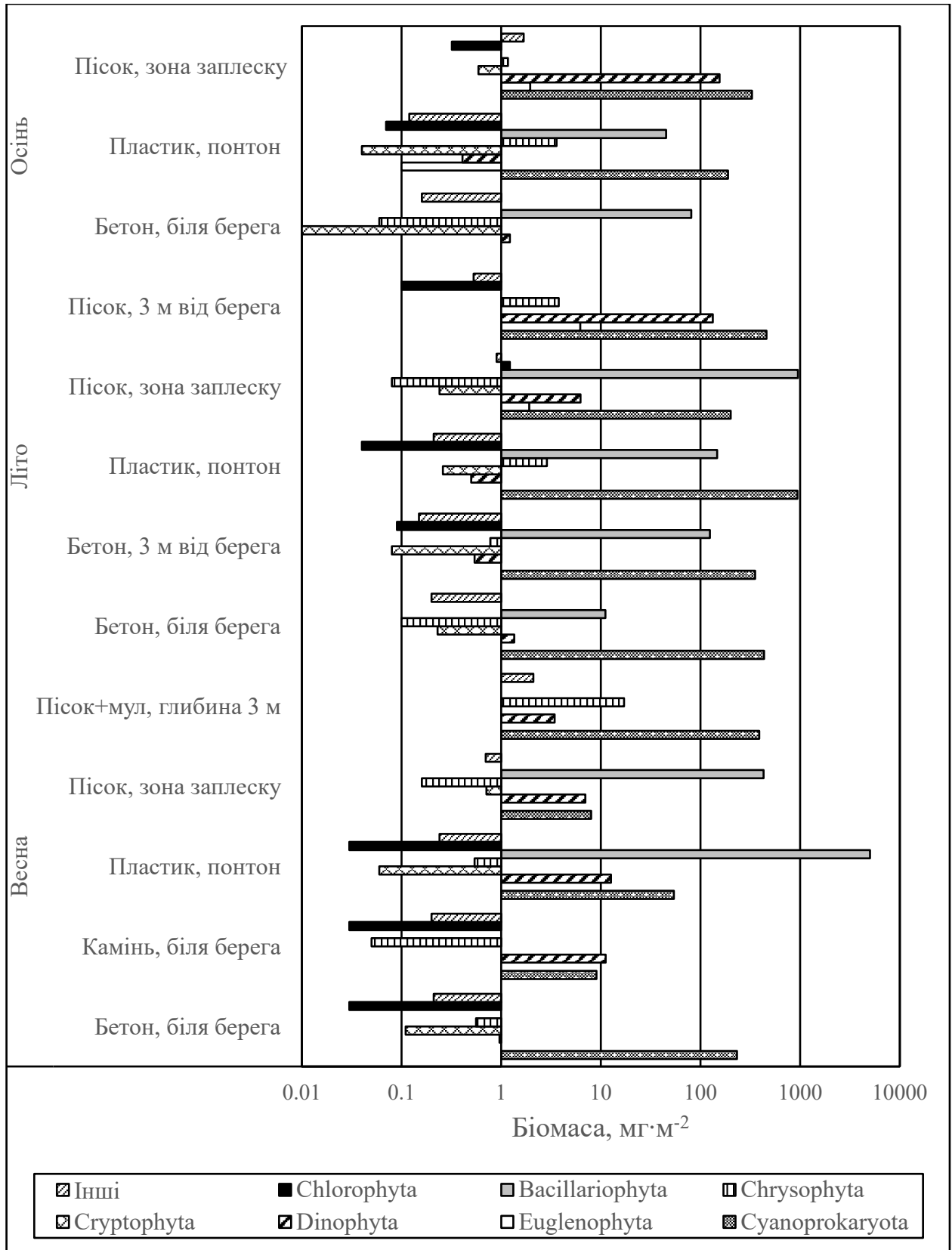


Рисунок 3.14 – Біомаса ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$) мікрофітобентосу акваторії Чорноморського яхт-клубу в 2023 році

Дінофітові та зелені водорості тут зустрічалися рідше. Чисельність мікрофітів формували, в основному, дрібноклітинні синьо-зелені водорості, біомасу – крупноклітинні діатомові, переважно полі- та мезогалоби і β -мезосапроби. Наймасовішими з них були крупноклітинні діатомеї, здебільшого β -мезосапроби *A. brevipes*, *A. longipes* і види роду *Diatoma*, а також α -мезосапроби *M. moniliformis* і *T. fasciculata*. Інтенсивно розвивалися і ціанопрокаріоти *C. scopulorum* і види роду *Phormidium*.

У 2023 році також була виконана оцінка екологічного стану довкілля акваторії Чорноморського яхт-клубу за шкалою та класами трофності [56], [57] по показниках загальної чисельності клітин водоростей (див. рисунок 3.13) в угрупованнях мікрофітобентосу твердих субстратів (таблиця 3.11).

Таблиця 3.11 – Оцінка екологічного стану довкілля акваторії яхт-клубу за шкалою та класами трофності по показниках чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів (10^6 кл. \cdot м⁻²)

Місце відбору проб	Шкала трофності, млн. кл/м ²	0,10·10 ³ - 0,49·10 ³	0,50·10 ³ - 14,99·10 ³	15,00·10 ³ - 49,99·10 ³	50,00·10 ³ - 199,99·10 ³	≥200,00·10 ³
	Класи трофності	Оліготрофний Відмінний	Мезотрофний Добрий	Евтрофний Задовільний	Політрофний Поганий	Гіпертрофний Дуже поганий
Бетонний пірс, біля берега	Весна		3,93·10 ³			
	Літо, серпень		4,82·10 ³			
	Осінь		12,74·10 ³			
Бетонний пірс, (3 м від берега)	Весна					
	Літо, серпень		4,88·10 ³			
	Осінь					
Камінь, біля берега	Весна		1,48·10 ³			
	Літо, серпень					
	Осінь					
Пластик, понтон)	Весна		2,26·10 ³			
	Літо, серпень		3,76·10 ³			
	Осінь		3,75·10 ³			

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

4 ОЦІНКА СТАНУ ПЕЛАГІАЛІ ТА БЕНТАЛІ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ НА МАКРОВОДОРОСТЯХ

Біотестування – це експериментальне визначення, оцінка дослідним шляхом впливу факторів (фізичних, хімічних, фізико-хімічних) або групи шкідливих факторів на живі організми шляхом реєстрації змін того чи іншого біологічного показника (фізіологічного, біохімічного, цитогенетичного, морфологічного тощо), що спостерігається в піддослідному тест-об'єкті (індикаторі) у порівнянні з контрольним у чітко заданих (тобто, стандартних лабораторних) умовах [58].

4.1 Стандартизовані методи біотестування

Відома велика кількість методів біотестування, але серед них стандартизованих небагато. В Україні досі не зроблено протоколів біоаналізу з використанням місцевих видів для моніторингу водних скидів, що різко контрастує з використанням методів біоаналізу макроводоростей, які добре зарекомендували себе в Європі, США та інших країнах.

У 1992 році було розроблено тест на статеве розмноження макрофітів під впливом токсикантів. У 1998, 2004, 2012 його було повторно затверджено. 25 січня 2021 року тест було відізняно без заміни документа [59].

У цьому методі описані процедури отримання лабораторних даних про несприятливий вплив забруднювачів, доданих у воду, на статеве розмноження морських водоростей. Проведення тестів на токсичність для статевого розмноження з різними видами морських водоростей можуть бути модифікованими.

Ці процедури застосовуються до більшості хімічних речовин, а також для використання при тестуванні поверхневих вод. З відповідними модифікаціями ці процедури можна використовувати для вивчення впливу температури, розчиненого кисню, рН та таких матеріалів, як олії, тверді частинки та відкладення.

Морські макрофіти історично вважалися менш корисними для тестування на токсичність, ніж мікроводорості, та мікроводорості часто вважають менш чутливими, 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 зростає при оцінці впливу на статеве розмноження. Це було показано для червоної *Champia parvula*, а також для бурих водоростей *Fucus edentatus*, *Laminaria saccharina*, *Macrocystis pyrifera*.

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

Результати тестів на статеве розмноження морських водоростей залежатимуть від температури, складу води, стану тестових організмів та інших факторів, таких як світло [59].

Тести з використанням макроводоростей можуть виявити токсичність раніше, що в свою чергу, також захистить фауну. З цієї причини випробування на макроводоростях повинні бути включені до програм контролю вздовж узбережжя.

Зазвичай для встановлення токсичності хімічних речовин та складних стічних вод використовуються тести на токсичність окремих видів, наприклад, стандартизовані тести Міжнародної організації зі стандартизації (ISO – International Organization for Standardization) або Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development).

Американський стандартизований тест (ASTM – International American Society for Testing and Materials – Американське товариство випробувань та матеріалів) на розмноження червоної водорості *Champia parvula* використовується в США та Канаді. *C. parvula* є тропічним та субтропічним видом, тому був розроблений еквівалентний тест на розмноження червоної водорості *Ceramium strictum*, яка є звичайним видом, що трапляється у водах помірного клімату [60].

У 2010 році було розроблено тест на пригнічення росту морської *C. strictum* Harvey sensu Kylin та солонуватоводної форм *C. tenuicorne* Kützing 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 на ПЗЧМ. Як первинний виробник, він є джерелом їжі для багатьох безхребетних і служить оселищем для бактерій, безхребетних і молоді риб.

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, проводив відповідним чином підготовлений персонал.

Цей метод має бути застосовний до речовин, які легко розчиняються у воді, речовинами та сумішами, що містяться в морській воді або стічних водах із солоністю від 4S (S Salinity – солоність вміст солей у воді) до 32S.

Принцип тесту. Верхівки водоростей із монокультур жіночих гаметофітів *Ceramium* вирощують у визначених умовах тестування та у визначеному середовищі, що містить діапазон концентрацій тестового зразка. 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. Морський клон (колишній *C. strictum*), використаний у цьому тесті, був виділений у 1973 році та походить із фіорду Осло (20S до 25S). Його зберігають як лабораторну культуру понад 30 років. Солонуватоводний клон був виділений у 1995 році та походить з Балтійського моря, за 20 км на південь від лабораторії Аско на півночі Балтійського моря (від 6S до 7S).

Клон Балтійського моря може бути адаптований і використаний у тестах із солоністю від 4S до 12S. Морський клон можна використовувати як тестовий організм у солоності від 12S до 32S.

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 росту 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 трихогіни.

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.

Штучна морська вода повинна бути стерилізована автоклавуванням або стерильною фільтрацією (розмір пор 0,2 мкм) перед використанням.

Природну морську воду слід збирати з незабрудненого місця. Необхідно її профільтрувати для видалення великих частинок. При необхідності розвести прісною водою. Солоність слід підвищувати шляхом додавання природної або штучної морської води більшої солоності. Природна морська вода перед використанням повинна бути стерилізована автоклавуванням або методом стерильної фільтрації (розмір пор 0,2 мкм). Достатньо паперового фільтра з розміром пор близько 30 мкм. Природну морську воду можна зберігати замороженою за температури нижче $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом кількох років перед використанням [61].

4.2 Використання в мікропланшету в екотоксикологічних дослідженнях

Екотоксикологія – наука, що вивчає негативний вплив хімічних речовин, фізичних факторів, природних продуктів на популяції й співтовариства рослин, тварин і людину [62].

Дуже розповсюджений швидкий і економічно ефективний скринінговий аналіз для оцінки водної токсичності хімічних речовин: мініатюрний аналіз 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].

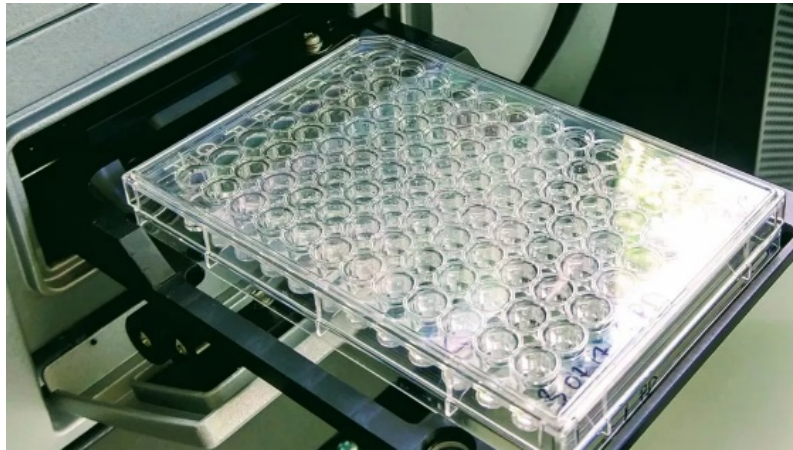


Рисунок 4.1 - Пластиковий мікропланшет з U-подібним дном [63]

Нижче наведено деякі дослідження з використанням мікропланшетів.

Розроблено тест на інгібування росту макрофітів з використанням *Ulva aragoënsis*, *Ectocarpus siliculosus* та *Undaria pinnatifida*. Використовувалися еталонні штами Chlorophyta, *Ulva aragoënsis*; Phaeophyceae, *Ectocarpus siliculosus*, *Undaria pinnatifida* в якості тестових видів при розробці методу на основі мікропланшетів для дослідження токсичності дихромата калію, 3,5-дихлорфенола та розповсюджених гербіцидів (діурон і симазин). Визначався ріст трьох макроводорослей на ранніх стадіях їх життя і на стадії формування спорангіїв у *E. siliculosus* в лабораторних умовах.

У порівнянні з мікроводоростями та іншими видами рослин макроводорості проявили відносно високу чутливість до органічних сполук, у тому числі до гербіцидів. Тестування зростання за допомогою *U. aragoënsis* і *E. siliculosus* дає надійні результати при 0–32 і 25–32 PSU (PSU - Practical Salinity Units - практичні одиниці солоності).

У деяких дослідженнях вивчалися методи тестування токсичності, засновані на прикріпленні та зростанні зооспор макрофітів Phaeophyceae, *Fucus*; проростанні, подовженні зародкової трубки, фотосинтезу і флуоресценції хлорофілу, іммобілізованих (з обмеженою свободою пересування) гаметофітів *Undaria pinnatifida*; фотосинтезі і механізми концентрації вуглероду *Saccharina*

latissima; визначенні сухої біомаси *Ectocarpus siliculosus*; заселенні та зростанні зооспор макроводоростей Chlorophyta, *Ulva fasciata*, *Ulva lactuca* і *Ulva intestinalis*; спороношенні *Ulva pertusa*, що вимірювалося за допомогою аналізу зображень.

Однак відтворюваність цих методів гірша, ніж при використанні чистих культуральних штамів, оскільки в цих методах випробувань використовуються *Ulva* та цукрові водорості, що були зібрані з навколишнього середовища, але якість тестових водоростей часто різниться. Повідомлялося про деякі тести на токсичність які засновані на поселенні та зростанні зооспор та подовженні зародкових трубок, але 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. Тести, засновані на фотосинтезі та ССМ (Carbon Concentrating Mechanisms – механізми концентрації вуглецю), є простими та високопродуктивними тестами з використанням імпульсної амплітудно-модульованої флуориметрії, яка підходить для перевірки токсичності багатьох хімічних речовин або проб стічних вод. Однак ці тести не ідеальні для оцінки хімічного ризику на основі зростання чи розмноження, оскільки їх ефекти не залежать від біомаси макроводорості.

Метод тестування з використанням *Champia parvula* (US EPA 2002 - United States Environmental Protection Agency) [64], розроблений Агентством з охорони навколишнього середовища США, визнаний метод випробувань для оцінки впливу хімікатів та стічних вод на розмноження макроводоростей з метою моніторингу якості води. 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.

Оскільки культуральний штам більш однорідний ніж водорості, які зібрані з навколишнього середовища, тест із використанням культурального штаму можна проводити у будь-який час і він вважається більш відтворюваним, ніж тести з використанням водоростей, зібраних із навколишнього середовища. Застосування тестів у широкому діапазоні солоності дозволить використовувати ці методи як інструменти моніторингу якості води. Однак розроблено небагато методів тестування макроводоростей, які можна було б протестувати у широкому діапазоні солоності з використанням культуральних штамів.

Основною метою даного дослідження було створення методу тестування з використанням культурального штаму *Ulva aragoënsis* (раніше відомої як *Ulva flexuosa* [Chlorophyta], *Ectocarpus siliculosus* та *Undaria pinnatifida*. Була перевірена токсичність дихромату калію ($K_2Cr_2O_7$) та 3,5-дихлорфенол (3,5-ДХФ), які є звичайними еталонними речовинами в методичних вказівках з випробувань на інгібування. Також перевірена токсичність поширених гербіцидів діурон і симазин на макроводоростях на ранніх стадіях розвитку, коли рослини мають відносно високу чутливість до змін навколишнього середовища та токсикантів.

В якості тестових організмів використовувалися *U. aragoënsis* штам KU-1532 (= НОК-90, рисунок 4.2a) та *E. siliculosus* штам KU-1372 (= Esil 32 чоловіча особина, рисунок 4.2b) які отримані з Колекції культур макроводоростей Університету Кобе Хього, Японія). Штам KU-1372 є чоловічим гаметофітом з повністю секвенованим геномом і широко використовується в галузі фізіології та молекулярної біології. Чоловічі та жіночі гаметофіти *U. pinnatifida* були отримані від доктора Горо Йосіди з Технологічного інституту рибальства Японського агентства досліджень та освіти в галузі рибальства.

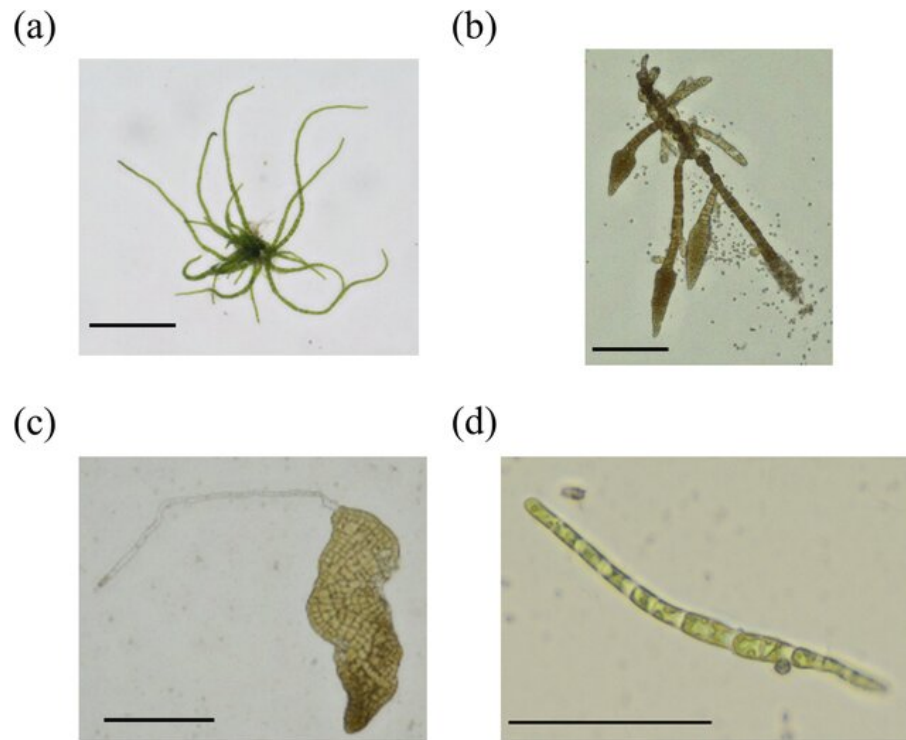


Рисунок 4.2 - Морфологічні приклади спорофітів (а) *Ulva aragoënsis*, (б) *Ectocarpus siliculosus*, (с) *Undaria pinnatifida* та (д) проростаючого талому *U. aragoënsis*

E. siliculosus й *U. aragoënsis* культивували в чашках Петрі (діаметр = 90 мм; глибина = 20 мм, AS ONE corp., Осака, Японія) з середовищем PES (Provasoli Enrich Seawater - Провасолі збагачена морська вода або Provasoli-enriched natural sea water - Провасолі-збагачена природна морська вода) [65], за циклом освітлення світло:темрява (12:12 год) (при інтенсивності світла $58 \pm 2 \mu\text{mol}/\text{m}^2 / \text{s} = \text{мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$). при температурі $12,7 \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ та $14,0 \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ відповідно, у камері для вирощування з контрольованою температурою (MLR-350; Sanyo, Осака, Японія, LH-241S; Nippon Medical and Chemical Instruments Co., Ltd., Осака, Японія) (рисунок 4.3) [66].



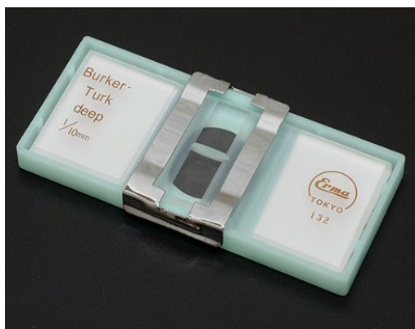
Рисунок 4.3 - Приклад стандартної камери для вирощування рослин [67]

Моделі L(P)H-241PFP/D/ST-S(P) і L(P)H-411PFP/D/ST-S(P) являють собою стандартні камери для вирощування рослин. Доступні два режими управління. Одним з них є режим переключення, що дозволяє перемикатися між постійною роботою та переключенням день/ніч. Другий - режим програмного управління. Трипозиційний регулятор використовується для регулювання температури і вологості, що забезпечує енергозберігаючий ефект [67].

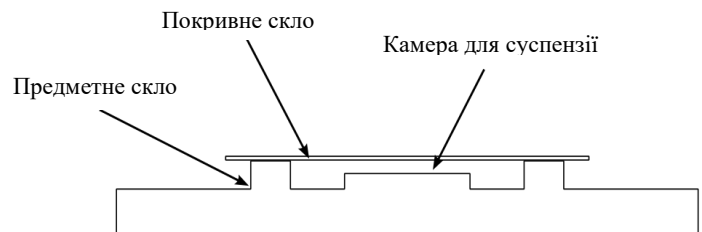
Методи, що дозволяють охарактеризувати токсичність вод, потребують збереження чоловічих та жіночих гаметофітів у лабораторних культурах. Асептичні методи рекомендуються, навіть якщо культури не призначені для аксенізації (аксенічний - вільний від інших організмів). Метою є захист від забруднення мікробами. Тому для багатьох видів потрібна камера з контрольованою температурою (12-15 °C) [68].

Щоб зібрати зооспори, *U. aragoënsis* витримували при $19,2 \pm 1,8$ °C протягом декількох днів у тих же умовах циклу освітлення світло:темрява, дрібно розрізали ножицями в середовищі PES і фільтрували через нейлоновий сітчастий фільтр з розміром пор 10 мкм (pluri Strainer; Funakoshi Co., Ltd., Токіо, Японія).

Зооспори у фільтраті підраховували за допомогою гемоцитометра (Bürker-Türk; AS ONE Corp., Осака, Японія) (рисунок 4.4 а). У нашій країні аналогом гемоцитометра є камера Горяєва (рисунок 4.4 б). Зразки переглядали під інвертованим мікроскопом (IX71; Olympus, Токіо, Японія) (рисунок 4.5). 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 [69].



а



б

Рисунок 4.4 – а) Гемоцитометр Беркера-Тюрка [70] б) влаштування камери Горяєва [71]



Рисунок 4.5 - Інвертований мікроскоп IX71; Olympus [72]

Культуру *E. siliculosus* дрібно розрізали ножицями серед PES і фільтрували через нейлонові сітчасті фільтри з розміром пор 10 мкм і 40 мкм; шматочки таломів спорофітів на сітці 10 мкм ресуспендували в середовищі PES і підраховували за допомогою рахункової камери для планктону (MPC-200; Matsunami Glass Ind., Ltd., Осака, Японія) (рисунок 4.6) під інвертованим мікроскопом (рисунок 4.5).

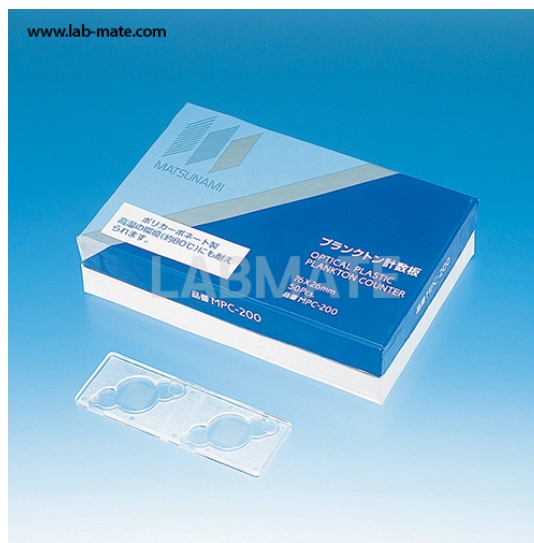


Рисунок 4.6 - Рахункова камера для планктону, розміри 76x26x2,2 мм з полікарбонату [73]

Приблизно 200-400 нитчастих фрагментів таломів спорофітів переносили у 24-лунковий планшет (305047; Falcon, Corning, NY, USA) (рисунок 4.7), що містить 2,5 мл середовища PES у кожній лунці, та інкубували протягом 10-14 днів у тих же умовах вирощування, що і *E. siliculosus* цикл світло:темрява (12:12), з інтенсивністю світла 58 ± 2 мкмоль/м²/с при температурі від $12,7 \pm 0,1$ °C до $14,0 \pm 0,1$ °C. Досить важливо, що ці планшети виготовлені з ПЕТ (код 1) та підлягають вторинній переробці.

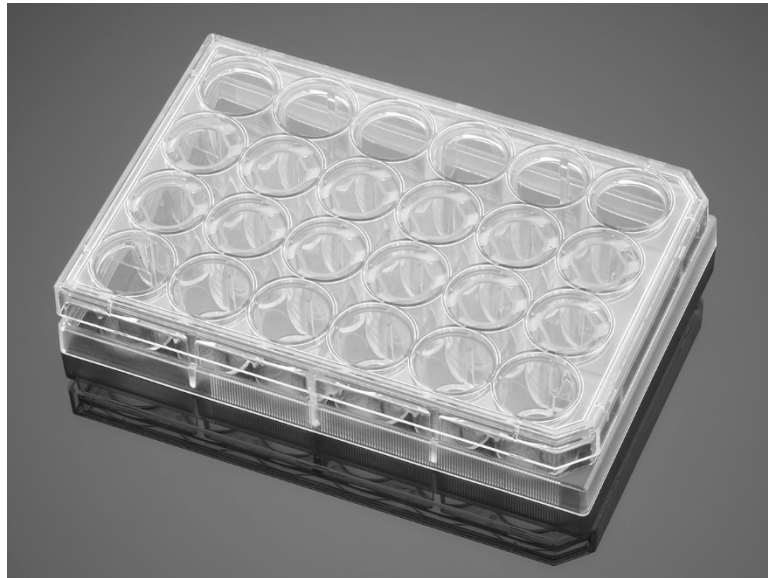


Рисунок 4.7 - 24-лунковий полістироловий планшет Falcon® з прозорим плоским дном та кришкою, оброблений тканиною культурою (TC) (Standard tissue culture (TC)-treated) [74]

Полістирольний пластик необхідно піддати поверхневій обробці стандартною культурою тканин або тканиною культурою, щоб зробити пластик придатним для кріплення клітин. Необроблені полістиролові поверхні непридатні для прикріплення клітин через хімічний склад поверхні 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 [75].

Чоловічі та жіночі гаметофіти *U. pinnatifida* культивували в аерованих колбах з середовищем PESI (Provasoli's ES medium (PESI), Провасолі збагачена морська вода середня) [65] при циклічності світло:темрява (15:9), при температурі $21,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ в камері для вирощування з контрольованою температурою (рисунок 4.3).

Після проведення випробувань у лунку поміщають покривне скло (φ13 мм, c1100; Matsunami Glass Ind., Ltd.). Якщо розподіл культивованих водоростей по висоті великий, необхідно зробити більше 10 знімків з різними фокусними відстанями для отримання повністю сфокусованих зображень. Водорості спостерігають та фотографують автоматично у всіх лунках з використанням періодичного захоплення та оптичних режимів мікроскопа (BZ-X810; Keyence Corporation, Осака, Японія) (рисуюнок 4.8).



Рисуюнок 4.8 - Універсальний флуоресцентний мікроскоп BZ-X810 [76]

Повністю сфокусовані широкомасштабні зображення кожної лунки можуть бути отримані за допомогою аналізатора програмного забезпечення BZ-X (Keyence Corporation) (рисуюнок 4.9).

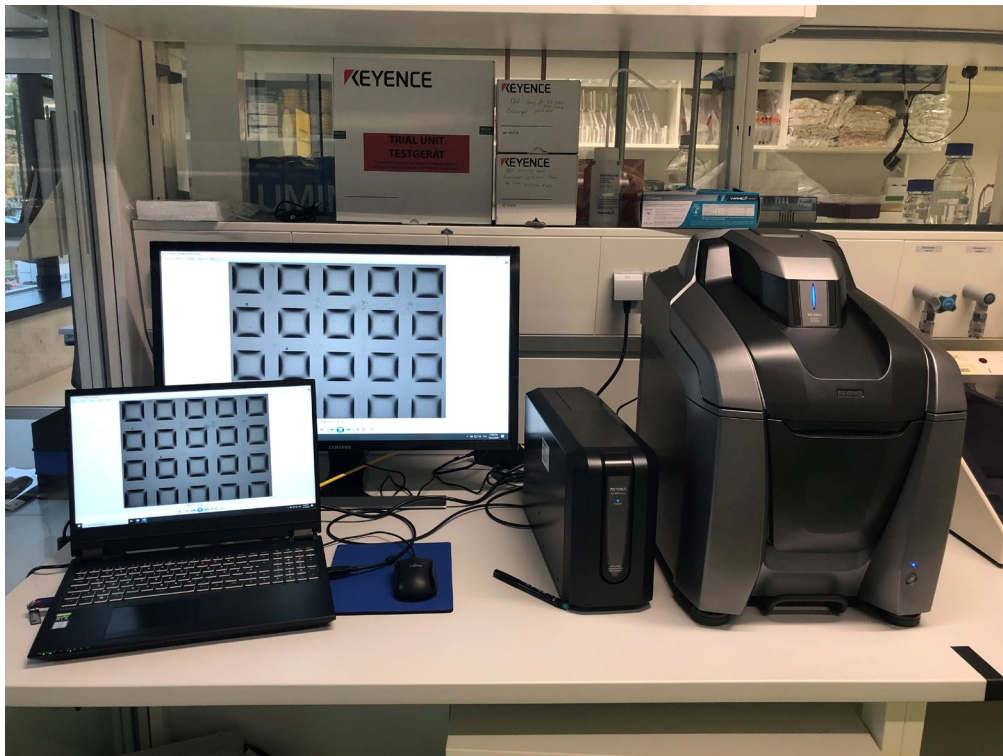


Рисунок 4.9 - Інвертований флуоресцентний фазово-контрастний мікроскоп з аналізатором [76]

Тести на пригнічення утворення спорангіїв проводили на спорофітах *E. siliculosus* до того, як вони досягли стадії дозрівання. Після проведення тестів у кожному зрілому спорофіті (10 - 17 таломів) підраховували кількість спорангіїв за допомогою інвертованого флуоресцентного фазово-контрастного мікроскопа.

Токсичні ефекти можна досліджувати, просто спостерігаючи за кількістю пророслих клітин під мікроскопом або автоматично вимірюючи площу, довжину та периметр проростаючих тіл за допомогою аналізу зображень.

Застосований тест на пригнічення спорангіїв вказує на потенційну можливість його використання в тестах на токсичність.

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 [66].

Метою наступного дослідження була розробка стандартизованого тесту на фітотоксичність засобів проти обростання дна суден з використанням гаметофітів *Undaria pinnatifida* (KU-630). Досліджуваними хімічними речовинами були Cybutryne, Diuron, Cu^{2+} і Zn^{2+} , які широко використовуються як засоби проти обростання дна суден. Цей метод продемонстрував високу чутливість і відтворюваність, його можна додати до рутинних методів, які регулярно використовуються для оцінки токсичності небезпечних хімічних речовин. Однак єдиним міжнародним стандартизованим методом тестування на екотоксичність із використанням макроводоростей як тестових видів на даний момент є ISO 10710 (2010) [77], [78].

Цей міжнародний стандарт визначає швидкість інгібування відносної швидкості росту (RGR relative growth rate) макроводорості *Ceramium tenuicorne* речовинами та сумішами, що містяться в морській воді або стічних водах із солоністю від 4S до 32S. Цей метод застосовується до речовин, що легко розчиняються у воді. З модифікаціями, які описані в ISO 14442 та ISO 5667-16, можна перевірити інгібуючу дію погано розчинних органічних та неорганічних матеріалів, летких сполук, металів, стічних вод, проб морської води та елюатів (екстракт із сорбенту) відкладень [77].

Тому розробка додаткових стандартизованих методів екотоксичності з використанням інших видів морських водоростей виправдана. Методи тестування, що вивчають відносну швидкість зростання та сирої маси гаметофіту, вже були запропоновані, проте вони вимагають багато часу. З іншого боку, вимір *in vivo* (означає експерименти, що проводяться на живих тканинах і цілих організмах чи всередині них) флуоресценції Chl- α за допомогою мікропланшет-рідера є простим і швидким, а також більш надійним у порівнянні з ручними вимірами розміру водоростей, що дозволяє припустити, що *in vivo* флуоресценція Chl- α може успішно використовуватися з метою оцінки біомаси морських водоростей.

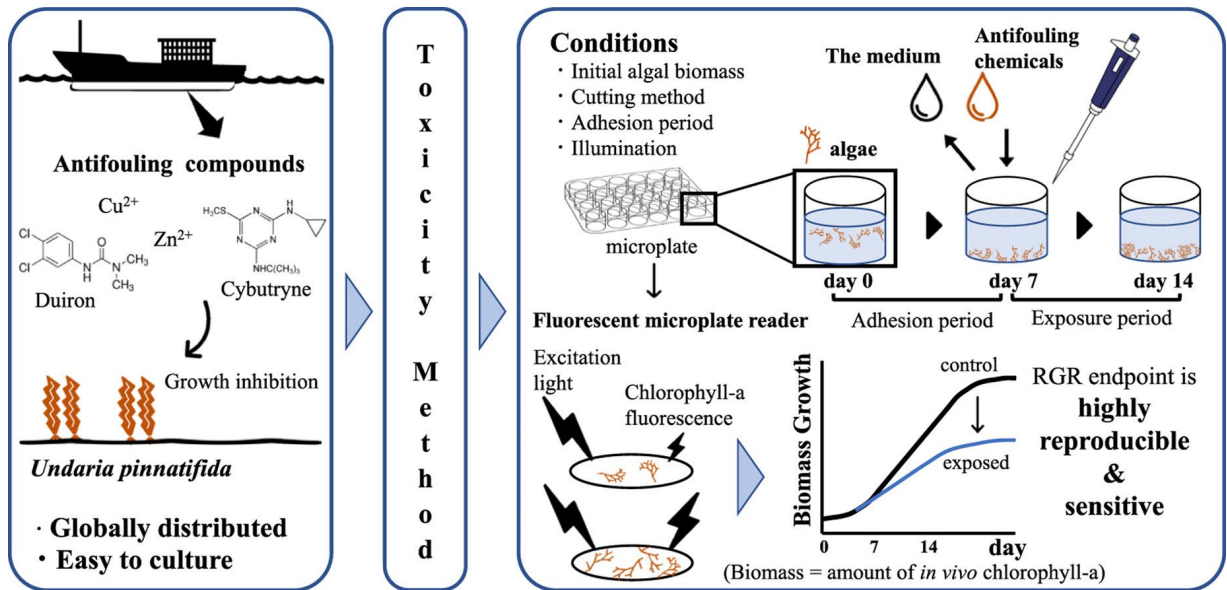


Рисунок 4.10 – Схема визначення флуоресценції Chl- α за допомогою мікропланшет-рідера; тест на фітотоксичність засобів проти обростання дна суден [78]

Для розробки нового 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 *U. pinnatifida* є високовідтворюваним методом оцінки, який можна виконувати в обмеженому просторі за допомогою мікропланшетів [78].

ВИСНОВКИ

Проведено оцінку та діагноз стану гідробіологічної складової відповідно до критеріїв, означених у Постанові КМУ № 758 від 19 вересня 2018 року, згідно з вимогами Директив ЄС (2008 / 56 / ЄС, 2000 / 60 / ЄС).

У 2023 році було ідентифіковано 181 видів та надвидових таксонів планктонних мікроводоростей, що відносяться до 12 класів: Bacillariophyceae (83 види), Dinophyceae (40), Cyanophyceae (20), Chlorophyceae (26) та решта 12 видів, розподілених між 8 класами.

Основу видового різноманіття склали діатомові (46,1%) та динофітові (22,2 %) водорості. Влітку після підриву дамби Каховської ГЕС зросла кількість прісноводних зелених та синьо-зелених водоростей, одразу після аварії їх відсоток у пробах був більше 50 % від загальної кількості видів, а за рік середня чисельність склала 25,0 %. Домінували – *Aphanizomenon flos-aquae*, *Dolichospermum flos-aquae* та *Microcystis aeruginosa*. Були відмічені максимальні показники чисельності фітопланктону за рік – 1185,01 тис.кл.•л⁻¹ при біомасі 2156,80 мг • м⁻³.

Після короткочасної стабілізації гідрологічного становища на фоні відновлення солоності, відбулося підвищення кількості гетеротрофних динофітових водоростей, які є показниками евтрофікації водойми, а деякі з них є потенційно токсичними.

У порівнянні з 2022 роком чисельність була у 3,6 разів вищою, але біомаса була на 30% меншою, що можна пояснити розвитком дрібноклітинних водоростей, таких як діатомова *Ch. thronsdonii* або ціанобактерії *Chroococcus minimus* та *M. minima*.

З 12 липня після штормів з потужним перемішуванням води та південного вітру мікрофлора змінилася на звичайну морську і в подальшому спостерігалось значне біорізноманіття переважно морського генезису.

В цілому за рік за критерієм загальної біомаси фітопланктону стан Одеського регіону можна оцінити як «Відмінний». Цьому критерію відповідали всі місяці року крім червня та липня – «Поганому» та «Задовільному» екологічному стану, відповідно. Згідно з середньомісячним значенням індексу Менхініка 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». Співвідношення діатомових та динофітових водоростей в березні «Поганим», а у квітні та травні «Відмінним». В цілому за рік по всім чотирьом показникам вода відповідала «Доброму» екологічному стану.

Протягом 2023 року було відібрано та оброблено 53 проби морської води для визначення в ній концентрацій фотосинтетичних пігментів фітопланктону.

Середньосезонні концентрації хлорофілу- α в 2023 році змінювалися від $1,63 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ до $6,79 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ (при загальній річній мінливості цього показника на два порядки величин – від $0,54 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ до $35,82 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$).

В цілому міжсезонна мінливість концентрацій хлорофілу- α характеризувалася послідовним збільшенням цього показника від мінімальних значень в зимовий період до максимальних влітку 2023 року і наступним осіннім спадом до $2,37 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$.

Протягом всього року зростання концентрацій хлорофілу- α супроводжувалось зворотно пропорційним зниженням солоності. Це свідчить про безпосередній вплив більш прісних водних мас на розвиток автотрофних угруповань фітопланктону в прибережній зоні Одеського морського регіону.

Розвиток фітопланктону, що відповідає зростанню концентрації хлорофілу- α до $35,82 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ є аномальним для району дослідження і перевищує аналогічні показники минулих років. Попередній багаторічний максимум хлорофілу- α для різних полігонів прибережної акваторії Одеси, був зафіксований в 2019 році і складав $14,3 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$.

Аномальна ситуація у червні 2022 року напряму пов'язана з розповсюдженням на акваторію прибережної зони Одеського морського

регіону наслідків екологічної катастрофи, викликаної підривом військовими силами Російської федерації дамби Каховської ГЕС.

Оцінка екологічного стану на підставі середньосезонних значень концентрації хлорофілу- α на моніторинговій станції виявила його послідовні зміни від «Задовільний» в зимовий період до «Поганий» і «Дуже поганий» у весняний та літній сезони. В осінній період 2023 року екологічний статус відповідав статусу «Поганий». При порівнянні з аналогічними показниками 2022 року у весняний період 2023 року виявлено зниження категорії екологічного статусу з «Добрий» до «Задовільний», а в літній з «Поганий» до «Дуже поганий».

Організми зоопланктону є достатньо чутливими до змін стану навколишнього середовища, а через те, що їх 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.

У 2023 році у складі зоопланктону біло ідентифіковано 71 таксони морського, солонуватоводного та прісноводного комплексів. Прісноводні були відмічені під час збільшення витoku води з Дніпра після руйнування Каховської греблі. Максимальна їх кількість була в середині червня, але вже на початку липня, з підйомом солоності, чисельність прісноводних видів знизилась до поодиноких особин, у серпні якісний склад зоопланктону набув сезонних характеристик.

Середня чисельність за 2023 рік дорівнювала $80587 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$, мінімальні значення були відмічені в лютому – $82 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$, максимальна щільність була на початку липня – $1358443 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$. Біомаса коливалася від $0,606 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (середина лютого) до $4940,893 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (друга половина липня), середня за час дослідження – $304,208 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Зазвичай наприкінці весни починається розмноження макробентосних організмів, тому в другій половині травня – на початку червня в планктоні підвищується кількість пелагічних личинок донних безхребетних, але в цьому році спостерігалось тільки невелике зростання у цих групах. Можливо через розпріснення внаслідок аварії на Каховській ГЕС не відбувалося розмноження бентосних організмів або личинки в більшості загинули.

Впродовж серпня гідрохімічні показники води поблизу Одеси наблизилися до середніх характеристик по даному району, зоопланктон також мав риси, що відповідають сезонній динаміці. У липні відмічався розвиток гетеротрофної динофлагеляти *Noctiluca scintillans*, яка є одним із індикаторів забруднення морського середовища. У другій половині місяця відсоток ноктилюки у загальній біомасі коливався від 51,87 % до 99,43 %, а її біомаса в акваторії яхт-клубу в окремі дні доходила до $4,9 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ (26.07.2023), але вже в середині серпня біомаса *N. scintillans* знизилася до $0,425 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, що складало близько 1 %.

Оцінка стану акваторії відбувалася за інтегральним індексом зоопланктону (IZI), який комплексно оцінює стан водного середовища за показниками зоопланктону: загальною біомасою, індексом різноманіття Шеннону, часткою копепод, ноктилюки та желетілих у загальній біомасі. Майже весь рік за цим індексом відмічався «Дуже поганий» екологічний стан. Влітку показники давали картину гарного стану, проте це не відповідало фактичній картині екологічного стану регіону. Можна констатувати, що підлив Каховської греблі вплинув на стан зоопланктонних угруповань в ОМР через короткочасні зміни у якісному складі та кількісних показниках, які достатньо швидко прийшли до середньої норми для регіону. Це пов'язано зі здатністю планктонних тварин під впливом течії долати значні відстані та відновлювати стан після зникнення негативних факторів.

В кількісних пробах макрозообентосу узбережжя Одеського регіону (дослідні глибини від 0,5 м до 3 м) в 2023 році зареєстровано 24 таксони донних макробезхребетних. Найбільш вагому роль у формуванні якісного

складу макробоентосу відіграють Annelida – 8 видів, Crustacea 9 видів та Mollusca – 6 видів.

Максимальна кількість видів була знайдена на штучному субстраті – 13, мінімальна на піску – 2, на інших м'яких ґрунтах – 10. Індекс Шеннону варіював від 0.5 біт • екз.⁻¹ до 1.6 біт • екз.⁻¹.

За 2023 рік було відзначено 3 основних типи донних угруповань.

Угруповання твердих субстратів *Mytilus galloprovincialis*, розвивалося на штучному твердому субстраті (хвилеломі) та на пластику. Середня чисельність становила 3536±2096 екз. • м⁻², а біомаса – 1357±622 г • м⁻², індекс Шеннону варіював від 2,18 біт • екз.⁻¹ до 2,68 біт • екз.⁻¹. екологічний стан угруповання макробоентосу відповідає критеріям «Доброго» екологічного стану.

Угруповання м'яких субстратів *Chamelea gallina* – *Parvicardium exiguum* – *Tubificoides* sp. Середня чисельність становила 68,85±13,54 г • м⁻², індекс Шеннона дорівнював від 2,52 біт • екз.⁻¹ до 3,15 біт • екз.⁻¹. Екологічний стан угруповання макробоентосу відповідає критеріям «Доброго» екологічного стану.

Угруповання м'яких субстратів *Polychaeta varia*. Чисельність складала 1233±673 екз. • м⁻², а біомаса – 2.27±1.84 г • м⁻², індекс Шеннону був 1.72 біт • екз.⁻¹. Таким чином, екологічний стан угруповання макробоентосу не відповідає критеріям «Доброго» екологічного стану.

Було ідентифіковано 20 типів мейобентосних організмів з 12 великих таксонів: Foraminifera, Nematoda, Harpacticoida (визначали до роду або виду), Ostracoda, Kinorhyncha, Turbellaria, Oligochaeta, молодь Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda, Amphipoda, Nemertea. Halacaridae були відсутні в пробах, хоча в зоопланктоні приблизно у цей же час поодинокі особини відмічалися. Відбір проб проходив на трьох типах ґрунтів: пісок (зона уріза води), пісок з домішками мулу та черепашки, мул з домішками піску та черепашки. Найбільше різноманіття відмічене для слабозамуленого піску з домішками черепашки, найменша щільність безхребетних відмічена на чистому піску, що

був відібраний на урізі води. Також для чистого піску характерні найнижчі показники чисельності та біомаси. Найбільш розповсюдженими групами були Nematoda, Harpacticoida та молодь Polychaeta, які відмічені на всіх типах ґрунтів як навесні, так і влітку.

Існує кілька методик екологічного тестування, серед них – співвідношення щільності груп Nematoda та Harpacticoida, яке при погіршенні умов існування може змінюватися в десятки і навіть сотні разів: при посиленні негативного впливу на екосистему відсоток Nematoda зростає, проте відсоток Harpacticoida знижується. У 2023 році нематодно-гарпактикоїдний індекс для всіх видів ґрунту був не дуже високий та не зазнавав значних коливань на одному ґрунті впродовж періоду досліджень. Найвищий був на піщаному ґрунті: 46,5 (навесні) та 76,0 (влітку). На мулистих ґрунтах він коливався від 8,5 до 17,2 зі зниженням у часі, що може свідчити про достатню кількість кисню при значному антропогенному навантаженні на даній акваторії. Така реакція мейобентосного угруповання може бути як відповіддю на очищення моря внаслідок загального зменшення суднохідства так і бути слідством швидкого темпу відтворення після закінчення дії негативного впливу внаслідок підриву Каховської греблі.

Усього за період спостережень відзначено 20 видів макрофітобентосу, що належать до чотирьох відділів: Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta та Tracheophyta. За чисельністю переважали зелені – 9 видів, червоних було 8 видів, бурих – 2 види, квіткових рослин – 1 вид. Так, з травня по серпень зменшилась кількість видів зелених, зникли бурі та збільшилась різноманітність червоних макрофітів.

Переважаання у складі водоростей мезосапробного угруповання свідчить про середній рівень забрудненості досліджуваної акваторії.

Проведено аналіз біорізноманіття макрофітобентосу на природних субстратах (пісок) та субстратах антропогенного походження. На піщаних ґрунтах оселяються морські трави, в даному випадку, *Nanozostera noltei*.

Тільки для цього біоценозу характерна наявність бурих водоростей *Ectocarpus siliculosus* та *Punctaria latifolia*, які взагалі не зазначені на штучних субстратах.

Середня біомаса популяцій макрофітів варіювала в межах від 0,002 кг · м⁻² до 1,783 кг · м⁻².

Для оцінки екологічного стану (згідно з вимогами Водної директиви) 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. За морфофункціональним показником S/W_{3Dp} район можна віднести до «Поганого» класу. За інтегральним результатом оцінки ЕСК (питома поверхня трьох домінантів, питома поверхня угруповання, індекс поверхні фітоценозу) район досліджень можна віднести до «Задовільного» класу.

За морфофункціональними показниками макрофітів (відповідно до вимог Морської Рамкової Директиви) стан даної акваторії ближче до GES, крім відсотка чутливих видів. На даній ділянці у травні були присутні чутливі види: бура сезонно-зимова *Punctaria latifolia* та багаторічна морська трава *Nanozostera noltei*.

Впродовж 2023 року в мікрофітобентосі твердих та пухких субстратів було ідентифіковано 143 види водоростей, які належали до 8 відділів. Серед них переважали діатомеї – 95 видів (66,4 % від загальної кількості знайдених видів).

Про відношенню до солоності переважали полі- та мезогалоби – 39,3 % та 27,0 % від загальної кількості знайдених видів. Олігогалоби (галофіли та індіференти, зокрема зелені водорості) були ширше представлені та інтенсивніше розвивалися влітку.

У 2023 році в дослідженій акваторії було знайдено 67 видів-сапробіонтів, які є показниками органічного забруднення води. Найбільше було β-мезосапробів – 45 видів, або 67,2 % від загальної кількості знайдених видів.

Кількість видів мікрводоростей на твердих субстратах протягом року варіювала від 19 до 50, а на пухких – від 33 до 70, тобто на піску та мулистопіщаному ґрунті вона була в 1,4-1,7 рази вищою. Найнижчі систематичні показники розвитку донних мікрводоростей були відмічені влітку на бетоні, а найвищі – восени на піску. Їх формували, переважно, діатомеї.

Загальна чисельність мікрофітів в даній акваторії впродовж року коливалася від 1480,39 до 12 737,88 млн. кл. · м⁻² на твердих субстратах і від 841,85 до 8949,55 88 млн. кл. · м⁻² – на пухких. Біомаса мікрофітобентосу у поточному році варіювала від 238,86 мг · м⁻² до 5102,35 мг · м⁻² на твердих субстратах і від 446,24 мг · м⁻² до 12126,85 мг · м⁻² – на пухких.

В Україні досі не зроблено протоколів біоаналізу з використанням місцевих видів для моніторингу водних скидів, що різко контрастує з використанням методів біоаналізу макроводоростей. Але є добре зарекомендовані за кордоном. Наприклад, був розроблений тест на розмноження червоної водорості *Ceramium strictum*, яка є звичайним видом, що трапляється у водах помірного клімату. Зазвичай використовують 2 клони: морський клон був виділений у 1973 році та походить із фіорду Осло. Солонуватоводний клон був виділений у 1995 році та походить з Балтійського моря, за 20 км на південь від лабораторії Аско на півночі Балтійського моря. Клон Балтійського моря може бути адаптований і використаний у тестах із солоністю від 4S до 12S. Морський клон можна використовувати як тестовий організм у солоності від 12S до 32S.

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. Оскільки культуральний штам більш однорідний ніж водорості, які зібрані з навколишнього середовища, тест із використанням культурального штаму можна проводити у будь-який час і

він вважається більш відтворюваним, ніж тести з використанням водоростей, зібраних із навколишнього середовища.

Крім того, *E. siliculosus* необхідно культивувати з середовищем PES, у камері для вирощування з контрольованою температурою. Фрагменти таломів спорофітів переносять у 24-лунковий планшет та інкубують протягом 10-14 днів у тих же умовах вирощування. Зразки переглядають під інвертованим мікроскопом.

Стандартизований тест на екотоксичність повинен мати 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.

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 establishing a framework for the Community action in the field of water policy (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 Parliament and of the Council on 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., Krachmaalnyi M. A., Terenko G. V., Goncharenko I. V. Dominant species of the genus *Protoperidinium* Bergh (Peridinales: 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. : Гидрометеоиздат, 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 Гидрометеоиздат, 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 доступа : 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 доступа : <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. Воробьева Л. В., Кулакова И. И., Бондаренко А. С., Портянко В. В. Контактные зоны Черного моря: мейофауна литконтура северо-западного шельфа: монография. – Одесса : «Феникс», 2019. – 196 с.
45. Воробьева Л. В., Кулакова И. И., Синегуб И. А. и др. Одесский регион Черного моря: гидробиология пелагиали и бентали [монография]. Глава 3. Мейобентос / Отв. ред. Б. Г. Александров. – Одесса : Астропринт, 2017. – С. 77–160.
46. Raffaelli D. G., Mason C. F. Pollution monitoring with meiofauna using the ratio at nematodes to copepods // Mar. Point. Bull. – 1981. – 12, №5. – P.158–163.

47. Воробьева Л. В., Кулакова И. И. Пространственно-временная изменчивость мейобентоса Жебринской бухты // Экосистема узмор'я української дельти Дунаю / Відп. ред. Л.В. Воробйова. – Одеса : Астропринт, 1998. – С. 262 – 274 (рос. мовою).
48. Численко Л. Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размеру и форме тела. – Л.: «Наука», 1968. – 195 с.
49. 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>
50. Moncheva S., Boicenco L., 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.
51. 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 p.
52. Узун О. Є., Портянко В. В. Евмейобентосні ракоподібні на пластиковому смітті в прибережній частині м. Малий Фонтан (Одеська затока, Чорне море). Морський екологічний журнал. – 2021. – Т. XV. № 2. – С. 83–92.
53. Оцінка та діагноз стану біоценозів і біорізноманіття Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України о 2022 році / Звіт про науково-дослідну роботу УкрНЦЕМ. № держреєстрації 0122U201792 – 2022. – 114 с.
54. Мильчакова Н. А. Морские травы южных морей Евразии: состав, распространение и структурно-функциональные особенности (обзор). / Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане (Юбилейный выпуск). Труды Южного научно-

исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии. – Том 46. – Керчь : Изд-во ЮгНИРО, 2008. – С. 93–101.

55. 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.

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

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

58. Біотестування. URL : <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F>

59. ASTM-E1498 › Complete Document History Standard Guide for Conducting Sexual Reproduction Tests with Seaweeds (Withdrawn 2021). URL : <https://www.document-center.com/standards/show/ASTM-E1498/history/>

60. 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.

61. 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>

62. General Multilingual Environmental Thesaurus/ - Concept. URL : <https://www.eionet.europa.eu/gemet/uk/concept/2530>

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. Red Algal (*Champia parvula*) Sexual Reproduction Toxicity Tests. URL :
<https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/redalgaltesting.pdf>

65. Provasoli L. Media and prospects for the cultivation of algae. In: Cultures and Collections of Algae. (Watanabe, A. & Hattori, A. Eds), pp. 63-75. Proc. U.S. – Japan Conf. Hakone, Sept. 1966: Jap. Soc. Plant Physiol.

66. 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>

67. With LED lamp Plant Growth Chamber Standard model URL :
<https://www.nihonika.co.jp/en/e/product/4437.html>

68. 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>].

69. 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/>

70. 63-5601-20 Burker-Turk Hemocytometer 03-303-1. URL : <https://www.axel-gl.com/en/asone/d/63-5601-20/>
71. Камера Горяева. Практичне застосування URL : <https://opticalmarket.com.ua/kamera-gorjaeva-prakticheskoe-primenenie.html>
72. Olympus Microscope IX71 with Fluorescence and Phase Contrast. URL : <https://mundaymicroscope.com/product/olympus-microscope-ix71-fluorescence-phase-contrast/>
73. Counting Chamber, Plankton (J) 76x26x2.2 Polycarbonate URL : <https://www.lab-mate.com/goods/view?no=4790>
74. Falcon® 24-well Clear Flat Bottom TC-treated Multiwell Cell Culture Plate, with Lid, Sterile, 10/Pack, 60/Case. Product Number353935. URL : <https://ecatalog.corning.com/life-sciences/b2c/US/en/Cell-Culture/Cell-Culture-Vessels/Multiwell-Plates/Falcon%C2%AE-Plates/p/353935>
75. 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>
76. All-in-One Fluorescence Microscope BZ-X810 & analyzer BZ-X. URL : <https://www.keyence.com/products/microscope/fluorescence-microscope/bz-x700/models/bz-x810/>
77. SIST ISO 10710:2011 Water quality - Growth inhibition test with the marine and brackish water macroalga *Ceramium tenuicorne*. URL : <https://www.iso.org/standard/46064.html>
78. 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>

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ ФІТОПЛАНКТОНУ

Таблиця А.1 – Список зареєстрованих видів фітопланктону у прибережних районах ПЗЧМ протягом 2023 року

Bacillariophyceae	
1	<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh, 1824
2	<i>Achnanthes longipes</i> C.Agardh, 1824
3	<i>Amphora</i> sp.
4	<i>Attheya decora</i> T.West, 1860
5	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979
6	<i>Caloneis</i> sp.
7	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey, 1937
8	<i>Chaetoceros abnormis</i> Proschkina-Lavrenko, 1953
9	<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder, 1864
10	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve, 1889
11	<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve, 1873
12	<i>Chaetoceros lacinosus</i> F.Schütt, 1895
13	<i>Chaetoceros lorenzianus f. subsalinus</i> Proschkina-Lavrenko, 1955
14	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow, 1863
15	<i>Chaetoceros lorenzianus var. solitarius</i> Proschkina-Lavrenko, 1955
16	<i>Chaetoceros minimus</i> (Levander) D.Marino, G.Giuffre, M.Montresor & A.Zingone, 1991
17	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell, 1856
18	<i>Chaetoceros similis</i> Cleve, 1896
19	<i>Chaetoceros similis f. solitarius</i> Proschkina-Lavrenko, 1955
20	<i>Chaetoceros simplex</i> Ostensfeld, 1902
21	<i>Chaetoceros simplex var. simplex</i> Ostensfeld, 1901
22	<i>Chaetoceros socialis</i> H.S.Lauder, 1864
23	<i>Chaetoceros subtilis</i> Cleve, 1896
24	<i>Chaetoceros subtilis var. abnormis f. simplex</i> Proshkina-Lavrenko, 1961
25	<i>Chaetoceros subtilis var. abnormis</i> Proschkina-Lavrenko, 1961
26	<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier, 1913
27	<i>Chaetoceros thronsdensii</i> (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone, 1991
28	<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell, 1856
29	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg, 1838
30	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg, 1838
31	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg, 1838
32	<i>Coscinodiscophycidae</i> sp.

Продовження таблиці А.1

33	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg, 1840
34	<i>Cyclotella caspia</i> Grunow, 1878
35	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing, 1844
36	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin, 1964
37	<i>Cymbella</i> sp.
38	<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngbye) C.A. Agardh, 1824
39	<i>Diatoma elongatum</i> var. <i>actinastroides</i> Krieger, 1927
40	<i>Diatoma</i> sp.
41	<i>Diatoma vulgare</i> Bory de Saint-Vincent, 1824
42	<i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow, 1885
43	<i>Entomoneis paludosa</i> (W.Smith) Reimer, 1975
44	<i>Halamphora coffeaeformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009
45	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve, 1889
46	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran, 1915
47	<i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh, 1831
48	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow, 1867
49	<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C.Agardh, 1824
50	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh, 1824
51	<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>hispida</i> (Castracane) Hustedt
52	<i>Navicula angusta</i> Grunow, 1860
53	<i>Navicula gregaria</i> Donkin, 1861
54	<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg, 1838
55	<i>Navicula pennata</i> A.Schmidt, 1876
56	<i>Navicula pennata</i> var. <i>pontica</i> Mereschkowsky, 1902
57	<i>Navicula</i> sp.
58	<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory de Saint-Vincent, 1822
59	<i>Nitzschia paleacea</i> Grunow in Van Heurck, 1881
60	<i>Nitzschia reversa</i> W.Smith
61	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith, 1853
62	<i>Nitzschia</i> sp.
63	<i>Nitzschia spathulata</i> W.Smith, 1853
64	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) W.Smith, 1852
65	<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith, 1852
66	<i>Pleurosigma</i> sp.
67	<i>Porosira glacialis</i> (Grunow) Jörgensen, 1905
68	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström, 1986
69	<i>Proboscia alata</i> f. <i>alata</i> (Brightwell) Sündstrom, 1986
70	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928
71	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström, 1986
72	<i>Rhizosolenia calcar-avis</i> Schultze, 1858
73	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873
74	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow, 1880

Продовження таблиці А.1

75	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C.Agardh, 1832
76	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round, 1986
77	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky, 1902
78	<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (A.Schmidt) G.Fryxell & Hasle, 1977
79	<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostenfeld, 1901
80	<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve, 1873
81	<i>Thalassiosira parva</i> Proschkina-Lavrenko, 1955
82	<i>Thalassiosira</i> sp.
83	<i>Ulnaria</i> sp.
Ebriophyceae	
84	<i>Ebria tripartita</i> (J.Schumann) Lemmermann, 1899
85	<i>Hermesinum adriaticum</i> O.Zacharias, 1906
Euglenoidea	
86	<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer, 1904
Chlorophyceae	
87	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov, 1953
88	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs, 1848
89	<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko, 1966
90	<i>Chlamydomonas</i> sp.
91	<i>Chlorophyceae</i> gen. sp.
92	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli, 1855
93	<i>Crucigenia</i> sp.
94	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze, 1898
95	<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald, 2000
96	<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald, 1999
97	<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli, 1849
98	<i>Golenkinia radiata</i> Chodat, 1894
99	<i>Lemmermannia triangularis</i> (Chodat) C.Bock & Krienitz, 2013
100	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann, 1903
101	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
102	<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard, 1979
103	<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz, 2011
104	<i>Oocystis borgei</i> J.W.Snow, 1903
105	<i>Pediastrum tetras</i> var. <i>tetraodon</i> (Corda) Hansgirg, 1888
106	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald, 2005
107	<i>Raphidocelis danubiana</i> (Hindák) Marvan, Komárek & Comas, 1984
108	<i>Tetradesmus lagerheimii</i> M.J.Wynne & Guiry, 2016
109	<i>Tetradesmus lunatus</i> Korshikov, 1953
110	<i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne, 2016
111	<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schroeder) Lemmermann, 1900

Продовження таблиці А.1

112	<i>Tetrastrum staurogeniiforme</i> (Schröder) Lemmermann, 1900
N/A K[Chromista]	
113	<i>Flagellata gen. sp.</i>
Chrysophyceae	
114	<i>Dinobryon faculiferum</i> (Willén) Willén, 1992
115	<i>Ollicola vangoorii</i> (W.Conrad) Vørs, 1992
Cryptophyceae	
116	<i>Rhodomonas salina</i> (Wislouch) D.R.A.Hill & R.Wetherbee, 1989
Cyanophyceae	
117	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886
118	<i>Aphanizomenon sp.</i>
119	<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann, 1904
120	<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli, 1849
121	<i>Chroococcus sp.</i>
122	<i>Cyanophyceae</i> Schaffner, 1909
123	<i>Dolichospermum flos-aquae</i> (Brébisson ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek, 2009
124	<i>Glaucospira laxissima</i> (G.S.West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014
125	<i>Jaaginema kisselevii</i> (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988
126	<i>Limnothrix planctonica</i> (Woloszynska) Meffert, 1988
127	<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun ex Kützing, 1849
128	<i>Merismopedia minima</i> G.Beck, 1897
129	<i>Microcrocis sp.</i>
130	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846
131	<i>Microcystis sp.</i>
132	<i>Nodularia spumigena</i> Mertens ex Bornet & Flahault, 1886
133	<i>Oscillatoria sp.</i>
134	<i>Phormidium chalybeum</i> (Mertens ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988
135	<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek, 1974
136	<i>Spirulina sp.</i>
Dictyochophyceae	
137	<i>Apedinella radians</i> (Lohmann) P.H.Campbell, 1973
Dinophyceae	
138	<i>Chimonodinium lomnickii</i> (Woloszynska) S.C. Craveiro, A.J.Calado, N.Daugbjerg, Gert Hansen & Ø.Moestrup, 2011
139	<i>Cochlodinium sp.</i>
140	<i>Dinophyceae gen. sp.</i>
141	<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent, 1881
142	<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard, 1923
143	<i>Dinophysis sp.</i>
144	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881

Кінець таблиці А.1

145	<i>Diplopsalis lenticula</i> var. <i>globularis</i> Kisselev, 1935
146	<i>Gonyaulax digitale</i> (Pouchet) Kofoid, 1911
147	<i>Gonyaulax</i> sp.
148	<i>Gymnodinium</i> sp.
149	<i>Gyrodinium cornutum</i> (Pouchet) Kofoid & Swezy, 1921
150	<i>Gyrodinium</i> sp.
151	<i>Heterocapsa</i> sp.
152	<i>Karlodinium veneficum</i> (D.Ballantine) J.Larsen, 2000
153	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (F.Stein) J.D.Dodge, 1989
154	<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sournia, 1973
155	<i>Peridiniella</i> sp.
156	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911
157	<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton, 1914
158	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) T.H.Abe ex J.D.Dodge, 1975
159	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D.Dodge, 1975
160	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F.Stein, 1878
161	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg, 1834
162	<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen, 1904) Balech, 1974
163	<i>Protoperidinium curvipes</i> (Ostenfeld) Balech, 1974
164	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg, 1840) Balech, 1974
165	<i>Protoperidinium euxinum</i> Krakhmalnyi 2023
166	<i>Protoperidinium knipowitschii</i> (Usachev, 1927) Balech, 1974
167	<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid, 1909) Balech, 1974
168	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh, 1881
169	<i>Protoperidinium punctulatum</i> (Paulsen, 1907) Balech, 1974
170	<i>Protoperidinium quinquecorne</i> (Abé, 1927) Balech, 1974
171	<i>Protoperidinium</i> sp.
172	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech, 1974
173	<i>Protoperidinium subinermis</i> (Paulsen) Loeblich III, 1969
174	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III, 1976
175	<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez, 2013
176	<i>Tripos fusus</i> (Ehrenberg) F.Gómez, 2013
177	<i>Tripos muelleri</i> Bory de Saint-Vincent, 1824
Prasinophyceae	
178	<i>Pterosperma jorgensenii</i> J.Schiller, 1925
179	<i>Pterosperma cristatum</i> Schiller, 1925
Prymnesiophyceae	
180	<i>Prymnesium polylepis</i> (Manton & Parke) Edvardsen, Eikrem & Probert, 2011
181	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) W.W.Hay & H.P.Mohler, 1967

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ МЕЗОЗООПЛАНКТОНУ

Таблиця Б.1 – Список зареєстрованих у 2023 р. видів мезозоопланктону в ПЗЧМ по сезонах

Таксономічна група	Таксон	Сезон			
		I*	II*	III*	IV*
1	2	3	4	5	6
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> Rousset, 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)		+	+	+
	<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)			+	+	

Кінець таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6
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 Norman</i> , 1903			+	
	<i>Cyclopoida</i> gen. sp.	+		+	+
Harpacticoida	<i>Ameira parvula parvula</i> (Claus, 1866)	+	+	+	+
	<i>Amphiascella</i> sp. Lang, 1944			+	
	<i>Canuella perplexa</i> Scott T. & Scott A., 1893		+	+	+
	<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>Nitocra</i> sp. Boeck, 1865		+	+	
	<i>Tisbe</i> Lilljeborg, 1853				+
<i>Harpacticoida</i> gen. sp. Sars G.O., 1903	+	+	+	+	
Meroplankton	<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	Malacostraca, 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	71	21	33	67	42
Примітка: I – зима, II – весна, III – літо, IV – осінь					

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ МІКРОФІТОБЕНТОСУ

Таблиця В.1 – Видовий склад мікрофітобентосу водного масиву CW5
ПЗЧМ у 2023 році

№ з/п	Види та різновиди	Яхт-клуб			Екологічні характеристики		
		Весна	Літо	Осінь	Життєві форми	Галобність	Сапробність
1	2	3	4	5	6	7	8
Відділ Cyanoprokaryota							
1	<i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886		пл, п1		пл	ind	β
2	<i>Calothrix scopulorum</i> C.Agardh ex Bornet & Flahault, 1886	б1,	б1, б2, пл	б1, пл, п1	обр		
3	<i>Ch. minutus</i> (Kützing) Nägeli, 1849	б1, п	б1, б2, пл, п1, п2	б1, пл	пл	ind	о
4	<i>Ch. turgidus</i> (Kützing) Nägeli, 1849	б1		п1	пл	ind	о
5	<i>Glaucospira laxissima</i> (G.S.West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014		б2, пл, п2		пл		
6	<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thuret) Geitler ex Komárek, 1993	б1, к, пл	б1, б2, пл,	б1, пл, п1	обр	gl	
7	<i>J. kisselevii</i> (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988			б1	пл		
8	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	б1, к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2	б1, пл, п1	обр	mg	β-о

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
9	<i>Lyngbya confervoides</i> C.Agardh ex Gomont, 1892	б1	б1, б2, пл, п1, смс	б1, пл, п1	обр	mg	
10	<i>L. majuscula</i> Harvey ex Gomont, 1892	пм			обр		
11	<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun ex Kützing, 1849	к, пм, п	б2, п1, п2,	б1, пл, п1	пл	ind	β-о
12	<i>M. glauca</i> (Ehrenberg) Kützing, 1845		пл, п1, п2,	б1, пл, п1	пл	ind	β-α
13	<i>M. tenuissima</i> Lemmermann, 1898		пл, п1, п2, смс	см2, б1, пл, п1	пл	gl	β-α
14	<i>M. tranquilla</i> (Ehrenberg) Trevisan, 1845			п1	пл	ind	β
15	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846		п1, п2,	см2, пл, п1	пл	gl	β
16	<i>Microcystis marginata</i> (Meneghini) Kützing, 1846		п1		пл		о-β
17	<i>Microcystis sp.</i>	б1, к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2,	б1, пл, п1	пл		
18	<i>Phormidium chalybeum</i> (Mertens ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988		пл		обр	mg	α
19	<i>Ph. limosum</i> (Dillwyn) P.C.Silva, 1996	пл	б2, пл, п2,	б1, п1	обр	ind	α
20	<i>Ph. nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988		пл, п2,	б1, пл, п1	обр	gl	
21	<i>Pseudophormidium battersii</i> (Gomont) Anagnostidis, 2001			пл	обр		
22	<i>Schizothrix septentrionalis</i> Gomont, 1899		б1, пл	пл	обр		
23	<i>Spirulina tenuissima</i> Kützing, 1836		пл		обр		

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	Всього ціанопрокаріот	7 б1, 4 к, 4 пл, 4 пм, 4 п	7 б1, 9 б2, 15 пл, 10 п1, 10 п2	12 б1, 13 пл, 13 п1			
Відділ Euglenophyta							
1	<i>Eutreptia lanovii</i> Steuer, 1904		п1, п2	пл, п1	пл	mg	β
	Всього евгленових		1 п1, 1 п2	1 пл, 1 п1			
Відділ Dinophyta							
1	<i>Akashiwo sanguinea</i> (K.Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup, 2000			п1	пл		
2	<i>Amphidinium acutum</i> Lohmann, 1920			п1	пл		
3	<i>Amphidinium sp.</i>			п1	пл		
4	<i>Dinophyta sp.</i>	пл, п			пл		
5	<i>Dinophysis recurva</i> Kofoid & Skogsberg, 1928		п2		пл	pg	
6	<i>D. sacculus</i> F.Stein, 1883			п1	пл	pg	
7	<i>Gymnodinium kowalevskii</i> Pitzik, 1967		б2		пл		
8	<i>G. lacustre</i> J.Schiller, 1933		п1		пл		χ-β
9	<i>Kryptoperidinium triquetrum</i> (Ehrenberg) U.Tillmann, M.Gottschling, M.Elbrächter, W.H.Kusber & M.Hoppenrath, 2019		п2	пл, п1	пл	pg	
10	<i>Lingulodinium polyedra</i> (F.Stein) J.D.Dodge, 1989	к			пл		
11	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) T.H.Abé ex J.D.Dodge, 1975			п1	пл		
12	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ost.) Dodge, 1976	б1, к, пм, п	б2, пл, п1, п2	б1, п1	пл	mg	
13	<i>P. micans</i> Ehrenberg, 1834		б1	б1, п1	пл	mg	β

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
14	<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S. Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling, 2015	б1	б1, п2	п1	пл	mg	
	Всього дінофітових	2 б1, 2 к, 1 пл, 1 пм, 2 п	2 б1, 2 б2, 1 пл, 2 п1, 4 п2	2 б1, 1 пл, 9 п1			
Відділ Cryptophyta							
1	<i>Hillea fusiformis</i> (J. Schiller) J. Schiller, 1925	б1, пл, п	б1, б2, пл, п1	б1, пл, п1	пл		
	Всього криптофітових	1 б1, 1 пл, 1 п	1 б1, 1 б2, 1 пл, 1 п1,	1 б1, 1 пл, 1 п1			
Відділ Chrysophyta							
1	<i>Acanthoica acanthos</i> J. Schiller, 1925			п1			
2	<i>Coccolithus sp.</i>	пм	б2, пл, п2	пл	пл		
3	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler, 1967	б1, к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2,	б1, пл, п1	пл	pg	
4	<i>Syracolithus dalmaticus</i> (Kamptner) Leoblich Jr. & Tappan, 1966	б1, пл	п2	п1	пл	pg	
	Всього золотистих	2 б1, 1 к, 2 пл, 2 пм, 1 п	1 б1, 2 б2, 2 пл, 1 п1, 3 п2	1 б1, 2 пл, 3 п1			
Відділ Bacillariophyta							
1	<i>Achnanthes brevipes</i> C. Agardh, 1824	б1, к, пл	б1, б2, пл	б1, пл	обр	pg	β
2	<i>A. longipes</i> C. Agardh, 1824	б1, к, пл, пм	б2, пл	б1, пл	обр	pg	β

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
3	<i>A. lyrata</i> Proschkina-Lavrenko, 1961	к	п1, п2	п1	обр	mg	
4	<i>Amphora commutata</i> Grunow, 1880		п2		д	mg	
5	<i>A. laevis</i> Gregory, 1857		п2		д	pg	
6	<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing, 1844		п1, п2		д	ind	β
7	<i>A. proschkiniana</i> Gusliakov, 1987	б1, пл, п	б1, п1, п2	п1	д	pg	
8	<i>A. proteus</i> Gregory, 1857	пм, п	пл, п1, п2	б1, п1	д	pg	β
9	<i>Amphora</i> sp.		п2				
10	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> E.Pfitzer, 1871		п2		д	mg	β-α
11	<i>Berkeleya rutilans</i> var. <i>rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow, 1880	б1, к			обр	pg	
12	<i>Caloneis amphisbaena</i> var. <i>subsalina</i> (Donkin) Cleve, 1894	к		п1	д	gl	β-α
13	<i>C. liber</i> (W.Smith) Cleve, 1894	пл, пм, п	п1, смс	п1	д	pg	
14	<i>Campylodiscus clypeus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing, 1844	к	п1		д	mg	
15	<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg, 1845	пм			д	pg	
16	<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G.Reid, 2012	пл, п			обр	pg	
17	<i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg, 1839	б1, к, пл, пм, п	б2, пл, п1, п2	пл	обр	mg	β
18	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve, 1889			п1	пл	pg	
19	<i>Ch. lorenzianus</i> Grunow, 1863	п			пл	pg	
20	<i>Ch. similis</i> f. <i>solitarius</i> Proschkina-Lavrenko, 1955		п1, п2	п1	пл	mg	
21	<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory, 1855	к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2	б1, пл, п1	обр	pg	
22	<i>C. pediculus</i> Ehrenberg, 1838			п1	обр	gl	β

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
23	<i>C. placentula</i> var. <i>placentula</i> Ehrenberg, 1838	к		п1	обр	ind	β
24	<i>C. scutellum</i> var. <i>scutellum</i> Ehrenberg, 1838	к, пл	п2	п1	обр	pg	β
25	<i>C. scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunow) Cleve, 1895	пл			обр	pg	β
26	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg, 1840	пм			пл	pg	β
27	<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i> Prasad, 1990	б1, к, пл, пм	б1, б2, пл, п1	п1	пл	gl	α
28	<i>Detonula confervacea</i> (Cleve) Gran, 1896	пм	пл		пл		
29	<i>Diatoma tenue</i> C.Agardh, 1812	б1, к, пл, пм, п			обр	gl	β
30	<i>D. vulgaris</i> Bory de Saint- Vincent, 1824	б1, к, пл, п	пл	б1, п1	обр	gl	β
31	<i>D. vulgaris</i> var. <i>breve</i> Grunow, 1862	б1, к, пл	п1	б1, п1	обр	gl	β
32	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1853	к, пм	п1, п2	п1	д	mg	
33	<i>D. oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve-Euler, 1922	п	п1		д	ind	β
34	<i>D. smithii</i> (Brébisson) Cleve, 1894			п1	д	pg	
35	<i>D. smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grunow) Hustedt, 1937	п	п1	п1	д	pg	
36	<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) A.J.Stickle & D.G.Mann, 1990		п2		д	gl	α
37	<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow, 1862		п2		обр	ind	β
38	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson, 1838		п2	п1	обр	ind	β
39	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844	пл, пм	п1, п2	п1	обр	pg	β
40	<i>Halamphora angularis</i> (Gregory) Levkov, 2009			п1	обр	mg	β
41	<i>Halamphora coffeaeformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009	б1, к, пл, пм, п	п1, п2	б1, пл, п1	обр	mg	α

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
42	<i>H. cymbifera</i> (Gregory) Levkov, 2009	пл, пм, п	б2, п1, п2	п1	д	pg	β
3	<i>H. eunotia</i> (Cleve) Levkov, 2009	к, пм	п1, п2	п1	д	pg	
44	<i>H. hyalina</i> (Kützing) Rimet & R. Jahn in Rimet et al., 2018	б1, к, пл	б2, пл	б1	д	pg	
45	<i>H. terroris</i> (Ehrenberg) Wang in Wang et al., 2014			п1	д	pg	
46	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski, 1996		п1		д	gl	β
47	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow, 1879	пл			обр	mg	β
48	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehr.) Grun., 1867	к, пл			обр	pg	β
49	<i>L. ovulum</i> Mereschkovsky, 1902	б1, к, пл			обр	pg	
50	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G.Mann, 1990		п1, п2		д	gl	
51	<i>Lyrella atlantica</i> (Schmidt) D.G.Mann, 1990	п	п1, п2	п1	д	pg	
52	<i>L. lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva, 1978	к, пм, п	п1, п2	п1	д	pg	
53	<i>Mastogloia braunii</i> Grunow, 1863	пм	п2		обр	mg	
54	<i>M. crucicula</i> (Grunow) Cleve, 1895	пм			обр	pg	
55	<i>M. erythraea</i> Grunow, 1860			п1	обр	pg	
56	<i>M. pumila</i> Cleve, 1895	к, пл, пм	п2	п1	обр	pg	
57	<i>M. smithii</i> Thwaites ex W.Smith, 1856		п1	п1	обр	pg	
58	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh, 1824	б1, к, пл, пм			обр	mg	α
59	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunow) Hustedt, 1927	к, пл, пм, п	п2		обр	mg	α
60	<i>Navicula cancellata</i> Donkin, 1872	к, п	п1, п2	п1	д	gl	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
61	<i>N. cryptocephala</i> Kützing, 1844	к, пл, пм, п	пл, п1, п2,	п1	д	gl	α
62	<i>N. digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs, 1861	пм, п			обр	mg	
63	<i>N. directa</i> (W.Smith) Ralfs in Pritchard, 1861	б1, к, пл, пм, п		пл, п1	д	pg	
64	<i>N. palpebralis</i> Brébisson ex W.Smith, 1853	б1, к			д	pg	
65	<i>N. pennata</i> A.Schmidt, 1876	б1, к, пл, пм, п	б2, пл, п2,	б1, пл, п1	д	mg	β
66	<i>N. peregrina</i> var. <i>peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844		пл, п2		д	mg	
67	<i>N. ramosissima</i> (C.Agardh) Cleve, 1895	б1, к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2	б1, пл, п1	д	pg	
68	<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst, 1860		п1		д	ind	
69	<i>N. lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i> W.Smith, 1853	к	б1, б2, п1	б1, пл	обр	mg	β
70	<i>N. lanceolata</i> var. <i>minor</i> Grunow in Van Heurck 1881		б1, б2, смс	б1, пл	обр	mg	β
71	<i>N. pusilla</i> Grunow, 1862			б1	обр	ind	β
72	<i>N. sigma</i> (Kützing) W.Smith, 1853	к, пм			д	mg	β
73	<i>N. subtilis</i> var. <i>subtilis</i> (Kützing) Grunow in Cleve & Grunow, 1880		п1		д	ind	о
74	<i>Nitzschia</i> sp.	пл					
75	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873	пм	п1, п2		д	mg	α
76	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J.Cox, 1988	к, пл	б2, пл, п2,		обр	mg	
77	<i>Petrodictyon gemma</i> (Ehrenberg) D.G.Mann, 1990	пм			д	mg	
78	<i>Petroneis humerosa</i> (Brébisson ex W.Smith) A.J.Stickle & D.G.Mann, 1990	к, пм	п2	п1	обр	pg	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
79	<i>Pinnularia quadratarea</i> (A.Schmidt) Cleve, 1895	пл			д	pg	
80	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round & Bukhtiyarova, 1996		п1, п2	п1	д	gl	β
81	<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Bukhtiyarova, 1999		п1, п2	п1	д	ind	β
82	<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith, 1852	пл, пм	п2		д	pg	
83	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928			б1	пл	pg	
84	<i>P. pungens</i> (Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993		пл, п2		пл	pg	
85	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot, 1980	к, пл	б2, пл, п1	пл	обр	gl	β
86	<i>Stauroneis simulans</i> (Donk.) Ross ex Hartley, 1986	б1, к, пл	пл, п1		обр	mg	β
87	<i>Staurophora salina</i> (W.Smith) Mereschkowsky, 1903	к	пл		обр	mg	
88	<i>Stephanodiscus astraea</i> (Ehrenberg) Grunow, 1880	пл			пл	ind	β
89	<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1881	б1, к, п	п2	б1, п1	обр	pg	
90	<i>Surirella ovalis</i> Brébisson, 1838		п2		д	gl	β
91	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round, 1986	б1, к, пл, пм, п	п1	б1	обр	mg	α
92	<i>T. gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova, 1995	пл			обр	pg	β
93	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894			п1	д	pg	
94	<i>Tryblionella punctata</i> W.Smith, 1853	к			д	pg	β
95	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère in Jahn et al., 2001	б1, к, пл			обр	ind	β

Кінець таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	Всього діатомових	21 б1, 41 к, 37 пл, 32 пм, 24 п	7 б1, 13 б2, 18 пл, 35 п1, 40 п2	16 б1, 11 пл, 41 п1			
Відділ Chlorophyta							
1	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli in A.Braun, 1855		пл		пл	ind	β
2	<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald, 2000		п2		пл	ind	β
3	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hindak, 1970	б1, к, пл	б2, пл, п1	пл, п1	пл	ind	β
4	<i>Oocystis borgei</i> J.W.Snow, 1903		п1		пл	ind	β-о
	Всього зелених	1 б1, 1 к, 1 пл	1 б2, 2 пл, 2 п1, 1 п2	1 пл, 1 п1			
Інші види							
1	<i>Flagellata sp.</i>	б1, к, пл, пм, п	б1, б2, пл, п1, п2	б1, пл, п1			
	Всього флагеллят	1 б1, 1 к, 1 пл, 1 пм, 1 п	1 б1, 1 б2, 1 пл, 1 п1, 1 п2	1 б1, 1 пл, 1 п1			
	Разом видів мікрофітобентосу	35 б1, 50 к, 47 пл, 40 пм, 33 п	19 б1, 29 б2, 40 пл, 53 п1, 60 п2	33 б1, 31 пл, 70 п1			
<p>Примітка 1. На жовтому тлі наведені назви потенційно токсичних водоростей.</p> <p>Примітка 2. Жирним шрифтом позначено масовий розвиток видів мікрофітів на субстратах.</p> <p>Примітка 3. Скорочені позначки: б – бетон (б1 – бетон біля берега, б2 – бетон в 3 м від берега), к – камінь, пл – пластик, п – пісок (п1 – пісок у зоні заплеску, п2 – пісок в 3 м від берега), пм – пісок + мул.</p>							