

УДК 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) 636622, факс (0482) 637322

e-mail: aceem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

в. о. директора УкрНЦЕМ

заст. директора з науки

канд. геогр. наук.,

старш. наук. співроб.



Віктор КОМОРИН

2023 р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ СТАНУ БІОЦЕНОЗІВ І БІОРІЗНОМАНІТТЯ
ЧОРНОГО МОРЯ В МЕЖАХ ВИКЛЮЧНОЇ МОРСЬКОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ
ЗОНИ УКРАЇНИ У 2022 РОЦІ

Керівник НДР,

в. о. начальника ВНД та ОМБ,

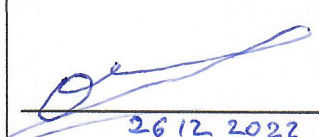
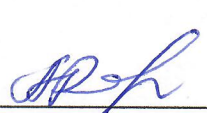
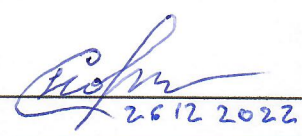
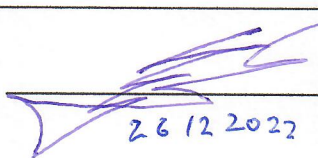
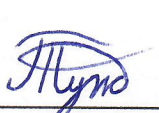
Михайло Набокін

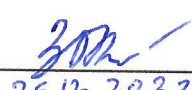
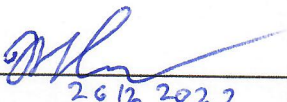
2022

Рукопис закінчено 26 грудня 2022 р.

Результати цієї роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ,
протокол від 19 січня 2023 року № 1

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР: Зав. сектором ГБД, В.о. начальника ВНД та ОМБ	 26 12 2022	М. В. Набокін (вступ; реферат; розділи 1-4, висновки, Додатки А-Д)
Виконавці: Ст. наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ, канд.біол. наук	 26 12 2022	Г. В. Теренько (розділ 2.1, 2.2, 2.3, висновки, експертні консультації)
Ст. наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ, канд.біол. наук	 26 12 2022	М. О. Грандова (розділ 2.1, 2.2, 2.3, висновки)
Зав. Сектором ОМБ відділу НД та ОМБ	 26 12 2022	І. П. Трет'як (розділ 3.3, 4, Додаток Г, висновки)
Наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ, канд. біол. наук	 26 12 2022	О. О. Семенова (вступ, нормоконтроль)
Наук.співроб. сектору Біологічних методів оцінки якості морської води відділу НД та ОМБ	 26 12 2022	О. В. Рачинська (розділ 3.4, Додаток Д, висновки)
Начальник.ВНД та ОМБ, канд.біол.наук	 26 12 2022	С. П. Ковалишина (вступ; реферат; розділи 1-4, висновки)
Наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ	 26 12 2022	О. Г. Качалов (розділ 3.1)
Наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ, канд. біол. наук	 26 12 2022	Т. В. Чужекова (розділ 3, Додаток В, висновки)

Наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ	 26/12/2022	О. В. Зотова (розділ 2.4, висновки)
Наук. співроб. сектору ГБД відділу НД та ОМБ	 26/12/2022	К. В. Жирякова (розділи 2.5, 2.6, 3.2, Додатки Б, Г, висновки)
Пров. фахівець сектору ГБД відділу НД та ОМБ	 26/12/2022	О. В. Соколовська (розділи 2.1, 2.2, 2.3, Додаток А, висновки)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 114 стор., 29 рис., 18 табл., 84 посилання, 7 додатків.

ЧОРНЕ МОРЕ, ФІТОПЛАНКТОН, ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПІГМЕНТИ, ЗООПЛАНКТОН, МАКРОЗООБЕНТОС, МАКРОФІТОБЕНТОС, МІКРОФІТОБЕНТОС, 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, в ході яких реєструвався стан планктонних та бентосних угруповань морських екосистем.

У звіті наведені результати спостережень за гідробіологічною складовою екосистем морського середовища морів України у 2022 році, за екологічними критеріями та видами-індикаторами проведена оцінка стану біоти планктону та бентосу. Відзначено структурні зміни в угрупованнях гідробіонтів та визначено їх стан. Здійснено огляд національного та світового досвіду проведення біотестування на макроводорослях з метою розробки методики оцінки якості середовища біотестуванням на макрофітах. В Одеському регіоні влітку спостерігали 2 масштабних випадки «цвітіння» води, викликаних масовим розвитком діатомової водорості *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey 1937, яка отримала інтенсивний розвиток в обох випадках, та *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve 1873, а також дінофітової водорості *Prorocentrum micans* Ehrenberg, 1834, які також досягли рівня цвітіння у другому випадку. В додатках А, Б, В, Г, Ґ, Д наведено список зареєстрованих видів фітопланктону, мезозoopланктону, макрозобентосу, мейобентосу, макрофітобентосу 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.....	16
2.1 Біорізноманіття та кількісні показники фітопланктону ОМР.....	16
2.2 Оцінка якості морської води ОМР за показниками фітопланктону....	20
2.3 «Цвітіння» води в Одеському морському регіоні	22
2.4 Значення пігменту хлорофілу α та оцінка екологічного стану акваторії за його показниками.....	24
2.5 Якісні та кількісні показники мезозoopланктону Одеського регіону..	29
2.6 Оцінка екологічного стану акваторії ОМР за кількісними показниками мезозoopланктону.....	37
3 СТАН БЕНТОСНОГО УГРУПОВАННЯ.....	39
3.1 Біорізноманіття, кількісні показники та екологічний стан макрозообентосу ПЗЧМ.....	39
3.2 Біорізноманіття та кількісні показники мейобентосу ПЗЧМ.....	45
3.3 Біорізноманіття, кількісні показники та екологічний стан макрофітобентосу ПЗЧМ.....	49
3.4 Біорізноманіття, кількісні показники та екологічний стан мікрофітобентосу ПЗЧМ.....	58
4 ОЦІНКА СТАНУ ПЕЛАГІАЛІ ТА БЕНТАЛІ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ НА МАКРОВОДОРОСТЯХ.....	65

ВИСНОВКИ.....	82
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	87
Додаток А Список зареєстрованих видів фітопланктону.....	97
Додаток Б Список зареєстрованих видів мезозоопланктону.....	100
Додаток В Список зареєстрованих видів макрзообентосу.....	102
Додаток Г Список зареєстрованих видів мейобентосу.....	104
Додаток Г Зареєстровані таксони та еколого-біологічна характеристика макрофітобентосу.....	105
Додаток Д Список зареєстрованих таксонів мікрофітобентосу	108

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НДР – науково-дослідна робота;

УкрНЦЕМ – Український науковий центр екології моря;

ПЗЧМ – північно-західна частина Чорного моря;

ОНУ – Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова;

MSFD – Європейська морська рамкова директива (Marine Strategy Framework Directive);

WFD – Європейська Водна Рамкова Директива (Water Framework Directive);

ЄС – Європейський Союз;

СБО – станція біологічної очистки;

H – індекс видового різноманіття за Шенноном;

N – чисельність гідробіонтів;

AcDev – допустиме відхилення від RefCon (Deviation);

AcStat – значення параметру за спостереженням (Actual status);

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

AZTI – програмне забезпечення;

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

B – біомаса гідробіонтів;

ДЕС – добрий екологічний стан;

D 1 – дескриптор 1;

D 4 – дескриптор 4;

D 6 – дескриптор 6;

ЕКС – екологічний комплексний статус;

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

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

(SI_{ph}) – індекс поверхні фітоценозу;

ВЕЯ – відносна екологічна якість;

RefCon – фонове значення параметру за довідковими джерелами (Reference Conditions);

Target – цільова концентрація параметру;

ОМР – Одеський морський регіон Чорного моря.

ВСТУП

Біологічні організми є добрими індикаторами стану навколишнього середовища, а біорізноманіття є найважливішою екологічною характеристикою стану морського середовища в цілому та її біологічної складової. Особливо велике різноманіття гідробіонтів спостерігається в шельфових водах. Рівень біорізноманіття екосистеми відображає її екологічний стан.

За звітній період в Українському науковому центрі екології моря (УкрНЦЕМ) були проведені дослідні роботи по оцінці стану гідробіонтів на популяційному (біоценотичному) рівні 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 КМУ № 758 від 19 вересня 2018 року [1], яка включила вимоги Директив ЕС [2] – [5].

Була отримана сучасна інформація про стан фітопланктону, фотосинтетичних пігментів, зоопланктону, макробообентосу, мейобентосу, макрофітобентосу та мікрофітобентосу різних районів Чорного моря. Проведен огляд світових практик біотестування на макроводорослях з метою подальшої розробки такої методики для акваторії Північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ).

1 ГІДРОБІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Гідробіологічні дослідження північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) для оцінки якості екосистем морського середовища за біологічними методами проводилися з метою виконання оцінки та діагнозу стану угруповань гідробіонтів пелагіалі та бенталі морів України. Біорізноманіття є важливішою екологічною характеристикою стану морського середовища у цілому і її біологічної складової. Рівень біорізноманіття екосистеми відображає її екологічний стан. Біоценотичний і загально екологічний підхід до оцінки якості екосистем морського середовища 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 2022 року проводив екологічний моніторинг у прибережних водах Одеського морського регіону (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.

В межах Одеського регіону гідробіологічний моніторинг проводився на підставі регулярних спостережень, з періодичністю раз на тиждень, на станціях в районі мису Малого Фонтану і пляжу Аркадія у грудні-лютому та на станції Чорноморський Яхт-клуб у червні-листопаді. До того ж разово, у вересні був здійснений відбір бентосного комплексу на території порта Одеса.

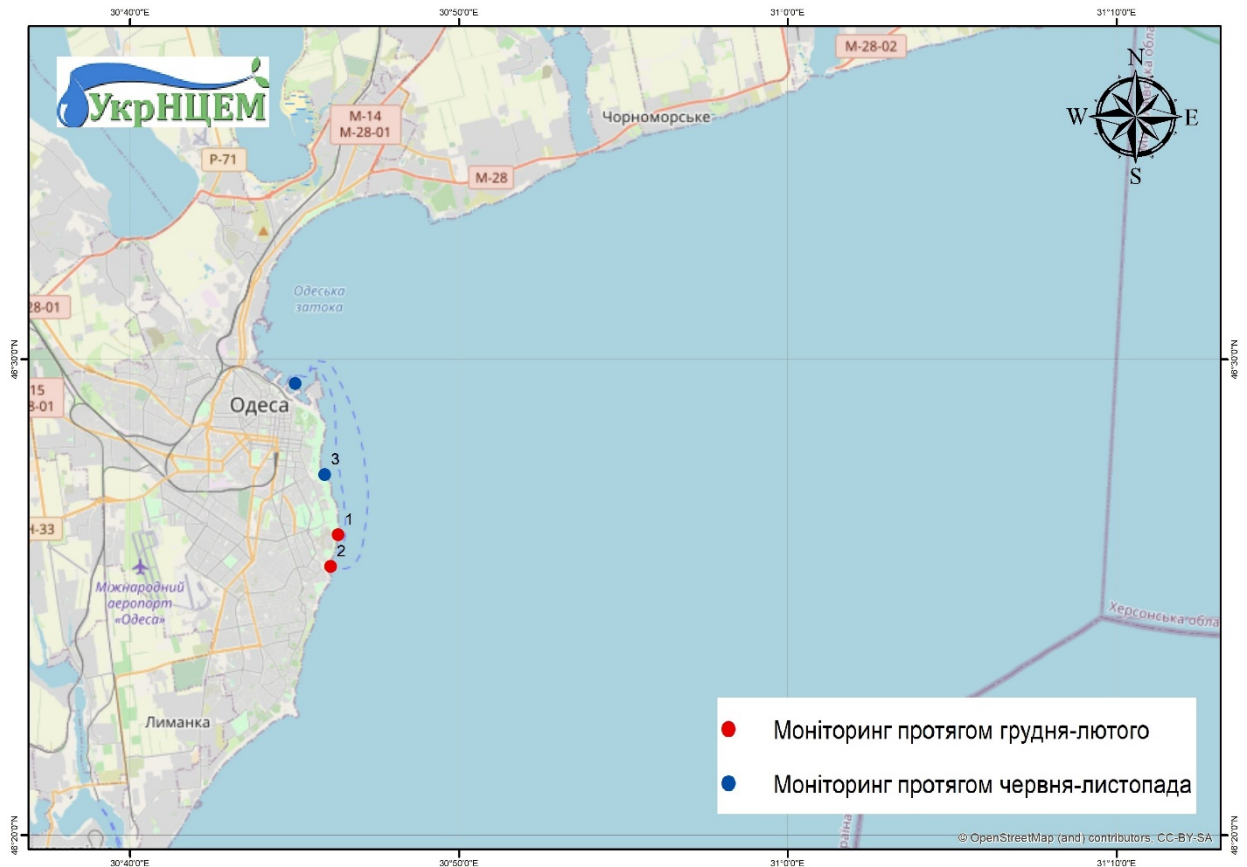


Рисунок 1.1 – Схема розташування станцій гідробіологічного моніторингу Одеського регіону у 2022 році.

Таблиця 1.1 – Мережа станцій прибережного екологічного моніторингу, що виконував УкрНЦЕМ протягом 2022 року

№ п/п	Но- мер стан- ції	Координати		Об'єктна та функціональна прив'язка
		Широта, північна	Довгота, східна	
1	1	46° 26.03'	030° 46.07'	Мис Малий Фонтан. Моніторинг рекреаційних зон.
2	2	46° 26.00'	030° 46.03'	Аркадія. Моніторинг рекреаційних зон.
3	3	46° 27.58'	030° 45.92'	Чорноморський Яхт-Клуб. Моніторинг рекреаційних зон.
4	4	46° 29.65'	030° 44.96'	Порт Одеса. Моніторинг імпактних зон.

Кількість гідробіологічних проб, відібраних протягом 2022 року наведена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Кількість гідробіологічних проб протягом 2022 року

Тип відібраної проби Станція відбору проб	Фітопланкто	Пігменти	Зоопланкто	Макрозообентос	Мейобентос	Макрофітобентос	Мікрофітобентос
Мис «Малий Фонтан»	2	4	3				
Пляж «Аркадія»	2	4	3				
Чорноморський Яхт-клуб	21	21	13	6	6	28	6
Порт «Одеса»				1			1

1.2 Методи досліджень

Проби фітопланктону в залежності від району дослідження концентрували осадовим методом після 4-тижневої експозиції [6], [7] та експрес-методом за допомогою камери зворотної фільтрації [8].

«Живу краплю» води розглядали під мікроскопом після згущення (метод зворотної фільтрації, ядерний фільтр 1,5 мкм). Об'єм процідженої води на 1 пробу зазвичай становив від 1л до 4 л, об'єм згущених проб – від 10 мл до 40 мл. Камеральну обробку проб фітопланктону виконано за допомогою світлових мікроскопів БИОЛАМ Р-12 та МИКМЕД-2 із використанням визначників ботанічної флори, рекомендованої для Чорного та Азовського морів. Підрахунок клітин масових видів водоростей виконано в камерах Ножотта об'ємом від 0,04мл до 0,05 мл (1-2 аліквоти), підрахунок видів, що рідко зустрічаються, проведено у камері Ножотта об'ємом 0,26 мл (по 2 аліквоти). Біомасу планктону визначено за апроксимованим об'ємом (сира біомаса) [8]. Розрахунки об'ємів клітин мікроводоростей, сумарної чисельності, сирої біомаси всіх гідробіонтів, формалізованих індексів

видового складу планктонних угруповань (за Шенноном,) були виконані за стандартними методами [6] – [8].

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 «Вода. Методика спектрофотометричного визначення хлорофілу-а» [9]. 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-а, 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 желетілі організми планктону перед фіксацією видалялися із проби та підраховувалися окремо [6]. 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 [10] – [12], інших визначників

[13] – [15], деяких наукових статей та інших джерел [16]. Біомаса визначалася за допомогою рівняння алгометричного росту [17].

Дослідження донної рослинності в Одеському регіоні проводилися за загальноприйнятою у гідроботаніці методикою [18]. Розмір облікової рамки – 0,01 м², повторність – 5-10-кратна. Проективне покриття і домінанти фітоценозів визначали візуально. Водорості-макрофіти і вищі водні рослини ідентифікували за визначниками [19] – [21]. Зібрані зразки водоростей документували шляхом виготовлення гербарію і фотографуванням.

Проби мікрофітобентосу відбирали та обробляли за загальноприйнятими методиками [22], [23] – [25]. У кожній акваторії мікроводорості 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 [26] – [27]. Назви систематичних груп мікроводоростей вказували за загальноприйнятою у світовій практиці системою класифікації [28] – [31]. 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 см² x 10 см² з площею захвату 0,01 м². В експедиційних дослідженнях на ПЗЧМ проби відбирались дночерпаком «Van Veen», з площею захвату 0,1 м². Усі проби відбирали у двох повторях. Відбір проб макрозообентосу та їх подальша камеральна обробка в умовах берегової лабораторії проводилась відповідно до стандартних методів [8]. Видова належність організмів макрозообентосу визначалась з використанням відповідних визначників [10] – [13], [32] – [35]. Відібрані проби макрозообентосу промивали відфільтрованою морською водою крізь систему бентосних сит, мінімальний діаметр ячеї котрих був 0,5 мм. 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 з 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 методік [36], [37]. Для визначення якісних та кількісних характеристик мейобентосної фауни були обстежені різні типи ґрунтів у прибережній зоні. Проби мейобентосу відбиралися за допомогою металевої рамки 10х10 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 [38], [39], розрахування індивідуальної та загальної маси зроблено згідно таблиць Численко [40].

2 СТАН ПЛАНКТОННОГО УГРУПОВАННЯ

2.1. Біорізноманіття та кількісні показники фітопланктону Одеського морського регіону

Таксономічна характеристика фітопланктону прибережної зони Одеського морського регіону у 2022 р.

У 2022 році було ідентифіковано 109 таксонів планктонних мікроводоростей. Ідентифіковані таксони належали до 12 класів: Bacillariophyceae – 54 (49,5%), Dinophyceae – 25 (22,9%), Cyanophyceae – 14 (12,8%), Chlorophyceae – 6 (5,5%) та інші – 12 (11%). Список зареєстрованих таксонів фітопланктону наведений у Додатку А. Внесок основних класів фітопланктону у загальне видове різноманіття мікроводоростей зображено на рисунку 2.1.

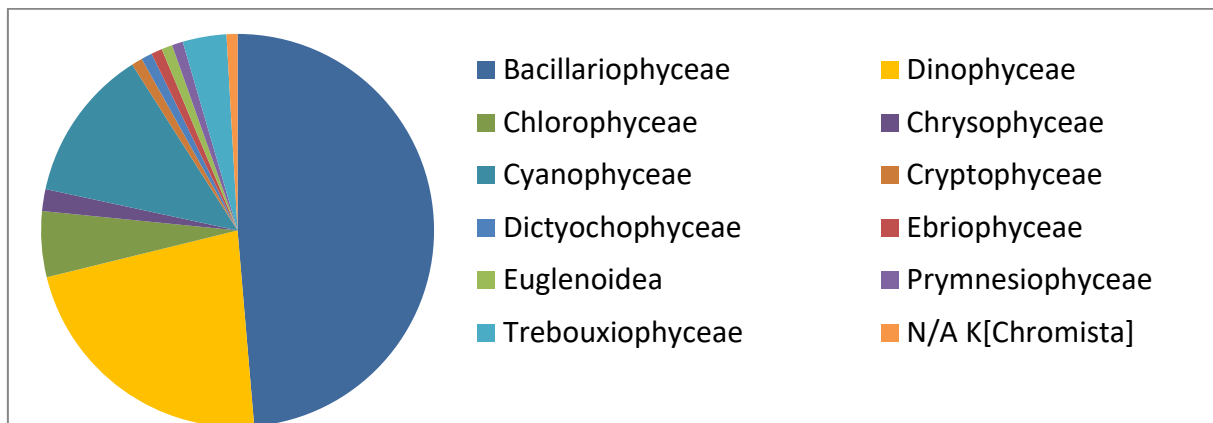


Рисунок 2.1 – Таксономічне різноманіття фітопланктону у 2022 році.

Взимку здебільшого домінували діатомові водорості (74%), у лютому була помітна частка зелених (23,5%) та дінофітових (11,7%) водоростей. У червні при зниженні солоності води частка ціанобактерій, зелених, золотистих, евгленових та інших прісноводних водоростей сягала майже 40%. В липні та серпні спостерігалось «цвітіння» діатомових водоростей. По

видовому різноманіттю вони також домінували – майже 96% видів у пробах. Восени почалися шторми і, ймовірно, значні надходження прісної води, в пробах поперемінно або одночасно спостерігалися прісноводні види, здебільшого ціанобактерії (від 16 до 37,6%) та джгутиконосці (більше 6%), та діатомові і дінофітові водорості з відкритих частин моря. Внесок різних таксономічних груп мікрроводоростей в структуру угруповання протягом року можна побачити на рисунку 2.2.

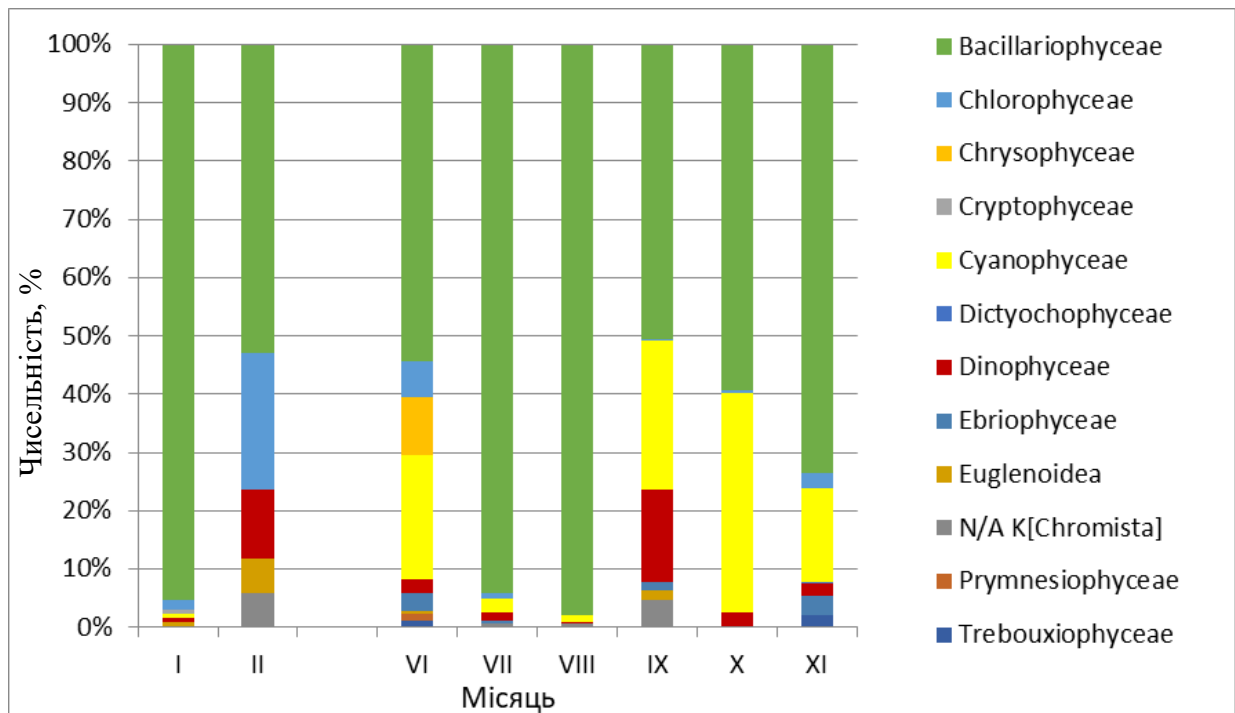


Рисунок 2.2 – Внесок різних таксонів у формування чисельності фітопланктону в 2022 році.

Кількісні характеристики фітопланктону прибережної зони Одеського морського регіону у 2022 р.

Чисельність мікрроводоростей у 2022 році змінювалась від 4,42 до 3001,07 тис. кл. • л⁻¹, біомаса від 41,05 до 4529,37 мг • м⁻³, при середній чисельності 248,35 тис. кл. • л⁻¹ та біомасі 1092,06 мг • м⁻³. Таким чином чисельність майже не змінилася в порівнянні 2021 роком, але біомаса була майже в 5 разів більшою. Відмічалось декілька максимумів кількісних

показників. Найбільші максимуми були влітку завдяки цвітінню діатомових водоростей *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey 1937 у липні та *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve 1873 у серпні, що представлено на рисунку 2.3.

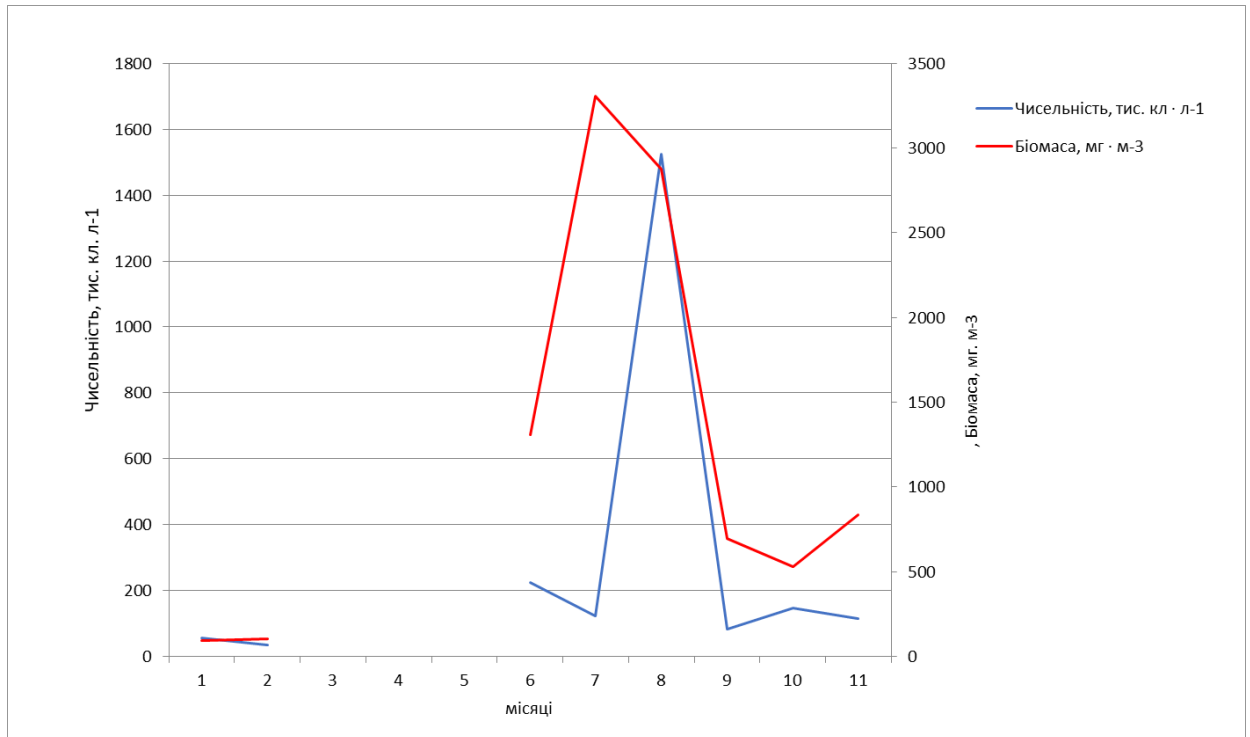
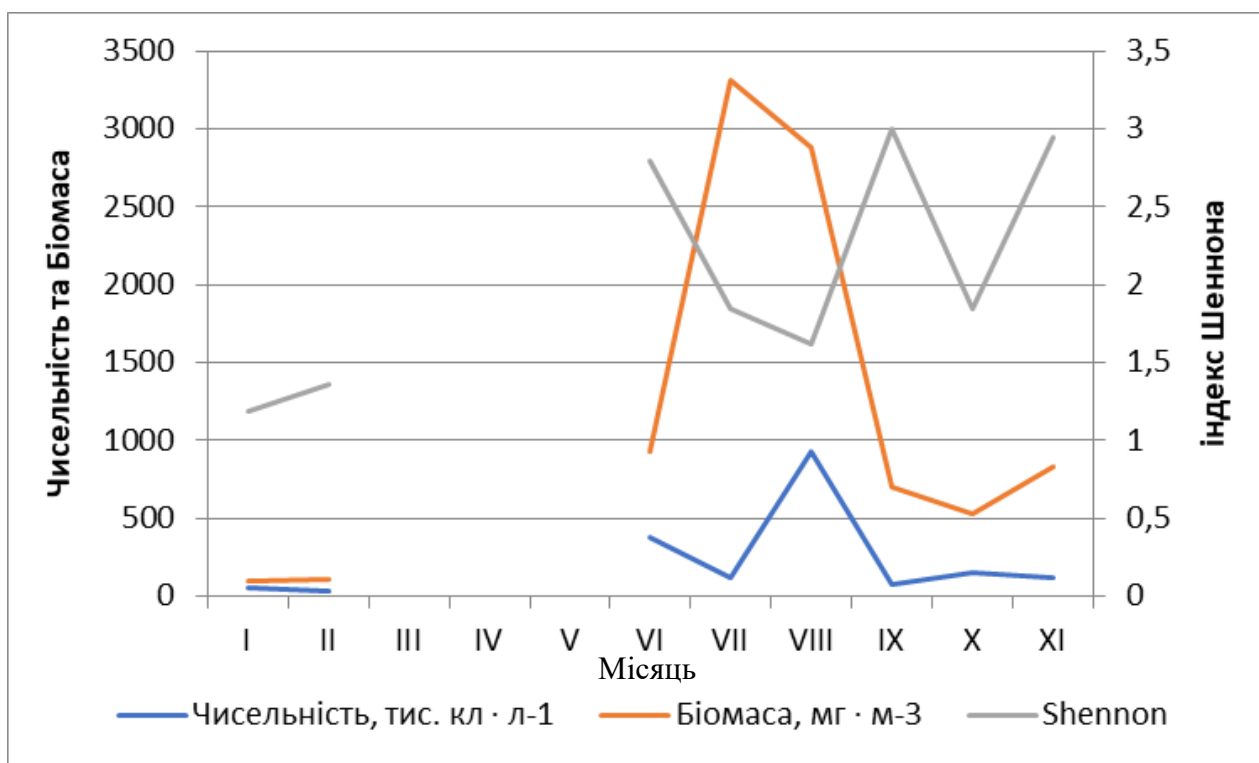
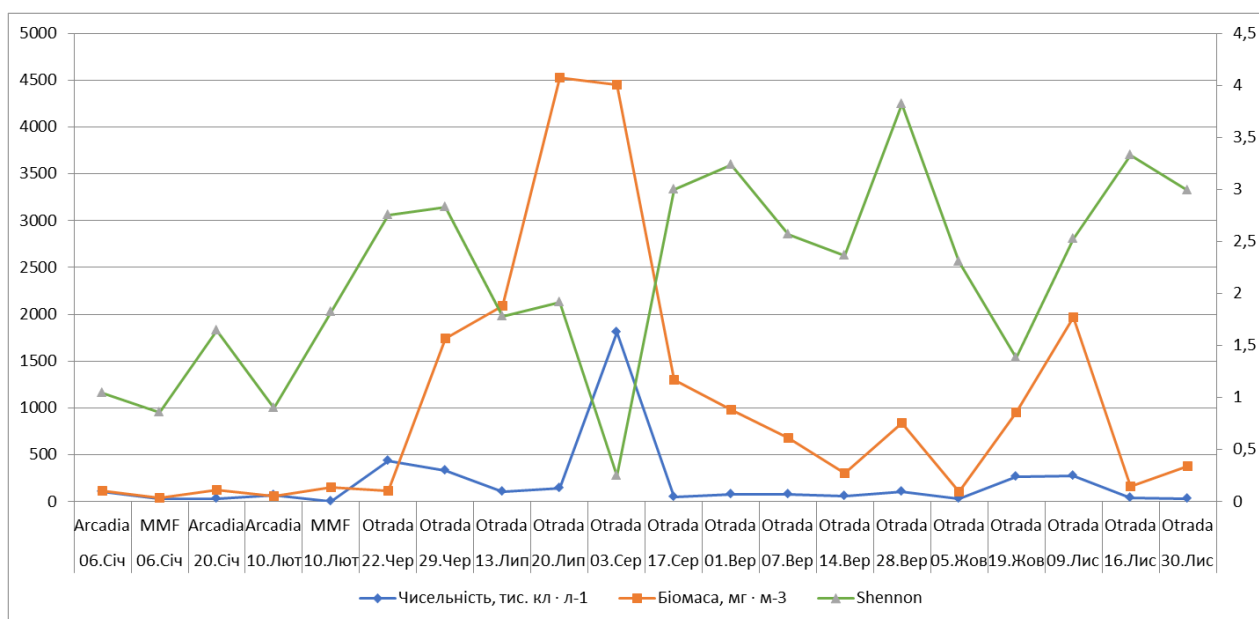


Рисунок 2.3 – Чисельність і біомаса фітопланктону ОМР у 2022 році.

Індекс видового різноманіття Шеннону змінювався від $0,24 \text{ біт} \cdot \text{екз}^{-1}$ до $3,8 \text{ біт} \cdot \text{екз}^{-1}$, із середнім значенням $2,16 \text{ біт} \cdot \text{екз}^{-1}$, що трохи вище минулорічних значень. Найвищі значення спостерігались у вересні і, ймовірно, були викликані різким перемішуванням великих мас води з різних регіонів моря. Найнижчі показники індексу видового різноманіття були у серпні під час цвітіння діатомової водорості *S. costatum*. Крім того, максимуми індексу видового різноманіття здебільшого не співпадали з максимумами кількісних показників мікроводоростей (рисунок 2.4).



А



Б

Рисунок 2.4 – Співвідношення індексу біорізноманіття Шенона та чисельності і біомаси фітопланктону у 2022 році (А – за середньомісячними показниками; Б – за тижневими 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

Прибережжя	Відмінний	Добрий	Середній	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 Менхінік, 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 показані у таблиці 2.2.

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

Показник	Стан морського середовища				
	Відмінний	Добрий	Середній	Поганий	Дуже поганий
МЕС %	<20	20-35	35-55	56-75	>75
Вас:Din	>8	8-6.3	6.3-4.3	4.3-2.3	<2.3
Індекс Menhinick (1964) [19]	0.19-0.15	0.15-0.09	0.09-0.05	0.05-0.03	0.03-0.01

В цілому за рік за критерієм загальної біомаси фітопланктону стан Одеського регіону можна оцінити як «Добрий». Показникам «Відмінного» стану відповідали всі місяці року окрім літніх, які відповідали «Доброму» (червень) та «Поганому» (липень-серпень) екологічному стану. Більшою частиною за рахунок розвитку діатомових водоростей. За їх рахунок двічі за літо спостерігалися випадки цвітіння, у липні та серпні. Для оцінки також використовувалися індекси Менхініка та МЕС % (у літній період). Згідно з середньомісячним значенням індексу Менхініка, екологічний стан взимку та влітку відповідав категоріям «Поганого» екологічного стану, восени - «Доброго», та в цілому за рік його можна оцінити як «Добрий». За індексом МЕС% у червні та липні екологічний стан середовища можна оцінити як «Відмінний», а в серпні «Добрий». В цілому за рік по всім трьом показникам вода відповідала «Середньому» екологічному стану, а восени навіть «Доброму» (таблиця 2.3). Це нижче показників минулого року, який за показниками фітопланктону в цілому можна оцінити як такий, що відповідає «Відмінному» екологічному стану. Однак, цвітіння 2022 року відбувалися за рахунок діатомових водоростей, що є гарним показником.

Таблиця 2.3 – Екологічний стан морського середовища за кількісними показниками фітопланктону

	I	II	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Зима	Літо	Осінь	Загал.
Біомаса, мг · м ⁻³	95,01	104,18	931,13	3308,9	2877,5	698,44	529,18	835,7	98,675	2372,5	706,59	1054,39
Menchnik	0,047	0,047	1,310	0,049	0,047	0,060	0,093	0,068	0,047	0,495	0,070	0,192
МЕС%	-	-	12,573	3,203	27,222	-	-	-	-	14,332	-	-
В цілому	Добр.	Добр.	Серед.	Серед.	Серед.	Добр.	Відмін.	Добр.	Добр.	Поган.	Добр.	Добр.

В цілому, прибережна акваторія ОМР знаходиться в напруженому стані. Показники 2022 року гірші за минулорічні. Поганим є показник різноманіття, більшу частину року він не відповідає ДЕС. Однак показники біомаси демонструють гарну картину. В угрупованні домінують динофітові водорості, цвітіння ціанобактерій не фіксується. Це дає підставу припустити, що зважаючи на міжрічні розбіжності загальний тренд на деєвтрофікацію акваторії може зберігатися.

2.3 «Цвітіння» води в Одеському морському регіоні

Протягом 2022 року було зафіксовано 2 випадки «цвітіння» води, викликаних масовим розвитком мікрowodоростей.

Перше спостерігалось 20 червня при температурі 20,5°C та солоності 17,6‰ і було викликане великою діатомовою водорістю *Cerataulina pelagica* (рисунок 2.5), біомаса якої становила в пробі 4001,9 мг · м⁻³. Вклад *C. pelagica* в пробі по біомасі становив 88%.

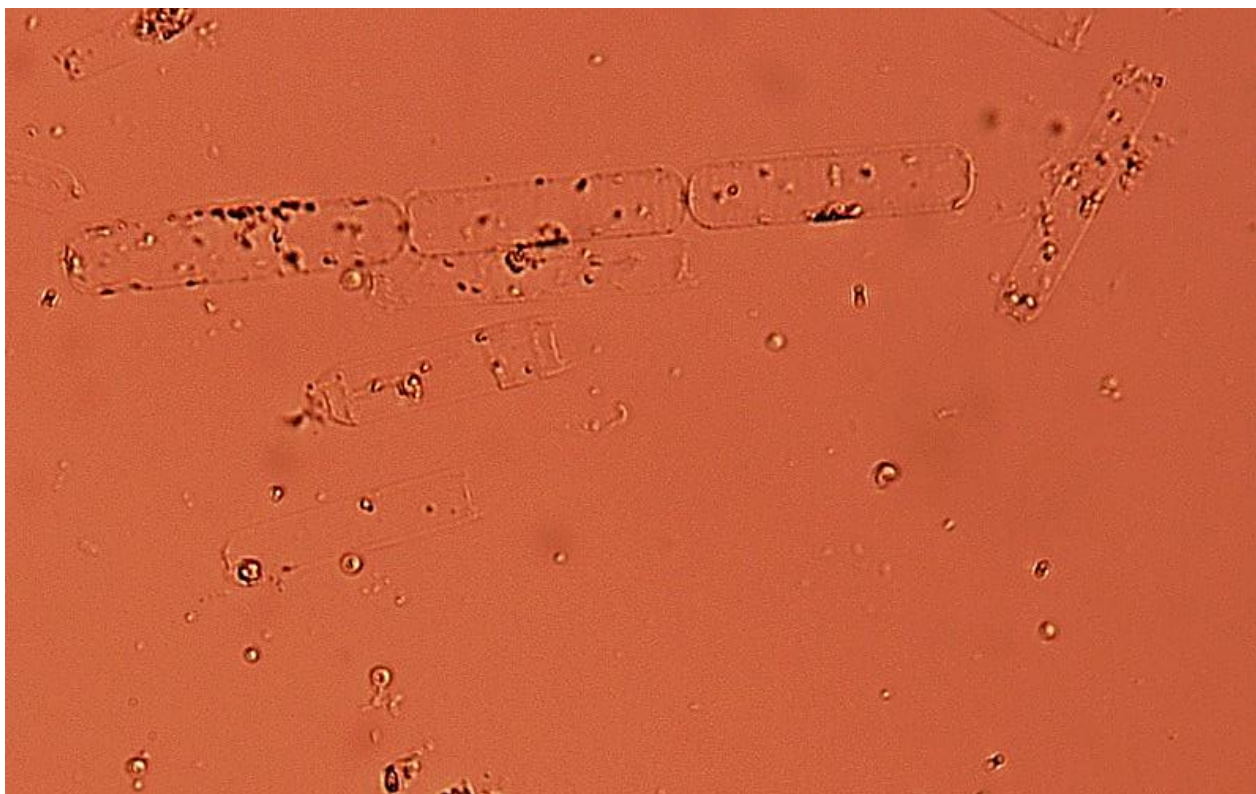


Рисунок 2.5 – Клітини мікроводорості *Cerataulina pelagica*.

Другий випадок цвітіння був відмічений вже 3 серпня при температурі 20,6°C та солоності 16,6‰ і був викликаний розвитком діатомової водорості *Skeletonema costatum* (рисунок 2.6), біомаса якої склала 3100 мг • м⁻³, що становило майже 70% загальної біомаси.

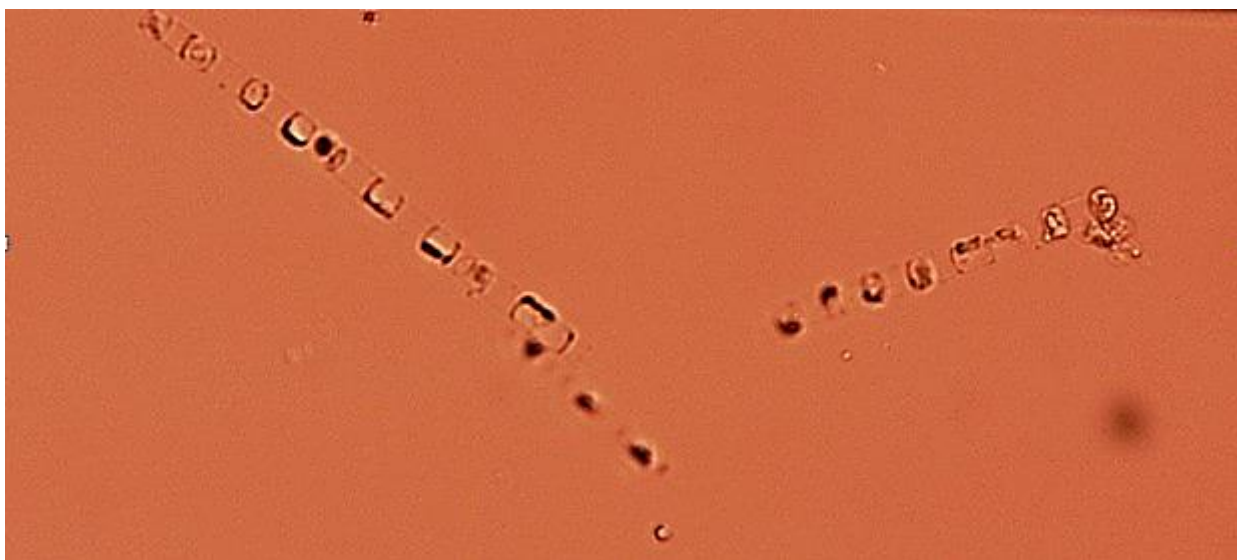


Рисунок 2.6 – Клітини мікроводорості *Skeletonema costatum*.

Крім домінантних видів в обох випадках в пробах були присутні в суттєвих кількостях: велика діатомова водорість *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) B.G.Sundström, 1986 та динофітова водорість *Prorocentrum micans* Ehrenberg, 1834 (рисунок 2.7, А, Б).

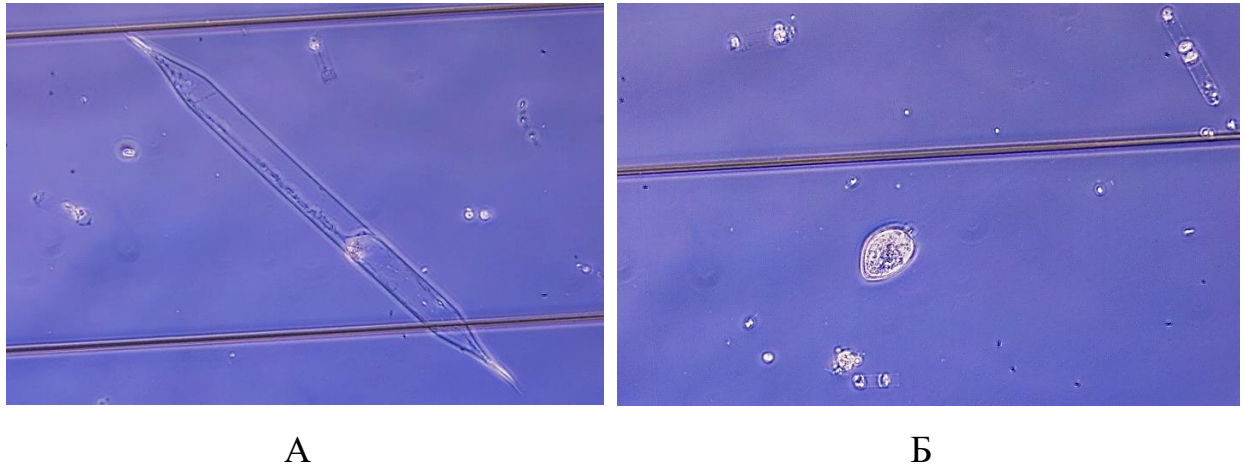


Рисунок 2.7 – Супутні види під час зафіксованих цвітінь в ОМР влітку 2022 року. А – *Pseudosolenia calcar-avis*; Б – *Prorocentrum micans*.

2.4 Значення пігменту хлорофілу α та оцінка екологічного стану акваторії за його показниками

Мінливість середньомісячних значень хлорофілу α в прибережній зоні Одеського морського регіону.

Дослідження динаміки хлорофілу α використовують для оцінки екологічного стану водойм. Крім того, що коливання концентрації пігменту характеризує функціональний стан фітопланктону, він також служить індикатором евтрофування.

У 2022 р. було відібрано та оброблено 29 проб із напівзакритої акваторії «Чорноморський Яхт-клуб».

Протягом року середньосезонні значення хлорофілу α змінювалися від 1,63 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$ до 3,08 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$, при загальній мінливості за рік від 0,45 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$ до 12,35 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$. Найбільші середньосезонні значення були зафіксовані влітку, а найменші відзначалися взимку, осінні значення не суттєво відрізнялись від літніх і становили 2,98 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$, див. рисунок 2.8.

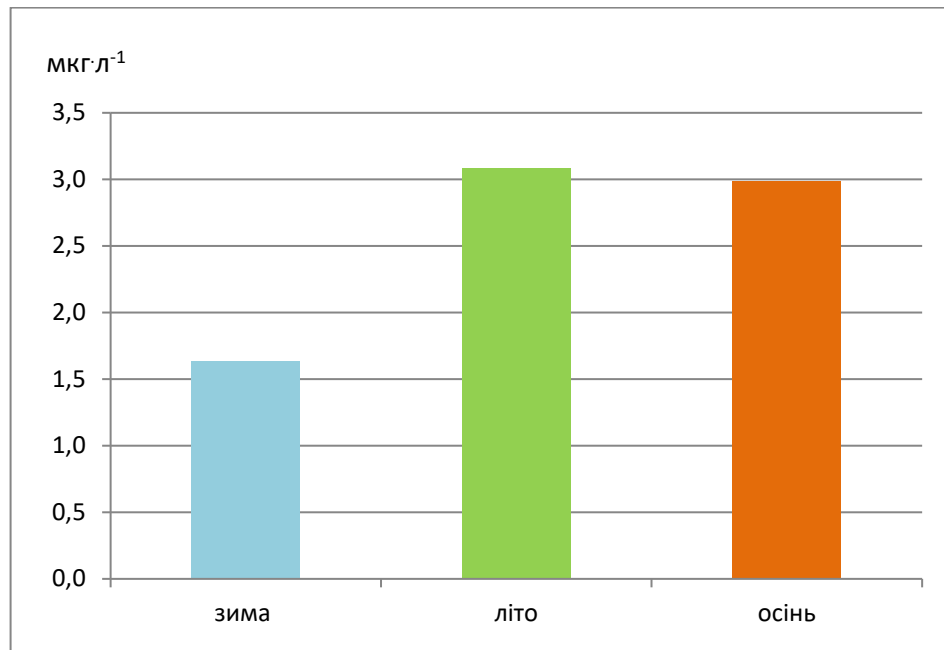


Рисунок 2.8 – Середньосезонні значення хлорофілу α в напівзакритій акваторії «Чорноморський Яхтклуб» у 2022 році.

У 2022 році виявлено декілька максимумів хлорофілу α , серед яких були два великих зростання наприкінці літа і на початку осені та декілька малих у різні сезони. Взимку максимальні значення хлорофілу α виявлені на початку другої половини лютого – 5,05 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$, що пов'язано із зимовим розвитком фітопланктону. Влітку максимальні значення відзначалися в червні - 5,10 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$ та наприкінці серпня, коли вони досягли 12,35 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$, що склало найвище за весь рік. Скоріш за все це було обумовлено масовим розвитком дінофітових водоростей. На початку осені також спостерігався значний підйом хлорофілу α , в середині вересня він досягав 11,16 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$, менше підвищення було відмічено у першій половині листопаду та складало 4,41 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$. Ці

процеси можуть бути обумовлені масовим розвитком ціанобактерій та діатомових водоростей (рисунок 2.9).

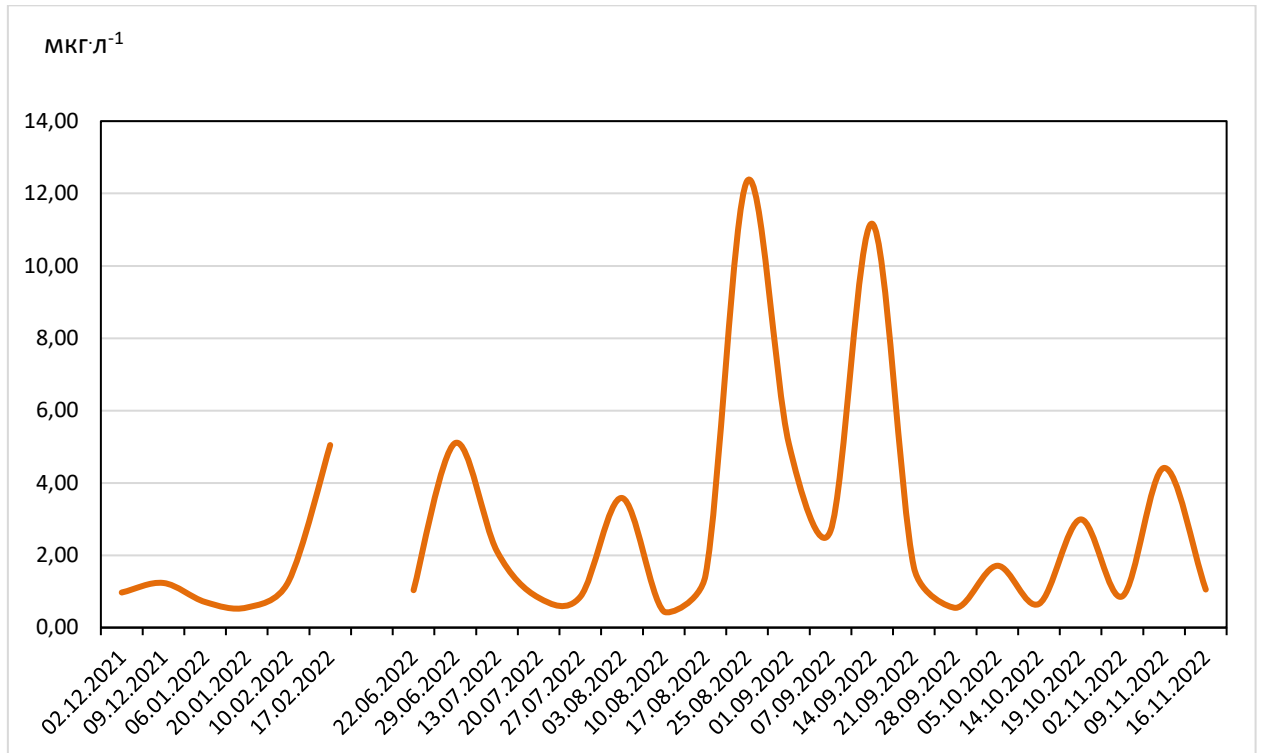


Рисунок 2.9 – Динаміка хлорофілу α в напівзакритій акваторії «Чорноморський Яхтклуб» у 2022 році.

Порівнюючи середньосезонні значення хлорофілу α за 2021-2022 роки, слід відзначити, що 2022 року показники хлорофілу були вищими влітку і восени та нижчими взимку в порівнянні з 2021 роком, крім того відмічені зростання стандартних відхилень середніх показників по сезонах (таблиця 2.4). У 2022 році розбіг показників впродовж сезонів був значно більшим, що свідчить про нестабільну ситуацію та періодичну зміну трофності акваторії. Максимальні значення хлорофілу α у 2021 р. не перевищували $5,17 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$, тоді як у 2022 р. вони досягали $12,35 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$. Мінімальні показники у 2021 році складали $0,59\text{--}0,94 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$, у 2022 р. вони опускалися до $0,45 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$.

Таблиця 2.4 – Середні значення хлорофілу α по сезонах у 2021 і 2022 роках

Рік	2021			2022		
Сезон	середнє	мін	макс	середнє	мін	макс
зима	2,25±1,41	0,59	4,80	1,63±1,70	0,55	5,05
літо	1,71±1,06	0,90	4,37	3,08±3,79	0,45	12,35
осінь	2,2±1,42	0,94	5,17	2,98±3,10	0,55	11,16

Оцінка екологічного стану прибережної зони Одеської затоки у 2021 та 2022 роках на основі значень концентрації хлорофілу α .

Для проведення оцінки була використана класифікація, розроблена для Болгарських та Румунських прибережних вод (Moncheva&Voicenco, 2011, ComDec) [41], та апробована в таких міжнародних проектах, як MISIS (MISIS Scientific Report, 2014) [42]. Шкалу представлено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Шкала категорій оцінки екологічного стану за концентрацією хлорофілу α ($\text{мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) для прибережного пелагічного середовища (WFD) (згідно Moncheva&Voicenco, 2011, ComDec [41])

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

Ця шкала була розроблена відповідно до вимог WFD [2] і розрізняє п'ять категорій оцінки екологічного стану (Відмінний – синій; Добрий – зелений; Середній – жовтий; Поганий – помаранчевий; Дуже поганий – червоний). Відповідно до сучасних вимог MSFD [3] виділяється лише дві категорії оцінки статусу: «Добрий екологічний стан» (ДЕС; синій) і «Не добрий екологічний

стан» (Не-ДЕС, червоний).

Оцінка середньосезонних значень концентрації хлорофілу- α в 2022 р. показала, що екологічного стан на моніторинговій станції напівзакритий пляж «Чорноморський яхтклуб» протягом різних сезонів відповідав категорії «Середній» (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6 – Оцінка екологічного стану на основі середньосезонних значень концентрації хлорофілу α (мкг·л⁻¹) на моніторинговій станції напівзакритій акваторії «Чорноморський яхтклуб» у 2021 та 2022 роках

сезон	2021 р.	2022 р.
зима	2,25	1,63
весна	1,18	
літо	1,71	3,08
осінь	2,20	2,98

Середні значення по сезонах хлорофілу α в 2021 та 2022 р. суттєво не відрізнялись, але у 2022 році відзначено більш значне коливання показників у середині сезону, максимальні та мінімальні значення мали більший розбіг. Це може означати, що хоча значимого погіршення стану у порівнянні з минулим роком не відбулося, загальна нестабільність екосистеми збільшилася. Однак, передчасно говорити про погіршення стану. Міжрічні коливання можуть бути значними а останні роки відмічався загальний тренд до покращення екологічного стану. Для більш точних оцінок необхідно продовжувати спостереження та розглядати саме багаторічну динаміку змін.

2.5 Якісні та кількісні показники мезозoopланктону Одеського регіону

Біорізноманіття та кількісні показники зоопланктону на реперних станціях Одеського регіону.

Зоопланктон є суттєвою частиною біоценозу. Він представляє важливу ланку харчового ланцюгу водойм. До того ж до складу зоопланктону поряд з організмами, що впродовж усього життя залишаються в планктоні (голопланктон), входять і личиночні стадії деяких бентосних, перифітонних та нектонних організмів (меропланктон). Таким чином стан зоопланктону є важливим та лімітуючим фактором для бентосних та нектонних (зокрема риб) спільнот. Організми зоопланктону є чутливими до стану навколишнього середовища, на відміну від короткоциклічного фітопланктону, що відображає головним чином одномоментні зміни, і довгоциклічного макрозообентосу, що має велику інерцію, зоопланктон єдиний відображає стан середовища в середньостроковій перспективі.

Мезозoopланктон традиційно поділяють на голопланктон, весь життєвий цикл якого проходить у товщі води, та меропланктон (тимчасовий компонент мезозoopланктону), який представлений личиночними стадіями бентосних та нектонних тварин. Під час розвитку меропланктонного компоненту, кількість унікальних таксонів в мезозoopланктоні відчутно зростає.

Протягом 2022 року в усіх досліджуваних акваторіях було ідентифіковано 47 таксонів ранга виду та вище морського та солонуватоводного комплексів. Відсутність прісноводного комплексу та порівняно з минулими роками низьке біорізноманіття скоріш за все пояснюються відсутністю спостережень навесні а також відсутністю спостережень широкої мережі точок, що підкреслює важливість саме цілорічних спостережень на різних типах вод для розуміння акваторії в цілому. Основу розмаїття складали копепода (21 таксон), однак більшою частиною за

рахунок бенто-пелагічних видів рядів Harpacticoida та Canueloida (*Ameira* Boeck, 1865, *Amonardia* Lang, 1944, *Canuella perplexa* Scott T. & A., 1893, *Dactylopodia* Lang, 1944, *Ectinosoma* Boeck, 1865 sp., *Harpacticoida* Sars G.O., 1903 gen. sp., *Harpacticus* Milne Edwards H., 1840 sp., *Laophontidae* Scott T., 1904 sp., *Mesochra* Boeck, 1965 sp., *Metis ignea ignea* Philippi, 1843, *Nitocra* Boeck, 1865 sp., *Tegastes longimanus* (Claus, 1863), *Thalestris longimana* Claus, 1863). Ряди Calanoida і Cyclopoida були представлені 7 таксонами (*Acartia* (*Acanthacartia*) *tonsa* Dana, 1849, *Acartia* (*Acartiura*) *clausi* Giesbrecht, 1889, *Centropages ponticus* Karavaev, 1895, *Hetercope caspia* Sars G.O., 1897, *Oithona davisae* Ferrari F.D. & Orsi, 1984, *Oithona similis* Claus, 1866, *Cyclopoida* g. sp.). Також різноманітним був меропланктон – 9 таксонів (*Ascidacea* Blainville, 1824, *Balanus* Costa, 1778, *Bivalvia* Linnaeus, 1758 gen sp., *Cirripedia* Burmeister, 1834, *Decapoda* Latreille, 1802, *Gastropoda* Cuvier, 1795, *Nereis* Linnaeus, 1758 sp., *Polychaeta* Grube, 1850 g. sp., *Spio* Fabricius, 1785 sp.). Кладоцери були представлені 3 таксонами (*Penilia avirostris* Dana, 1849, *Pleopis polyphemoides* (Leuckart, 1859), *Podonevadne trigona* (G.O. Sars, 1897)), желетілі – 4 таксонами (*Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758), *Pleurobrachia pileus* (O. F. Müller, 1776), *Pleurobrachia rhodopis* Chun, 1879, *Hydromedusa* Wagler, 1830, sp.). Найпростіші були представлені 2 таксонами (*Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy, 1921, *Tintinnina* Kofoid & Campbell, 1929 sp.), а коловертки – 1 таксоном (*Synchaeta baltica* Ehrenberg, 1834). Інші складали 7 таксонів (*Hydrachnidia* sp., *Mysida* Boas, 1883 sp., *Nematoda* gen. sp., *Oikopleura* (*Vexillaria*) *dioica* Fol, 1872, *Ostracoda* Latreille, 1802, g.sp., *Parasagitta setosa* (J. Müller, 1847), *Pisces* gen. sp.). Таксономічний склад мезозoopланктону у прибережній зоні Одеського Морського регіону протягом 2022 року можна побачити на рисунку 2.10. Список зареєстрованих таксонів зоопланктону наведений у Додатку Б.

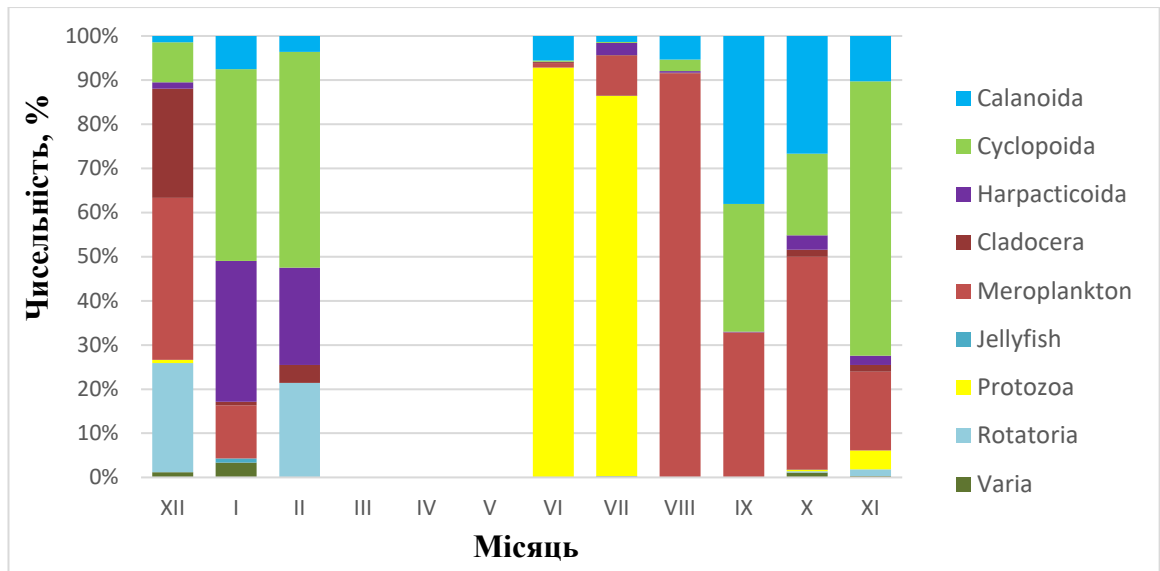


Рисунок 2.10 – Вклад різних таксонів у формування чисельності мезозoopланктону в Одеському регіоні у 2022 році.

Зимовий зоопланктон був середнім за показниками чисельності та дещо вищим за середнє за показниками біомаси ($334 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ та $10,050 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ в середньому зимою 2022 року, проти $351 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ та $5,422 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ в середньому зимою за останні 3 роки). Більшою частиною, біомаса була вища за рахунок желетілих організмів, які складали понад 80% зимової біомаси зоопланктону, що може свідчити про підвищення рівня евтрофування. Різноманітність також була середньою у порівнянні з минулими роками: $2,15 \pm 0,42 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$ зимою 2022 р. та $2,20 \pm 1,07 \text{ біт} \cdot \text{екз.}^{-1}$ в середньому за останні 3 роки. В пробах зустрічалися копеподи родів *Acartia*, *Oithona* та *Paracalanus*, чисельними були представники рядів Harpacticoida та Polyarthra, також чисельними були кладоцери роду *Pleopis*, які є індикатором евтрофування, меропланктон та коловертки роду *Synchaeta*. Цього року спостерігався масовий розвиток гетеротрофної флагелляти *Noctiluca scintillans*, яка також є індикатором евтрофування. Протягом червня-першої половини липня вона складала більше 95% біомаси зоопланктону. Минулий такий випадок спостерігався 2017 року [43]. Весняний максимум розвитку зоопланктону цього року відбувся пізно, у серпні та був розтягнутим у часі, через що практично злився з осіннім, який був зафіксований у вересні. Серпневий максимум відбувся більшою частиною за

рахунок організмів меропланктону – личинок цірріпедій. Осінній – за рахунок розвитку копепод рядів *Calanoida* та *Cyclopoida*. Під час першого максимуму, у серпні чисельність та біомаса досягали $84287 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ та $67,889 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, під час другого, у вересні – $68854 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ та $96,979 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Після, у жовтні чисельність та біомаса починають скорочуватися. Однак на кінець листопада так і не приймають характерної для зими картини, складаючи в зразках 30 листопада $9251 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ та $35,351 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, більшою частиною за рахунок циклопоїд роду *Oithona*.

Зміна чисельності та біомаси мезозoopланктону протягом 2022 року в Одеському регіоні відображено на рисунку 2.11.

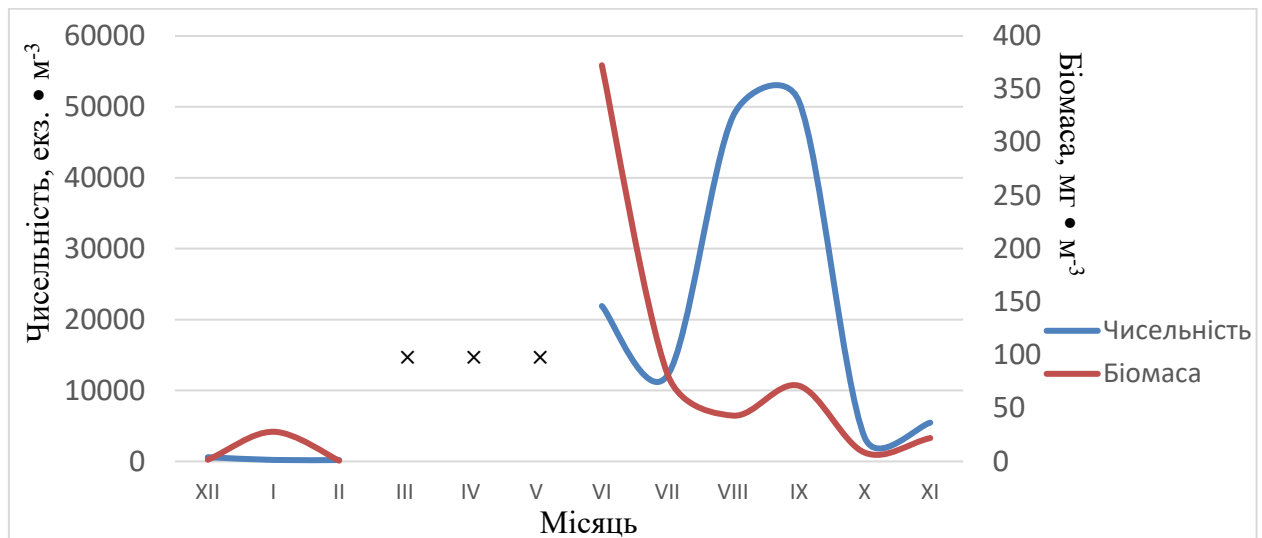


Рисунок 2.11 – Середня чисельність (екз. · м⁻³) та біомаса (мг · м⁻³) мезозoopланктону в Одеському регіоні у 2022 році.

Загалом, показники чисельності та біомаси були дещо вищими за такі минулих років. Середня чисельність та біомаса основних груп мезозoopланктону наведена у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Середня чисельність та біомаса основних груп мезозоопланктону Одеського регіону у 2022 році

Групи мезозоопланктону	Чисельність, екз. • м ⁻³	Біомаса, мг • м ⁻³
Calanoida	2627 ± 7062	3,977 ± 9,480
Cyclopoida	2347 ± 5483	6,377 ± 12,849
Harpacticoida	111 ± 116	0,396 ± 0,503
Cladocera	52 ± 81	0,376 ± 0,525
Meroplankton	7016 ± 18122	5,099 ± 11,877
Jellyfish	1 ± 2	2,868 ± 12,291
Protozoa	2211 ± 6277	28,208 ± 88,957
Rotatoria	36 ± 56	0,054 ± 0,088
Varia	19 ± 21	0,853 ± 2,180
Загалом	14419 ± 23643	48,207 ± 87,476

Так, показники чисельності та біомаси у середньому за три попередні роки (2019-2021) склали 1727±2149 екз. • м⁻³ та 44,919±204,627 мг • м⁻³. Протягом 2020 року показники чисельності та біомаси складали у середньому 14419 ± 23643 екз. • м⁻³ та 48,207 ± 87,476 екз. • м⁻³.

Трофічний зоопланктон складався з Copepoda, Cladocera, Rotatoria, представників меропланктону та інших груп зоопланктону. Серед трофічного зоопланктону у середньому за рік за чисельністю переважали організми меропланктону – Cirripedia, Bivalvia та Polychaeta а за біомасою – копеподи. Нетрофічний зоопланктон складався в основному з представників желетілих *Aurelia aurita*, *Pleurobrachia pileus*, *Pleurobrachia rhodopsis*, *Hydromedusa*, *sp.* Та гетеротрофної динофлагелляти *N. scintillans*. Нетрофічний зоопланктон домінував, за рахунок сильного розвитку *N. scintillans* у червні-липні.

Індекс розмаїття Шеннону змінювався від 0,28 біт • екз.⁻¹ у липні під час розвитку *N. scintillans* до 2,87 біт • екз.⁻¹ у листопаді та складав у середньому за рік 1,86 ± 0,71 біт • екз.⁻¹, що менше за середні показники попередніх трьох років – 2,08 ± 1,07 біт • екз.⁻¹. Річний хід індексу Шеннону протягом 2022 року відображено на рисунку 2.12.

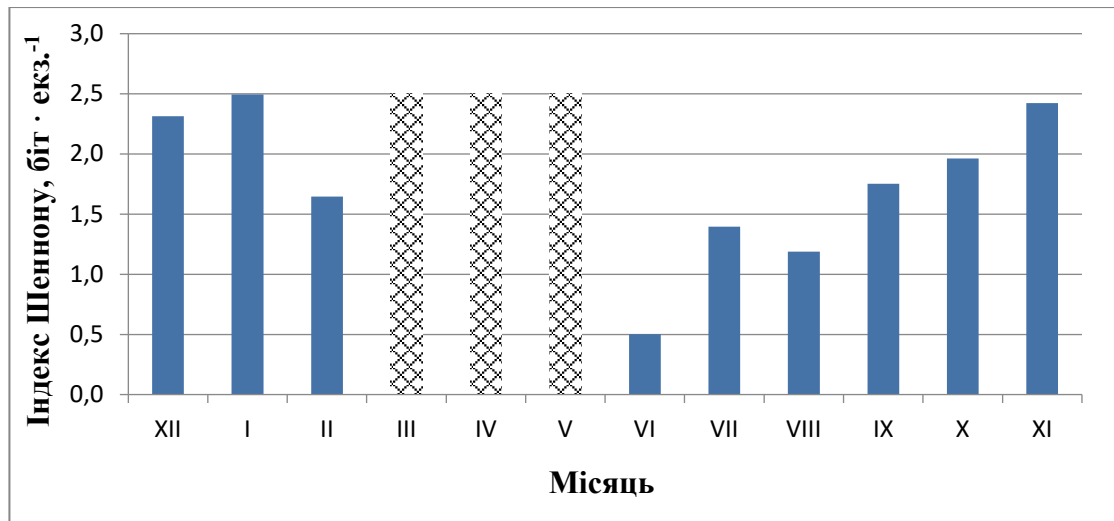


Рисунок 2.12 – Індекс Шенона (за чисельністю) зоопланктону в Одеському регіоні у 2022 році.

*Багаторічні зміни вкладу *Noctiluca scintillans* в біомасу зоопланктону*

Хоча за систематикою *Noctiluca scintillans* належить до дінофітових водоростей, завдяки відносно великому розміру (0,25-0,95 мм) та гетеротрофному способу харчування екологічно вона ближче до мезозоопланктону. Крім того, *N. scintillans* швидко реагує на зміни у навколишньому середовищі, що дозволяє використовувати її як індикатор стану водойм. Багаторічні зміни вкладу *N. scintillans* в біомасу зоопланктону Одеського регіону відображено на рисунку 2.13.

Протягом останніх років масова частка *N. scintillans* у біомасі мезозоопланктону залишається невисокою та має тенденцію до зниження. Винятком є тільки 2017 рік, коли у липні спостерігався спалах її чисельності. Однак уже в 2018 році біомаса динофлагелляти повернувся до низьких значень. Однак вже з 2019 року частка ноктилюки почала зростати, 2021 року досягнувши 17,21% в середньому за рік. Це може свідчити про початок зростання рівня евтрофікації акваторії в останні роки.

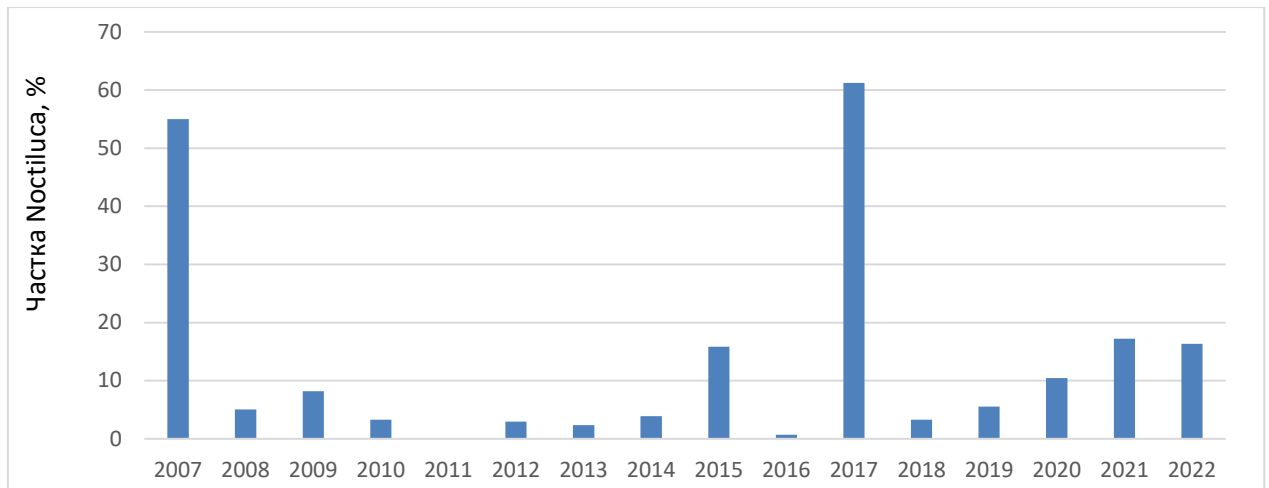


Рисунок 2.13 – Багаторічні зміни вкладу (%) *Noctiluca stintillans* в біомасу зоопланктону в Одеському регіоні.

Так, у 2007 році біомаса *N. scintillans* складала в середньому за рік $51,169 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ або 55,02 % від загальної біомаси мезозоопланктону. Після цього з у період з 2008 по 2016 роки вона коливалася від $0,734 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ до $13,052 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ та залишалася у межах від 2,34 % до 15,82 % від загальної біомаси зоопланктону. У 2017 році спостерігалось різке збільшення чисельності та частки ноктілюки у сумарній біомасі мезозоопланктону, доходючи на короткий період до 233 тис. екз. $\cdot \text{м}^{-3}$ або 99,57% від загальної біомаси. У середньому за 2017 рік біомаса *N. scintillans* складала $5738,631 \pm 18736,223 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ або $61,23 \pm 40,61\%$ від загальної біомаси мезозоопланктону. Однак уже 2018 року біомаса ноктілюки знизилася та склала $2,135 \pm 7,273 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ або $3,31 \pm 10,49\%$. Але з 2019 року частка ноктілюки почала зростати. У 2019 році вона склала $0,430 \pm 1,09 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ або $5,56 \pm 12,85\%$ від загальної біомаси зоопланктону. У 2020 році вона склала $3,37 \pm 9,76 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ або $10,45 \pm 22,09\%$, у 2021 – $17,081 \pm 26,870 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ та $17,21 \pm 30,01\%$.

2022 року середнє значення частки ноктілюки за рік складало $7,884 \pm 122,640 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ та $16,36 \pm 33,33\%$, що приблизно відповідає значенню минулого року. Варто зазначити, що 2022 року навесні, коли частка ноктілюки зазвичай дуже низька, спостереження не проводилися. Тому вірогідно, що значення за рік в цілому з урахуванням весни могли бути нижче.

Так, без урахування весни в середньому за 2021 та 2020 роки частка ноктилюки складала $27,20 \pm 30,49\%$ та $25,94 \pm 24,34\%$ відповідно, що вище за показники 2022 року. Однак, при відносно низьких показниках частки *N. scintillans* в цілому за рік, влітку 2022 року, у червні-липні спостерігався аномально високий рівень розвитку ноктилюки, найсильніший за останні 5 років. Враховуючи, що в інші місяці значного розвитку не спостерігалось, можна припустити, що причиною стала не загальна забрудненість акваторії цього року, а локальні умови.

Річний хід зміни частки *N. scintillans* у загальній біомасі мезозoopланктону протягом 2022 року відображено на рисунку 2.14.

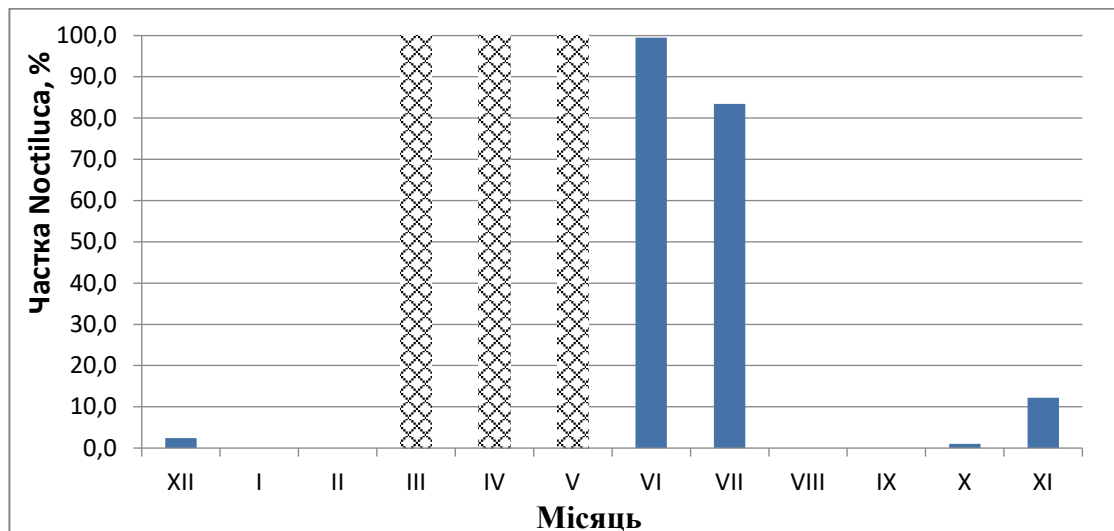


Рисунок 2.14 – Річний хід зміни частки *N. scintillans* у загальній біомасі мезозoopланктону (%) в Одеському регіоні у 2022 році.

В цілому, частка *N. scintillans* в загальній біомасі залишається низькою. До того ж 2022 року вона не збільшилася у порівнянні з 2021. Однак, локальний літній розвиток флагелляти може вказувати на значну ступінь антропогенного навантаження на акваторію у вказаний період часу.

2.6 Оцінка екологічного стану акваторії ОМР за кількісними показниками мезозoopланктону

В рамках міжнародного проекту EMBLAS [44] були запропоновані індикатори для оцінки якості морського середовища за кількісними показниками мезозoopланктону – загальної біомаси, видовому різноманіттю за індексом Шеннону, а також частки у загальній біомасі желетілих організмів, веслоногих раків *Copepoda* та гетеротрофної динофлагелляти *Noctiluca scintillans*. Пізніше на базі цих індикаторів був розроблений інтегральний зоопланктонний індекс IZI для оцінки стану акваторії за кількісними показниками зоопланктону.

Ці показники, крім останнього рекомендовані і постановою Кабінету міністрів про моніторинг вод [1]. Однак, демонструючи швидку реакцію на зміни стану середовища, зокрема на органічні забруднення, *N. scintillans* є гарним об'єктом для оцінки.

Цільові значення індексу IZI для району досліджень представлені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Цільові значення індексу IZI для прибережній зоні Дніпровського регіону за показниками зоопланктону

ES	EEI range			
	IZI			
	Spring	Summer	Autumn	Winter
High	>0.900	>0.215	>0.871	>0.837
Good	0.900 - 0.883	0.215 - 0.167	0.871 - 0.849	0.837 - 0.804
Moderate	0.882 - 0.863	0.166 - 0.094	0.848 - 0.841	0.803 - 0.789
Poor	0.862 - 0.789	0.093 - 0.054	0.840 - 0.827	0.788 - 0.651
Bad	<0.789	< 0.054	< 0.827	< 0.651

Протягом 2022 року індекс варіював від 0,002 у липні, коли спостерігався розвиток *N. scintillans* до 0,58 у лютому, та склав у середньому за рік $0,26 \pm 0,19$. Сезонний хід індексу та оцінку стану акваторії можна побачити на рисунку 2.15.

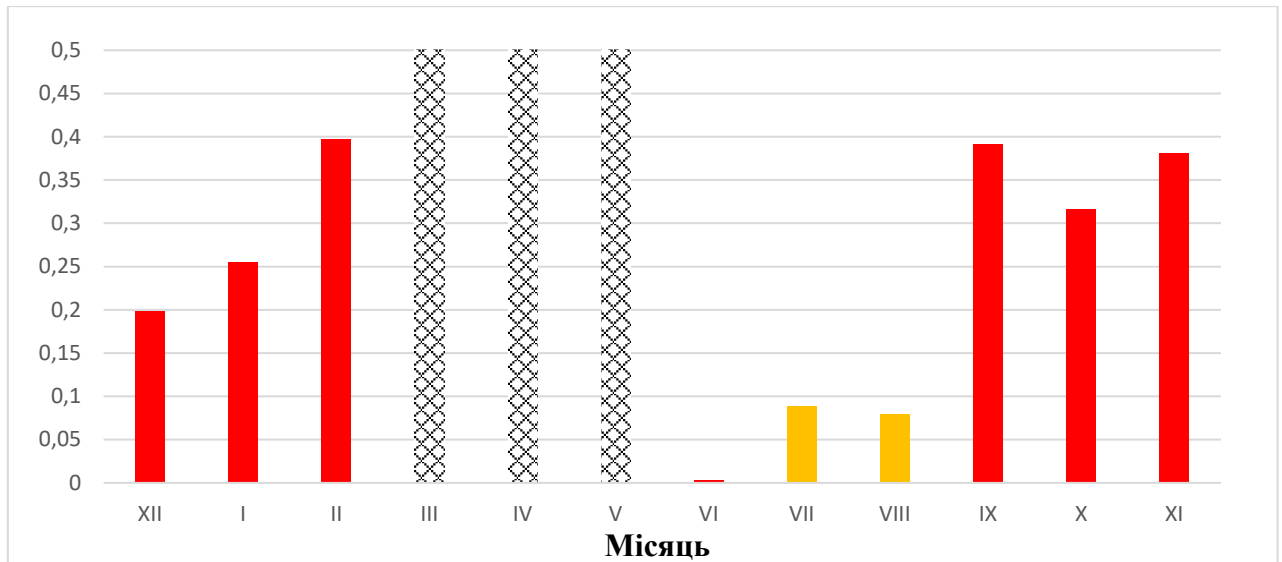


Рисунок 2.15 – Сезонний хід індексу IZI та оцінка стану середовища за показниками зоопланктону.

В цілому найгірші рівні, як і в минулі роки, демонстрували показники частки копепод та різноманіття за індексом Шеннону. Найкращі ж рівні демонстрували показники частки желетілих та біомаси. Це може бути пов'язано з процесом відновлення угруповання після гіперевтрофікації 80-х – 90-х років, коли значною мірою постраждали копеподи та різноманітність в цілому. За сезонами найгірші рівні відмічалися весною та восени. В середньому за п'ятибальною шкалою досліджуваний період можна оцінити у 1,3 бали, що відповідає Поганому екологічному стану. В цілому, акваторія не відповідає критеріям ДЕС за показниками зоопланктону. Однак, міжрічні коливання можуть бути значними при збереженні загальної тенденції. Показники 2021 року відповідали ДЕС. Показники 2020 року були близькі до них. Це дає надію припустити, що в подальші роки ми зможемо побачити продовження загального тренду на покращення екологічного стану.

3 СТАН БЕНТОСНОГО УГРУПОВАННЯ

3.1 Біорізноманіття, кількісні показники та екологічний стан макрозообентосу ПЗЧМ

Проби збирали рамкою 0,01 м² з трьох субстратів – штучний твердий субстрат (хвилеріз), пісок – мул та пісок в акваторії біля Яхт-клубу (09/22 і 10/22) та з мула після замору в акваторії порту Одеса. 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 до 10 м) в 2022 р. зареєстровано 31 таксон донних макробезхребетних (рисунок 3.1). Найбільш вагому роль у формуванні якісного складу макрозообентосу відіграють Annelida – 11 таксонів, Arthropoda – 10 та Mollusca – 7 таксонів. Список зареєстрованих таксонів макрозообентосу наведений у Додатку В.

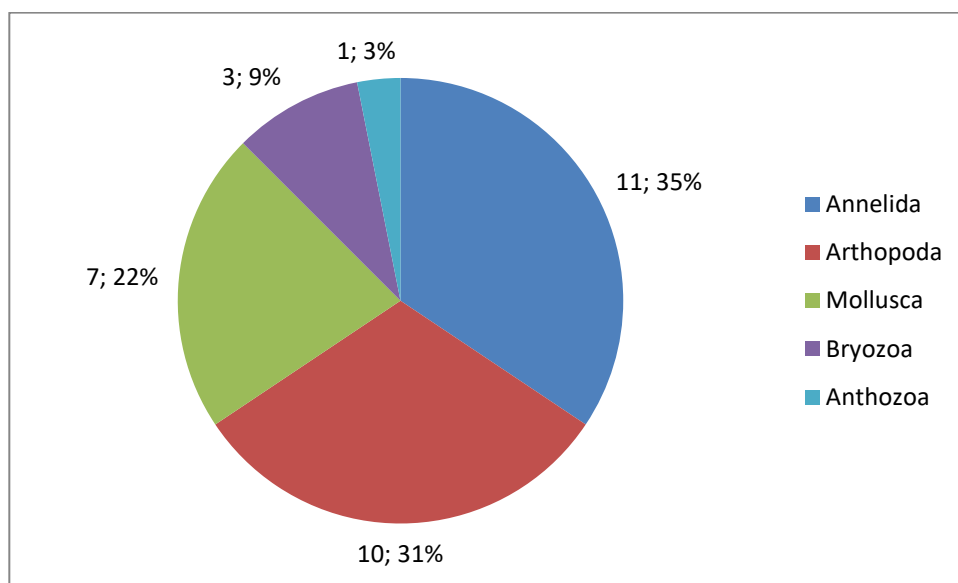


Рисунок 3.1 – Таксономічний склад макрозообентосу прибережних водних масивів у 2022 році.

Максимальну зустрічальність мали такі види: *Capitella capitata* (Fabricius, 1780), *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Mysta picta* (Quatrefages, 1865), *Tubificoides* sp., *Spio filicornis* (Müller, 1776), *Microdeutopus gryllotalpa* Costa, 1853, *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819. Ці ж види найчастіше опинялися у складі домінантів та субдомінантів угруповань. В досліджуваних прибережних водних масивах виявлено 3 основних типа угруповань макрозообентосу (рисунок 3.2). Просторовий розподіл макрозообентосу прибережної смуги неоднорідний і залежить в основному від характеру ґрунту. Максимальна кількість таксонів була знайдена на штучному субстраті – 21, мінімальна на мулі після замору – 4, на інших м'яких ґрунтах – 14 (пісок) та 19 (пісок-мул). Індекс Шеннона варіював від 1.72 до 3.15 біт • екз.⁻¹.

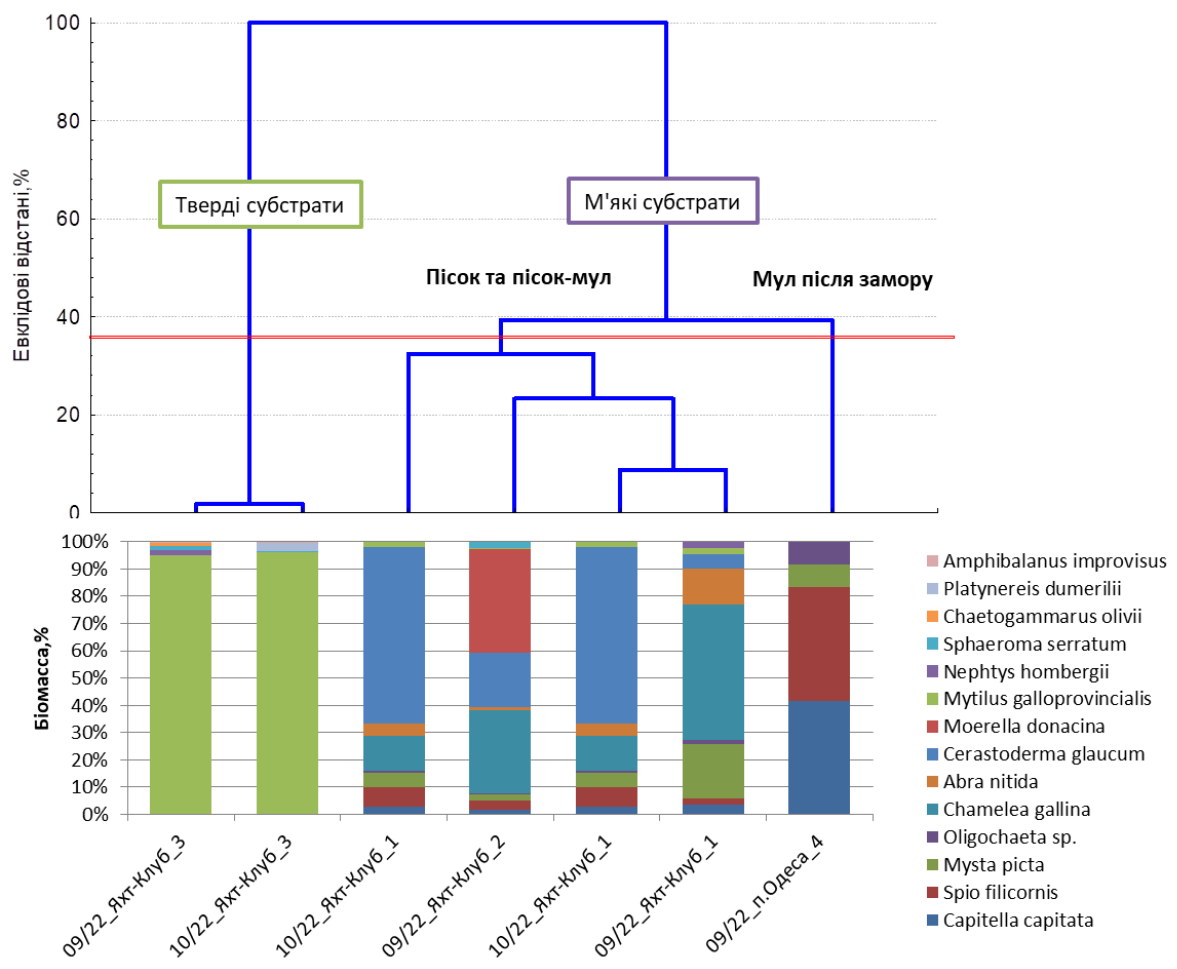


Рисунок 3.2 – Структура угруповань донних безхребетних в акваторії Одеси у 2022 році.

Стан здоров'я навколишнього середовища за показниками макрозообентосу вимірювався за допомогою індексів, встановлених MSFD - AZTI Marine Biotic Index та m-AMBI [45] – [50]. Критерії для оцінки бентосних біоценозів представлені в таблиці 3.1, за екологічними групами в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Критерії оцінки екологічного стану бентосних біоценозів

Стан	ДЕС		Не-ДЕС		
	Високий	Добрий	Помірний	Бідний	Поганий
H' для м'яких ґрунтів	$\geq 3,3$	2,5-3,3	1,8-2,5	1,1-1,8	$< 1,1$
H' для піщаних і змішаних ґрунтів	≥ 4	3,1-4	2,2-3,1	1,3-2,2	$< 1,3$
AMBI	0,2 - 1,2	1,2 - 3,3	3,3 - 4,3	4,3 - 5,5	5,5 - 7,0
M-AMBI	≥ 0.85	0,6-0,85	0,39-0,6	0,2-0,39	$< 0,2$

Таблиця 3.2 – Критерії до розподілу тварин макрозообентосу за екологічними групами

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

Критичні значення показників для Чорного моря були взяті з технічного звіту щодо інтеркалібрації за критеріями водної рамочної директиви в частині 3 [44]. Для розрахунку AMBI і m-AMBI використано безкоштовне програмне забезпечення, доступне на www.azti.es, Шеннона (H') $\log_2$, агрегування – Biodiversity PRO (доступно на <http://www.sams.ac.uk>).

За 2022 рік відзначено 3 основних типи донних угруповань.

Угрупування твердих субстратів *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819.

Угрупування розвивалося на штучному твердому субстраті (хвилеломі).

D 1: До складу макробоентосу входив 21 таксон рангом виду і вище, з них найбільшою різноманітністю відрізнялися Polychaeta – 9, Crustacea – 7, інші групи були представлені менш різноманітно, так на частку Mollusca та Bryozoa приходилося по 2 види. Середня чисельність становила 21053 ± 542 екз. $\cdot \text{м}^{-2}$, а біомаса $677.04 \pm 62,69$ г $\cdot \text{м}^{-2}$, індекс Шеннону варіював від 2,2 до 2,56 біт $\cdot \text{екз.}^{-1}$.

D 4: Домінантою за біомасою в угрупованні були фільтратори *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, на частку яких доводилося від 92-95% біомаси та 50-60% чисельності. Субдомінантами були всеїдні організми та збирачі: у вересні *Chaetogammarus olivii* (H. Milne Edwards, 1830), у жовтні – *Melita palmata* (Montagu, 1804), які давали 12-16% численності, але їх вклад до біомаси не був більш за 2%.

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, що також відповідає індексу AMBI (2,7) та індексу M-AMBI (0,68). Таким чином, екологічний стан угруповання макробоентосу відповідає критеріям Доброго екологічного стану (ДЕС).

Угрупування м'яких субстратів *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789) – *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) – Polychaeta.

D1: Це угруповання було представлено в кількох варіантах з домінуванням різною часткою 8 видів - *Moerella donacina* (Linnaeus, 1758), *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758), *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789), *Spio filicornis* (Müller, 1776), *Tubificoides* sp., *Mysta picta* (Quatrefages, 1865), *Capitella capitata* (Fabricius, 1780), *Abra nitida* (O. F. Müller, 1776).

Середня чисельність складала 12832 ± 2876 екз. $\cdot \text{м}^{-2}$, а біомаса – $68,85 \pm 13,54$ г $\cdot \text{м}^{-2}$, індекс Шеннона 2,52-3,15 біт $\cdot \text{екз.}^{-1}$.

D4: Домінантою за біомасою в угрупованні виявлені фільтратори (*Moerella donacina*, *Cerastoderma glaucum*, *Chamelea gallina*) на частку яких доводилося 60-88 % біомаси, але їх частка у кількості була низька – до 3%. При цьому черви *Capitella capitata*, *Spio filicornis* та *Tubificoides* sp. складали від 62 до 82% чисельності сумарно.

D6: Співвідношення груп видів за відношенням до органічної речовини мало наступний характер: I – 0.9%, II – 4.2%, III – 53.6%, IV – 0%, V – 41.3, індекс AMBI – 4,2, індекс M-AMBI – 0,58. Таким чином, екологічний стан угруповання макробоентосу відповідає критеріям ДЕС.

Угруповання м'яких субстратів після замору *Polychaeta varia*.

D1: Це угруповання було представлено лише 4 видами *Capitella capitata* (Fabricius, 1780), *Spio filicornis* (Müller, 1776), *Mysta picta* (Quatrefages, 1865) та *Tubificoides* sp., з невеликим домінуванням перших двох. Чисельність складала 600 екз. $\cdot \text{м}^{-2}$, а біомаса – 0,40 г $\cdot \text{м}^{-2}$, індекс Шеннону був 1.72 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%, III – 44,4%, IV – 0%, V – 56,5, індекс AMBI – 4,7, індекс M-AMBI – 0,3. Таким чином, екологічний стан угруповання макробоентосу не відповідає критеріям ДЕС (Не ДЕС).

Оцінку екологічного стану різних акваторій за кількісними показниками макробоентосу можна побачити у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Оцінка екологічного стану прибережних екосистем ОМР за показниками макрозообентосу у 2022 році

Станція	09/22_ п.Одеса 4	09/22_ Яхт- Клуб 2	10/22_ Яхт- Клуб 2	09/22_ Яхт- Клуб 1	10/22_ Яхт- Клуб 1	09/22_Яхт- Клуб_3	10/22_Яхт- Клуб_3
Ґрунт	мул після замору	пісок	пісок	пісок – мул	пісок – мул	штучний твердий субстрат	штучний твердий субстрат
I(%)	0.00	1.50	0.80	0.50	0.70	9.60	13.50
II(%)	0.00	0.90	3.20	6.70	6.00	7.10	3.60
III(%)	44.40	62.30	36.20	46.60	69.40	81.80	78.70
IV(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00
V(%)	55.60	35.30	59.80	46.30	23.90	0.30	4.20
АМВІ	4.67	4.00	4.72	4.28	3.61	2.64	2.67
Кількість видів	4.00	14.00	14.00	16.00	12.00	15.00	18.00
Індекс Шеннона	1.72	2.62	2.52	3.11	2.59	2.51	2.16
М-АМВІ	0.32	0.59	0.53	0.65	0.59	0.68	0.68
Класифіка ція порушень	Помірн о поруше ний	Помірн о поруше ний	Помірн о поруше ний	Помірн о поруше ний	Помірн о поруше ний	Трохи порушени й	Трохи порушени й
Стан	Погани й	Помірн ий	Помірн ий	Добрий	Помірн ий	Добрий	Добрий

В цілому, донні угруповання прибережної зони ПЗЧМ є достатньо динамічними у порівнянні з угрупованнями більш глибоководної зони. З одного боку це обумовлено динамікою субстрату прибою, з іншого – антропогенним навантаженням та концентрацією органічних речовин у воді та донних відкладеннях. Значення інтегральних показників якості середовища у 2022 році показали відповідність 43% досліджених зразків критеріям ДЕС, що співставно з 2019 та 2020 роками та вище 2021 р. Слід відмінити, що це співвідношення сильно коливається рік у рік. Так, наприклад, у 2014 воно становило 20%/80%, а 2015 навпаки 88%/13%. Ці показники у тому числі пов'язані з температурним режимом моря та умовами осідання молоді двостулкових молюсків. Таким чином, без охоплення великої сітки станцій та значного часового проміжку на даний момент передчасно говорити про тенденції змін в угрупованні макрозообентосу.

3.2 Біорізноманіття та кількісні показники мейобентосу ПЗЧМ

Мейобентос грає значну роль у харчуванні багатьох видів кишковопорожнинних, ракоподібних, риб та їх молоді [36], крім того він бере участь у трансформації органічної речовини, підвищенні різноманіття та може служити індикатором якості оточуючих водних екосистем [37]. Незважаючи на дрібні розміри представники мейофауни мають достатньо великі показники чисельності та біомаси, також вони характеризуються високим ступенем відтворення, через що підвищують харчову цінність водойм. Мейобентос активно заселяє усі види ґрунтів, але, в залежності від гранулометричного складу, який визначається як розмірами твердих часток, так і щільністю їх прилягання одна до одної, видовий склад мейофауни та її кількісні показники можуть значно змінюватися. Сучасні осади материкової частини Чорного моря дуже різноманітні, особливо це стосується північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ), куди входить і Одеський морський регіон (ОМР). Більшість із представників мейофауни не мають здатності вибирати один будь який субстрат, тому розселяються на різних, але можуть віддавати перевагу якомусь ґрунту, де вони розмножуються більш активно й утворюють значні скупчення. Розрізняють кам'янисті, піщані, мулисті, черепашкові ґрунти та їх сполучення.

У 2022 році для вивчення мейобентосу влітку та восени були відібрані проби з різних типів ґрунтів: пісок, пісок з домішками мулу та черепашкою, мул з домішками піску та черепашкою. Було виявлено 12 великих таксономічних груп, до роду або виду проводилися визначення тільки в групах Foraminifera (2 представники) та Harpacticoida (10 представників) (Додаток Г). Найбільше таксономічне різноманіття відзначалося для піщаних ґрунтів, чистих або з невеликою домішкою мулу та черепашки, на них були присутні майже всі безхребетні, відзначені у цю пору року. Мулистий ґрунт з великою кількістю органічних залишків та легким запахом сірководню був набагато біднішим, як по якісним, так і за кількісними характеристиками. Найбільш

розповсюдженими групами були фораменіфери (Foraminifera), нематоди (Nematoda) та Bivalvia L. – вони зустрічалися у 100% проб. Менш за все визначено Halacarida та Kinorhyncha, у останніх це може бути пов'язано зі складнощами виявлення після фіксації формаліном. Внесок у загальний мейобентос представників евмейобентосу (постійного компонента) та псевдомейобентосу (тимчасовий компонент) відрізнявся на різних ґрунтах. За чисельністю на піщаних ґрунтах домінували представники евмейобентосу, за біомасою на всіх ґрунтах мали перевагу більш великі за розміром псевдомейобентосні безхребетні (рисунк 3.3).

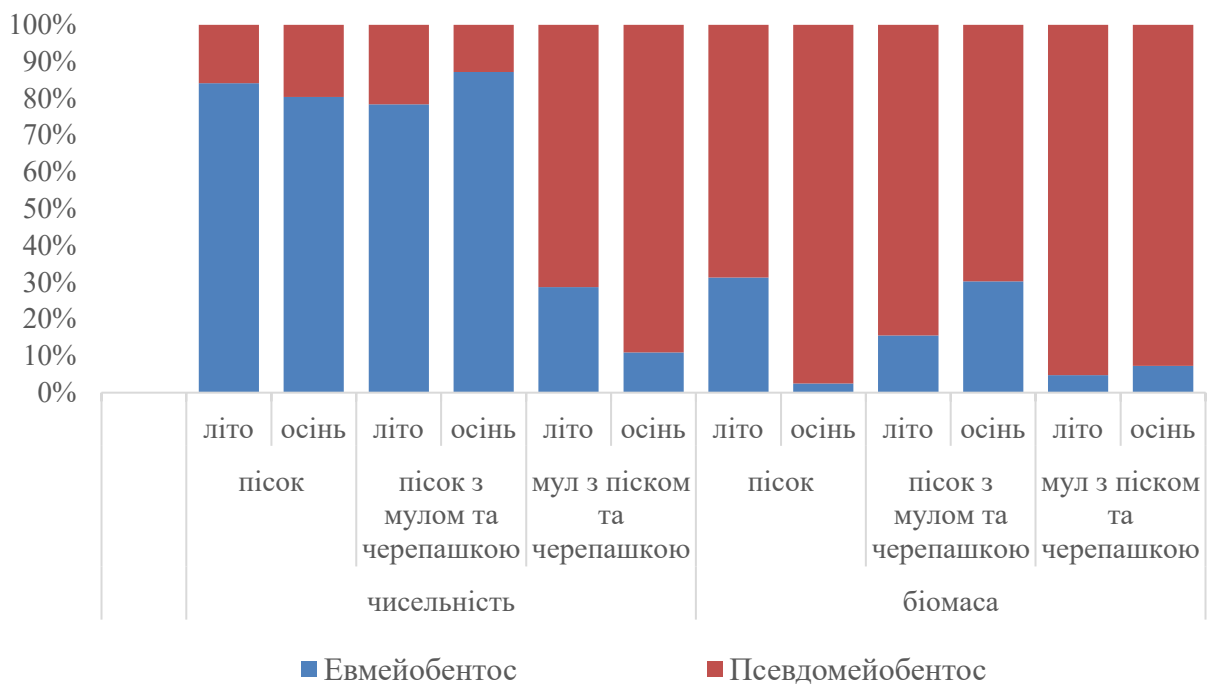


Рисунок 3.3 – Співвідношення евмейобентосу та псевдомейобентосу у загальному мейобентосі по ґрунтах.

Найбільша щільність була відзначенні на піщаних ґрунтах, де вона складала більш 1 млн екз. • м⁻² як влітку, так і восени (таблиця 3.4). Чисельність на піску та на піску з домішками мулу і черепашки формувала група Nematoda, велика кількість черв'яків різних розмірів давала значні відсотки у загальній чисельності – від 1000,0 тис. екз. • м⁻² (45,85%) до 1910,0 тис. • м⁻² (80,5%) влітку та від 1055,0 тис. екз. • м⁻² (77,96%) до 2720,0 тис.екз. • м⁻² (78,63%)

восени. На мулистому ґрунті кількість круглих червів та їх відсоток значно падали і дорівнювали влітку 87,0 тис. екз. • м⁻² (20,28%), восени – 6,7 тис. екз. • м⁻² (1,14%).

Таблиця 3.4 – Розподіл чисельності та біомаси основних груп мейобентосу по ґрунтах у різні сезони 2022 року

Тип ґрунту	Пісок		пісок з домішками мулу та черепашкою		мул з домішками піску та черепашкою	
	літо	осінь	літо	осінь	літо	осінь
Група організмів	Чисельність, тис. екз. • м ⁻²					
Foraminifera	1,9	0,4	704,0	0,8	6,0	33,3
Nematoda	1910,0	1055,0	1000,0	2720,0	87,0	6,7
Harpacticoida	82,9	32,9	3,5	290,0	30,0	0
Ostracoda	0,3	0	1,0	4,0	0	23,7
Kinorhyncha	0	0	2,0	0	0	0
Halacarida	0,2	0	0	0	0	0
<i>Евмейобентос</i>	<i>1995,3</i>	<i>1088,3</i>	<i>1710,5</i>	<i>3014,8</i>	<i>123,0</i>	<i>63,7</i>
L. Turbellaria	19,2	8,6	12,2	3,2	12,0	0
L. Polychaeta	270,0	237,5	15,0	99,0	60,0	0
L. Oligochaeta	5,8	13,8	24,0	4,0	3,0	0
L. Bivalvia	80,0	4,5	418,0	337,5	231,0	490,0
L. Gastropoda	1,9	0,2	0,3	0,3	0	30,0
L. Amphipoda	0,5	0,3	1,0	0,6	0	0
<i>Псевдомейобентос</i>	<i>377,4</i>	<i>264,9</i>	<i>470,5</i>	<i>444,6</i>	<i>306,0</i>	<i>520,0</i>
загалом	2372,7	1353,2	2181,0	3459,4	429,0	583,7
N/C індекс	23,05	32,07	285,71	9,38	2,9	-
Група організмів	Біомаса, мг • м ⁻²					
Foraminifera	0,8	2,8	4224,0	2,4	5,4	100,0
Nematoda	573,0	316,5	1000,0	1088,0	52,2	2,0
Harpacticoida	2485,7	493,5	77,0	1508,0	450,0	0
Ostracoda	2,0	0	9,0	36,0	0	83,0
Kinorhyncha	0	0	14,0	0	0	0
Halacarida	3,8	0	0	0	0	0
<i>Евмейобентос</i>	<i>3065,3</i>	<i>812,8</i>	<i>5324,0</i>	<i>2634,4</i>	<i>507,6</i>	<i>185,0</i>
L. Turbellaria	38,4	17,2	24,4	6,4	48,0	0
L. Polychaeta	4590,0	3562,5	135,0	891,0	4800,0	0
L. Oligochaeta	1856,0	27600,0	24000,0	3600,0	2700,0	0
L. Bivalvia	200,0	20,3	45980,0	1518,8	2541,0	2205,0
L. Gastropoda	8,6	0,9	1,4	1,4	0	135,0
L. Amphipoda	35,0	21,0	70,0	42,0	0	0
<i>Псевдомейобентос</i>	<i>6728,0</i>	<i>31221,9</i>	<i>28828,8</i>	<i>6059,6</i>	<i>10089,0</i>	<i>2340,0</i>
загалом	9793,3	32034,7	34152,8	8694,0	10596,6	2525,0

Проте, внаслідок переважно дрібних розмірів, нематоди не мали високих відсотків у загальній біомасі. Личинки Polychaeta, остракоди (Ostracoda), гарпактикоїди (Copepoda: Harpacticoida), фораменіфери (Foraminifera) мали випадки невеликого підвищення чисельності в окремих пробах. Інші групи (Kinorhyncha, Halacarida, Turbellaria, Oligochaeta L., Gastropoda L., Amphipoda L.) давали дуже незначний внесок у сумарну чисельність мейобентосу як влітку, так і восени (рисунк 3.4).

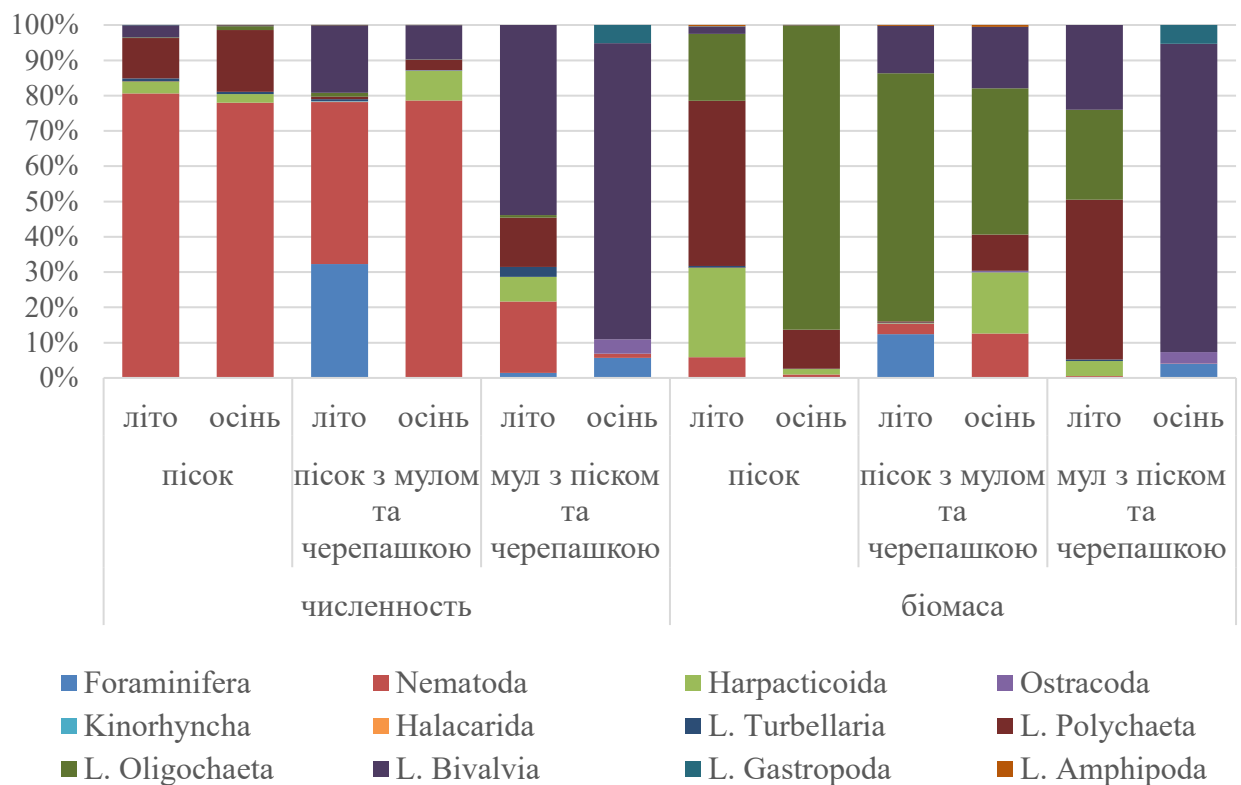


Рисунок 3.4 – Відсоток основних груп мейобентосу у загальній чисельності та біомасі по сезонах та ґрунтах.

Представники евмейобентосу зазвичай мають дрібні розміри, тому навіть при значній щільності поступаються по вазі більш важким представникам псевдомейобентосу, до складу якого переважно входять певні стадії личинок макрозообентосу. Біомасу на всіх ґрунтах формували личинки поліхет, олігохет та двостулкових молюсків. Їх сумарний відсоток складав від 67,86% до 97,34% від загальної біомаси в залежності від типу ґрунту та сезону

(рисунок 3.4). Максимальна біомаса влітку була відмічена на піску з домішками мулу та черепашки – $34152,8 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$, мінімальна була восени на мулі з домішками піску та черепашки – $2525,0 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$.

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 нематод та гарпактікоїд, яке змінюється при антропогенному навантаженні. При посиленні негативного впливу на екосистему відсоток *Nematoda* зростає, а відсоток *Haracticoida* знижується. Індекс співвідношення чисельності нематод до чисельності гарпактікоїд (N/C) був запропонований Д.Рафаеллі та С.Мейсоном [38]. Багаторічний аналіз даних отриманих в ОМР підтверджує зниження щільності поселень бентосних копепод при погіршенні зокрема кисневого режиму [36], [39]. У 2022 році нематодно-гарпактікоїдний індекс для всіх видів ґрунту був високий та коливався від 2,9 до 285,71 (таблиця 3.4), що свідчить про поганий стан району дослідження та високе антропогене навантаження на акваторію.

3.3 Біорізноманіття, кількісні показники та екологічний стан макрофітобентосу ПЗЧМ

Відомо, що водорості-макрофіти відіграють вирішальну роль в структурі водних біоценозів, кругообігу речовин та енергії водойм, виконуючи роль первинної ланки ланцюга живлення. Не менш важливим є те, що більшість видів водоростей-макрофітів у своєму життєвому циклі ведуть прикріплений спосіб життя і тому досить чутливо реагують на зміни в

навколишньому середовищі. Саме тому, у біомоніторингу прибережжя морських акваторій використовують водорості-макрофіти.

Дослідження донної рослинності проводили згідно Керівництва, розробленого для проекту ЕМБЛАС [51]

Розмір облікової рамки – 0,01 м², повторність – 3-5-ти кратна. Проективне покриття визначали візуально. Водорості-макрофіти і вищі водні рослини ідентифікували за визначниками [52] – [53].

Таксономічна структура флори і видові назви водоростей представлені у звіті у відповідності за загальноприйнятою у світовій практиці системою класифікації [54]. Еколого-біологічна характеристика видів водоростей наведена за літературними джерелами [55].

Для оцінки екологічного стану морських акваторій найчастіше використовують шкалу чутливості макрофітів до органічного забруднення, запропоновану ще Н. В. Морозовою-Водяницькою [56]. Пізніше вона була розширена і доповнена О. А. Калугіною-Гутнік [55], [57]. Відповідно до цієї шкали за чутливістю до забруднення водорості-макрофіти поділені на 3 групи: оліго-, мезо- і полісапроби. Зазначається, що найбільш чутливими до забруднення водного середовища є бурі водорості, середнє положення займають червоні, а до найбільш толерантних віднесено більшість видів зелених водоростей [55].

Усього за період спостережень відзначено 23 види макрофітобентосу (Додаток Г), що належать до трьох відділів: Chlorophyta, Rhodophyta та Tracheophyta. У відсотковому співвідношенні зелених та червоних видів по 43,5% (10 видів), квіткових рослин 13% (3 види). Таке незначне біорізноманіття пояснюється перш за все літньо-осіннім відбором проб і, як наслідок, відсутністю сезонно-зимових видів (рисунок 3.5).

На акваторії у процентному відношенні переважали зелені водорості із родів *Cladophora* Kütz. та *Ulva* L., червоні з роду *Ceramium* Roth., квіткові з роду *Zostera* L.

Середня біомаса макрофітів на різних станціях варіювала в межах від декількох г • м² до 2079.4 г • м². У формуванні біомаси у вересні основний внесок належав зеленій *Cladophora vagabunda* та представнику морських трав *Stuckenia pectinata*, в жовтні зеленим водоростям з родів *Ulva*, *Cladophora* та червоним водоростям з родів *Ceramium*, *Polysiphonia*, *Callithamnion*.

За фітогеографічним складом досліджувані види макрофітів в основному представлені широкобореальними (10 видів), бореально-тропічними (5 видів) елементами та космополітами (4 види). Частка інших географічних груп тут мінімальна (рисунок 3.5).

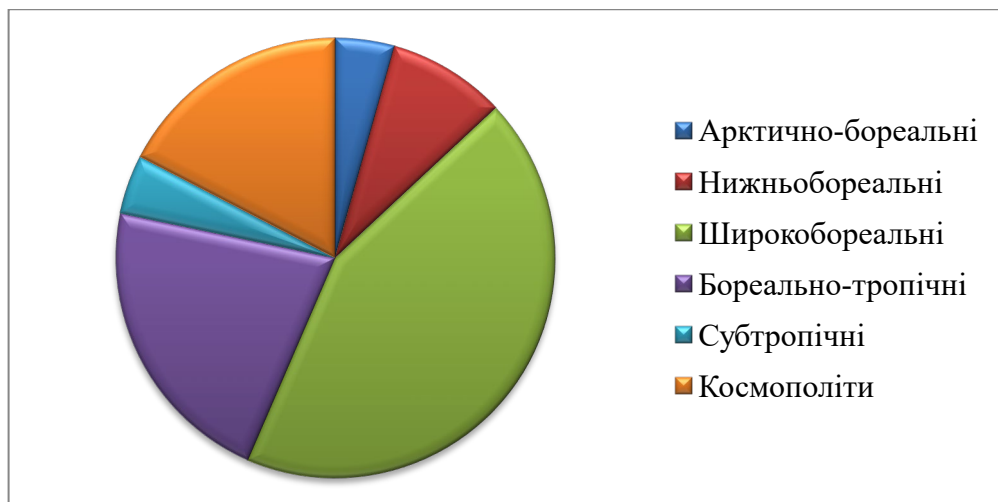


Рисунок 3.5 – Фітогеографічний склад макрофітів.

За частотою трапляння у досліджуваному районі переважають види провідних водоростей – 13 видів (56,6%), меншими і рівними долями представлені рідкісні і супутні – по 5 видів (по 21,7%), водорості (рисунок 3.6).

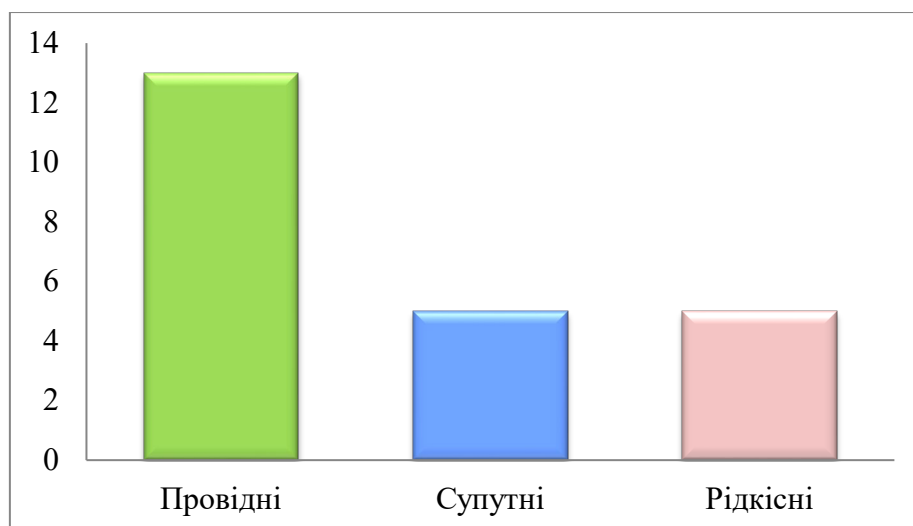


Рисунок 3.6 – Частота трапляння видів макрофітів.

Як видно з рисунку 3.7, за тривалістю вегетації у фітобентосі зареєстровано абсолютне домінування однорічників – 16 видів (69,6%). На другому місці тут знаходяться багаторічні види, представлені морськими травами (3 види – 13%), рівнозначна кількість сезонних видів по 2 представника (8,7%).

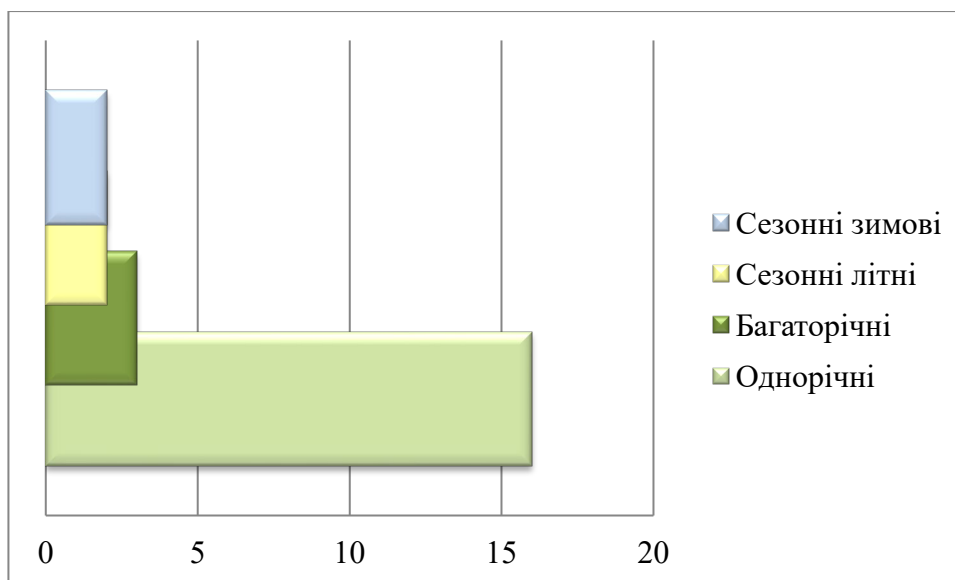


Рисунок 3.7 – Розподіл макрофітів за тривалістю вегетації.

Сапробіонтний склад макрофітів акваторії представлено на рисунку 3.8. Тут переважають мезосапроби – 43,5% (10 видів), оліосапробних видів незначно менше 34,8% (8 видів) і поліосапробів 21,7% (5 видів). Переважання у складі водоростей мезосапробного угруповання свідчить про середній рівень забрудненості досліджуваної акваторії.

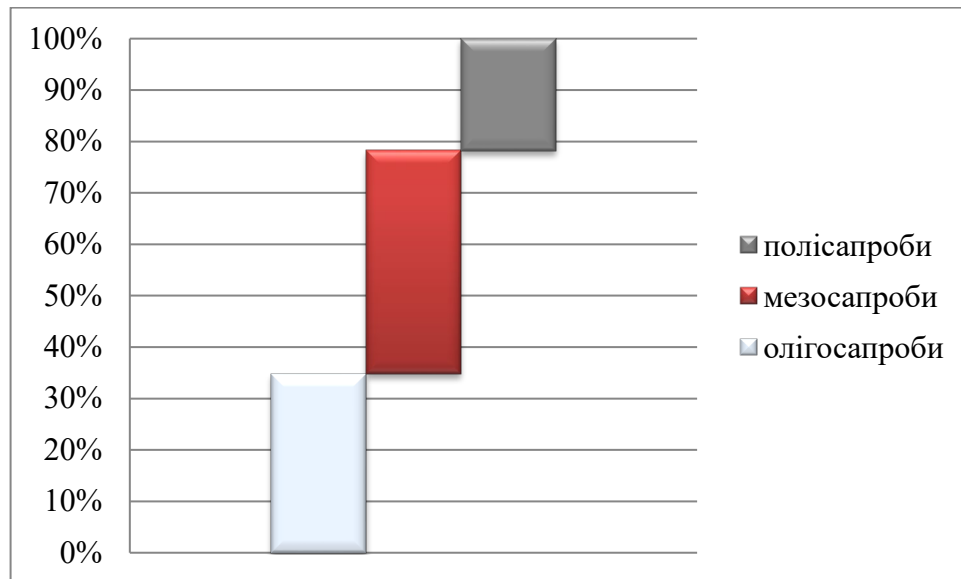


Рисунок 3.8 – Сапробіонтний склад макрофітобентосу.

Проведено аналіз біорізноманіття макрофітобентосу на природних субстратах (вапняк, черепашник) та субстратах антропогенного походження (бетонні траверси, гранітна насипка) (Додаток Г).

Для більшої частини прибережної зони Одеської затоки характерні піщані і мулистопіщані ґрунти, які не є придатним субстратом для прикріплення і розвитку водоростей. Тому макроводорості оселяються на будь-яких твердих субстратах, що їм підходять, в основному антропогенного походження: набережних, причалах, яхт-клубах, берегозахисних спорудах тощо.

Фітообрастання приурочені до антропогенних субстратів носять назву фітоперифітон. Виділення цього екологічного угруповання водоростей обґрунтовують тим, що організми (водорості і тварини) які входять до його

складу, живуть на субстраті, що омивається водою. Вони дещо віддалені від дна і, отже, знаходяться в умовах іншого світлового та температурного режимів, в інших умовах надходження біогенних речовин, джерелом яких служать донні відкладення. Фітообрастання – це природний процес, що становить невід'ємну частину життя гідросфери. Самостійних видів, що живуть виключно на антропогенних субстратах, не існує – це ті ж види з бентосу природних твердих ґрунтів, що пристосувалися до специфічних умов життя на штучному субстраті. Угруповання обростання являє собою спрощену модель бентосних угруповань, оскільки вони містять на порядок (а іноді – на 2 порядки) менше число видів. Але, часто, при внесенні багатотонних гідротехнічних конструкцій в прибережні зони тут зростає біорізноманіття, збільшується площа, яку можуть освоювати гідробіоти і яка іноді у багато разів перевищує наявну до цього в даній водоймі. Крім того, ці споруди, найчастіше сприяють збереженню та відновленню морських ресурсів [58].

Щодо якихось переваг субстратам, найбільше розповсюдження мав червоний *Ceramium siliculosum* var. *elegans*, він зростав на усіх субстратах. Майже у 90% проб були присутні такі зелені водорості як *Cladophora vagabunda* та *Ulva lactuca*. У вересні найбільше біорізноманіття зазначено у бентосі – 12 видів, у жовтні у бентосі та фітоперифітоні на пластиковому субстраті та капроновому канаті: 12, 12 та 11 видів, відповідно.

Було проведено оцінку Екологічного Статусу Класу (ЕСК) досліджуваної акваторії за 3-ма морфофункціональними показниками макрофітобентосу: питома поверхня трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$, $m^2\ kg^{-1}$, питома поверхня угруповання $(S/W)_x$, $m^2\ kg^{-1}$, індекс поверхні фітоценозу $(SI_{ph}$, од.). Для цього було використано схему класифікації прибережних і шельфових оселищ Чорного моря з солоністю 12-17‰ [59] – [60]. 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 3.5.

У таблиці 3.6 наведено інтегральний результат оцінки екологічного статусу району моніторингу за трьома пропонованими морфофункціональними показниками відповідно до типу субстрату.

Таблиця 3.5 – 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
Середній	$31 \leq (S/W)_{3Dp} \leq 45$	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 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 3.6 – Інтегральний показник оцінки ЕСК за показниками макрофітів

Тип субстрату	Індекс екологічної активності трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$, $m^2 \cdot kg^{-1}$		Індекс середньої питомої поверхні структурних елементів макрофітів $(S/W)_x$, $m^2 \cdot kg^{-1}$		Індекс поверхні фітоценозу (SI_{ph}) , один.	
	вересень	жовтень	вересень	жовтень	вересень	жовтень
Бетон	32.26±1.48	36.51±1.89	46.02±1.82	36.43±1.7	4.0605	29.17
Капроновий канат	87.74±2.85	89.82±2.75	65.87±2.21	60.54±2.13	37.19	62.00
Пісок (квіткові)	29.51±1.86	22.97±1.65	30.22±1.67	22.97±1.65	10.31	45.15
Пластик		75.86±2.32		59.33±2.15		22.25
Тверді фрагменти на піску (водорості)		80.52±2.28		59.57±2.04		24.7

На бетонному субстраті перифітон дає невеликі біомаси та незначне проективне покриття - близько 60 %. До жовтня біомаси значно збільшилися, що спричинило збільшення Індексу поверхні фітоценозу (SI_{ph}). Крім того, домінуючі види мають невеликі Індекси питомої поверхні (S/W_x , $m^2 \cdot kg^{-1}$). Стан акваторії за показниками перифітону на бетоні – між «Добрим» і «Відмінним».

На капроновому канаті, у товщі води, в умовах достатнього освітлення та надходження біогенів розвиваються види з високим індексом питомої поверхні, що обумовлює високі показники Індексу екологічної активності трьох домінантів (S/W_{3Dp} , $m^2 \cdot kg^{-1}$), за рахунок розвитку *Callithamnion corymbosum*. В жовтні значно збільшились біомаси домінуючих видів макрофітів, що пояснює збільшення показника SI_{ph} . За показниками перифітону на канаті стан акваторії – між «Поганим» і «Середнім».

Квіткові рослини акваторії *Zostera noltei* та *Stuckenia pectinata* домінуючі види на піщаному субстраті, є чутливими видами, тобто мають $S/W_x < 25 m^2 \cdot kg^{-1}$, що дає можливість визначити стан акваторії між «Добрим» і «Відмінним».

У жовтні на пластиковому субстраті і твердих фрагментах на піску за рахунок розвитку дрібного розгалуженого *Callithamnion corymbosum* (S/W_p якого становить 165 ± 4.21) Індекс екологічної активності трьох домінантів дуже високий. А невеликі біомаси нівелюють SI_{ph} . Стан акваторії за морфофункціональними показниками макрофітобентосу на цих субстратах між «Середнім» і «Добрим».

Таким чином, стан акваторії можливо оцінити ближче к «Середньому».

Для оцінки екологічного стану акваторій за двома категоріями стану ДЕС – Не ДЕС 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 $S/W_p = 5-25 m^2 kg^{-1}$) [61]. Порогові значення індикаторів наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Порогові значення морфофункціональних індикаторів макрофітобентосу для С3

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

Досліджуваний район відноситься до водного тіла CW5, субрегіону Прибережні води Дунайсько-Дніпровського межиріччя (С3), згідно трьох типів морфофункціональних індикаторів макрофітів, має наступні порогові значення (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 – Оцінка екологічного стану акваторії за категоріями ДЕС – Не ДЕС за показниками макрофітів

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 $(S_{sp}), \%$	
	вересень	жовтень	вересень	жовтень	вересень	жовтень
Бетон	32.26±1.48	36.51±1.89	46.02±1.82	36.43±1.7	0	0
Капроновий канат	87.74±2.85	89.82±2.75	65.87±2.21	60.54±2.13	0	0
Пісок (квіткові)	29.51±1.86	22.97±1.65	30.22±1.67	22.97±1.65	4.35	4.35
Пластик		75.86±2.32		59.33±2.15	0	0
Тверді фрагменти на піску (водорості)		80.52±2.28		59.57±2.04	0	0

Як найбільш універсальний і простий у використанні на практиці, слід рекомендувати індикатор «чутливі види» $S_{sp}, \%$. На даній ділянці чутливими видами є тільки багаторічні квіткові рослини, відповідно їхній відсоток дуже низький.

За морфофункціональними показниками макрофітів, стан даної акваторії можна віднести до Не ДЕС.

В цілому, досліджувана акваторія знаходиться в пригніченому стані. Спостерігається низька різноманітність. За кількістю видів переважають мезосапроби, що свідчить про помірну забрудненість акваторії. За

морфофункціональними показниками мікрофітобентосу акваторія відповідає «Середньому» екологічному стану, що не відповідає критеріям ДЕС. Однак в попередні роки моніторинг проводився на інших точках і ця частина акваторії не досліджувалася, тому коректне порівняння даних цього року з минулими для мікрофітобентосу неможливе. І для висновків стосовно тенденцій розвитку необхідно продовжити спостереження акваторії на наступні роки.

3.4 Біорізноманіття, кількісні показники та екологічний стан мікрофітобентосу ПЗЧМ

Впродовж 2022 року в мікрофітобентосі твердих (бетон, пластик) та пухких (пісок, мул) субстратів досліджених прибережних акваторій ПЗЧМ було ідентифіковано 174 види водоростей (Додаток Д). Серед них переважали діатомеї – 124 видів, або 71,3% від загальної кількості знайдених (рисунок 3.9).

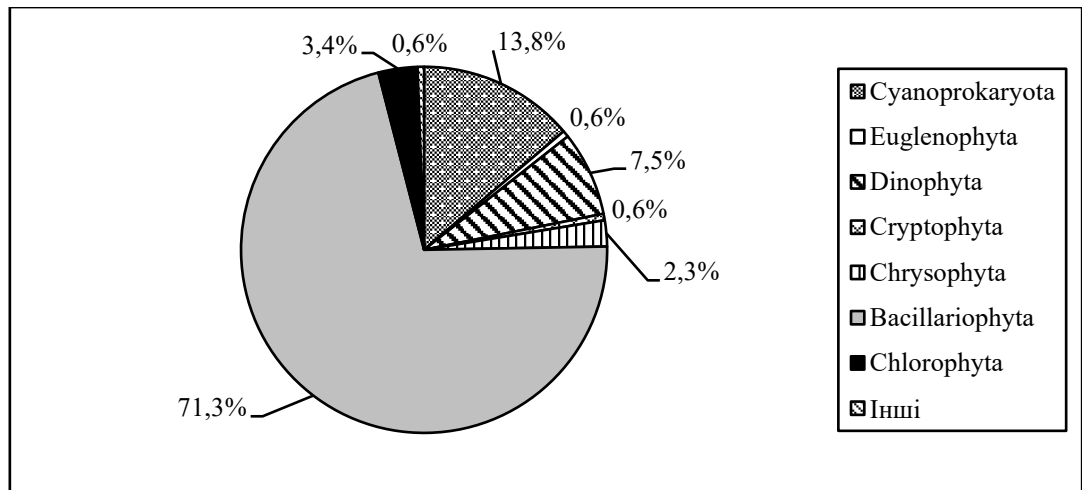


Рисунок 3.9 – Таксономічний склад мікрофітобентосу прибережжя ПЗЧМ у 2022 році.

Це, здебільшого, полі- та мезогалобні і β -мезосапробні представники родів *Nitzschia*, *Navicula*, *Amphora* і *Halamphora*. Дещо менше було предстаників родів *Diploneis* і *Cocconeis*. Ціанопрокаріот було 24 види (13,8%), найширше були представлені роди *Merismopedia* (масово розвивалися на піщаних ґрунтах) та *Phormidium*. Менше було дінофітових (7,5%) та зелених (3,4%) водоростей. Зелені водорості, зокрема *Monoraphidium arcuatum* і *Desmodesmus communis*, частіше зустрічалися в акваторії Одеського порту, ймовірно, в зоні впливу баластних вод. Поодинокі траплялися евгленова водорість *Eutreptia lanovii*, криптофітова *Hillea fusiformis* та джгутикова *Flagellata sp.* (по 0,6%).

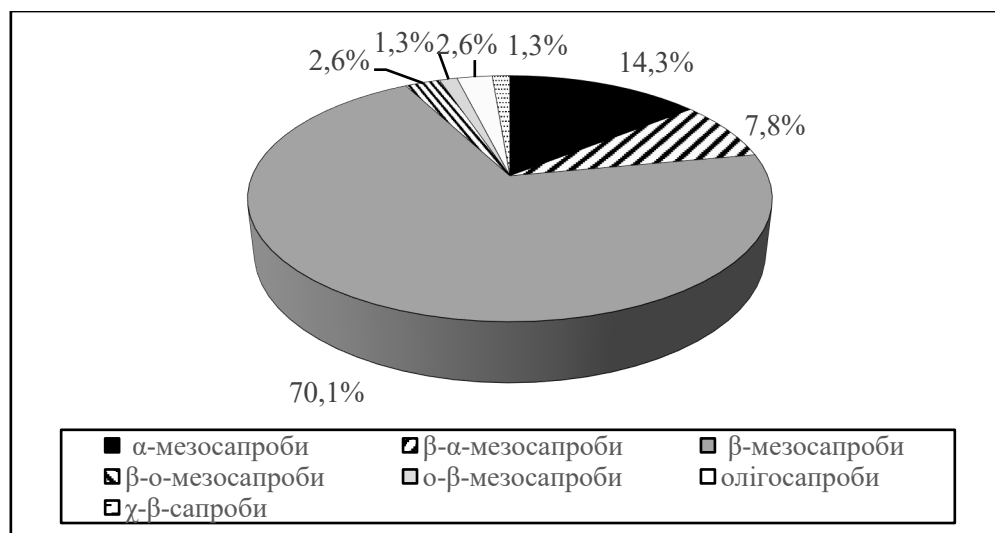
Траплялися потенційно токсичні ціанопрокаріоти *Dolichospermum flosaquae*, *Microcystis aeruginosa* та *Microcystis sp.*, дінофітові *Lingulodinium polyedra*, *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, *Scrippsiella acuminata*, золотиста *Octactis speculum*, діатомеї *Halamphora coffeaeformis* і види роду *Pseudonitzschia* та зелені *D. communis* і *Tetradismus obliquus*.

Найчастіше зустрічалися ціанопрокаріоти *Leptolyngbya fragilis*, *Lyngbya confervoides*, *Merismopedia glauca*, *Microcystis sp.*, криптофітова водорість *Hillea fusiformis*, золотиста *Emiliania huxleyi*, діатомеї *Amphora proschkiniana*, *A. proteus*, *Ceratoneis closterium*, *Cocconeis costata*, *Coscinodiscus radiatus*,

Halamphora coffeaeformis, *H. cymbifera*, *Navicula cryptocephala*, *N. pennata*, *N. ramosissima*. Майже повсюдно були знайдені і види роду *Diatoma*.

У мікрофітобентосі прибережжя ПЗЧМ в 2022 році домінували полі- та мезогалобні і β -мезосапробні діатомеї. Олігогалоби (галофіли та індиференти, зокрема зелені водорості) були ширше представлені в Одеському порту.

Кількість видів-сапробіонтів, тобто показників органічного забруднення води, у 2022 році дорівнювала 77. Найбільше було β -мезосапробів – 54 види, або 70,1% від загальної кількості знайдених індикаторних видів (рисуюнок 3.10).



Рисуюнок 3.10 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу прибережжя ПЗЧМ у 2022 році.

Це, здебільшого, були діатомеї: *Amphora proteus*, *Stauroneis simulans* і *Tabularia gaillonii*, види роду *Diatoma*. Менше було α -мезосапробів – 11 видів (14,3%), переважали ціанопрокаріоти *Phormidium limosum* і *Ph. chalybeum* та діатомеї *Cyclotella choctawhatcheeana* і *N. cryptocephala*. До β - α -мезосапробів належали ціанопрокаріоти *Merismopedia glauca*, *M. tenuissima* та діатомові *Anomoeoneis sphaerophora* і *Cyclotella meneghiniana*. Індикаторами слабого органічного забруднення були χ - β -мезосапробна дінофлагеллята *Gymnodinium lacustre*, олігосапробні ціанопрокаріоти *Chroococcus minutus* і *Ch. turgidus*, о-

β -мезосапробна діатомея *Synedra pulchella*; β -о-мезосапробні *L. fragilis* і *Merismopedia elegans*. Сапробіонтів було більше в антропогенно-навантаженій акваторії Одеського порту.

Кількість видів мікроводоростей на твердих субстратах варіювала від 54 до 81, а на пухких – від 82 до 99 (рисунок 3.11).

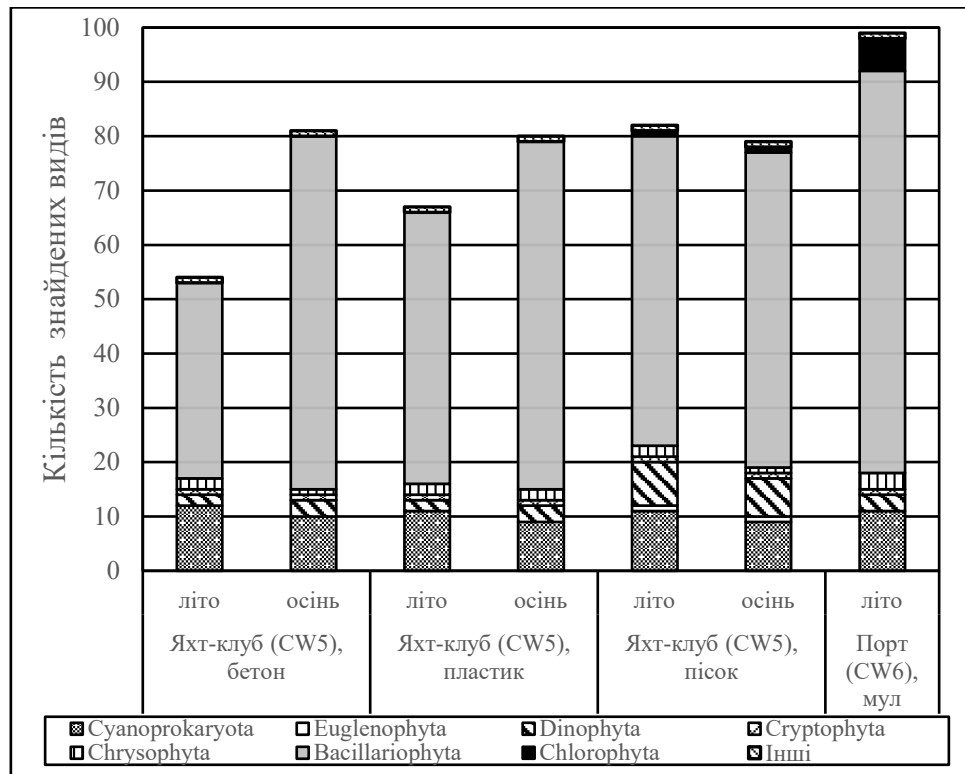


Рисунок 3.11 – Кількість видів мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ у 2022 році.

Найнижчі систематичні показники розвитку мікрофітів відмічені у вересні в яхт-клубі на бетоні, а найвищі – в акваторії Одеського порту на мулі, також у вересні. Повсюдно їх формували, головним чином, діатомові водорості (66,7% - 80,2% від загальної кількості знайдених видів). Значно менше було ціанопрокаріот (11,1% - 22,2%). Впродовж сезону вміст видів діатомей в яхт-клубі на пластику та на бетоні зріс в 1,3-1,8 рази відповідно, тоді як на піску він істотно не змінився. Кількість видів діатомей в Одеському порту була майже в 1,3 рази вищою, ніж в яхт-клубі. Дінофітових водоростей

було найбільше на піску в яхт-клубі у вересні (9,8%), зелених – в Одеському порту (6,1%), що зазнає впливу баластних вод.

Загальна чисельність мікрофітів прибережжя ПЗЧМ коливалася від 963,34 млн. кл. $\cdot$ м⁻² до 17 394,33 млн. кл. $\cdot$ м⁻² (рисунок 3.12).

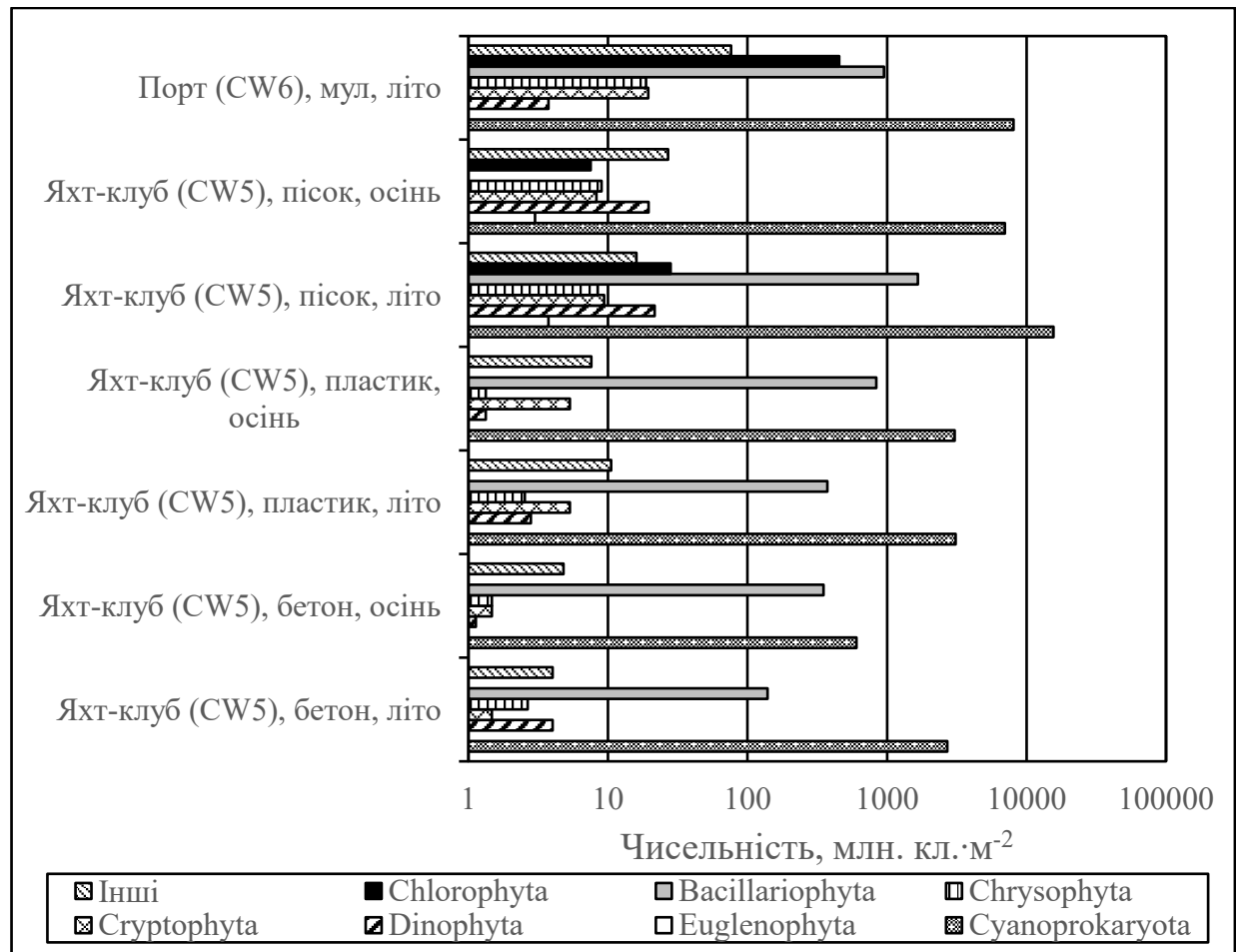


Рисунок 3.12 – Чисельність (млн. кл. $\cdot$ м⁻²) мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ у 2022 році.

Як і у попередні роки, її створювали, в основному, дрібноклітинні ціанофіти (62,7% – 94,7%). Серед них домінували *L. fragilis*, *L. confervoides*, види роду *Phormidium* (на бетоні й пластику) та *Merismopedia* (на піску). Діатомей було 4,9% – 36,3%. Найчисленнішими з них на твердих субстратах були *A. proteus*, *Carinasigma rectum*, *Cocconeis costata*, *T. gaillonii*. На пухких субстратах переважали представники родів *Navicula*, *Halamphora*, *Planothidium* і *Diploneis*.

Бентосні мікрофіти були найчисленнішими в яхт-клубі на піску влітку внаслідок інтенсивного розвитку ціанопрокаріот роду *Merismopedia* і дрібноклітинних діатомей *N. ramosissima* і *C. closterium*. Чисельність діатомей на бетоні та пластику у період досліджень зростала в 2,2-2,5 рази.

Біомаса мікрофітобентосу варіювала від 1166,76 мг • м⁻² до 15666,15 мг • м⁻² (рисунок 3.13).

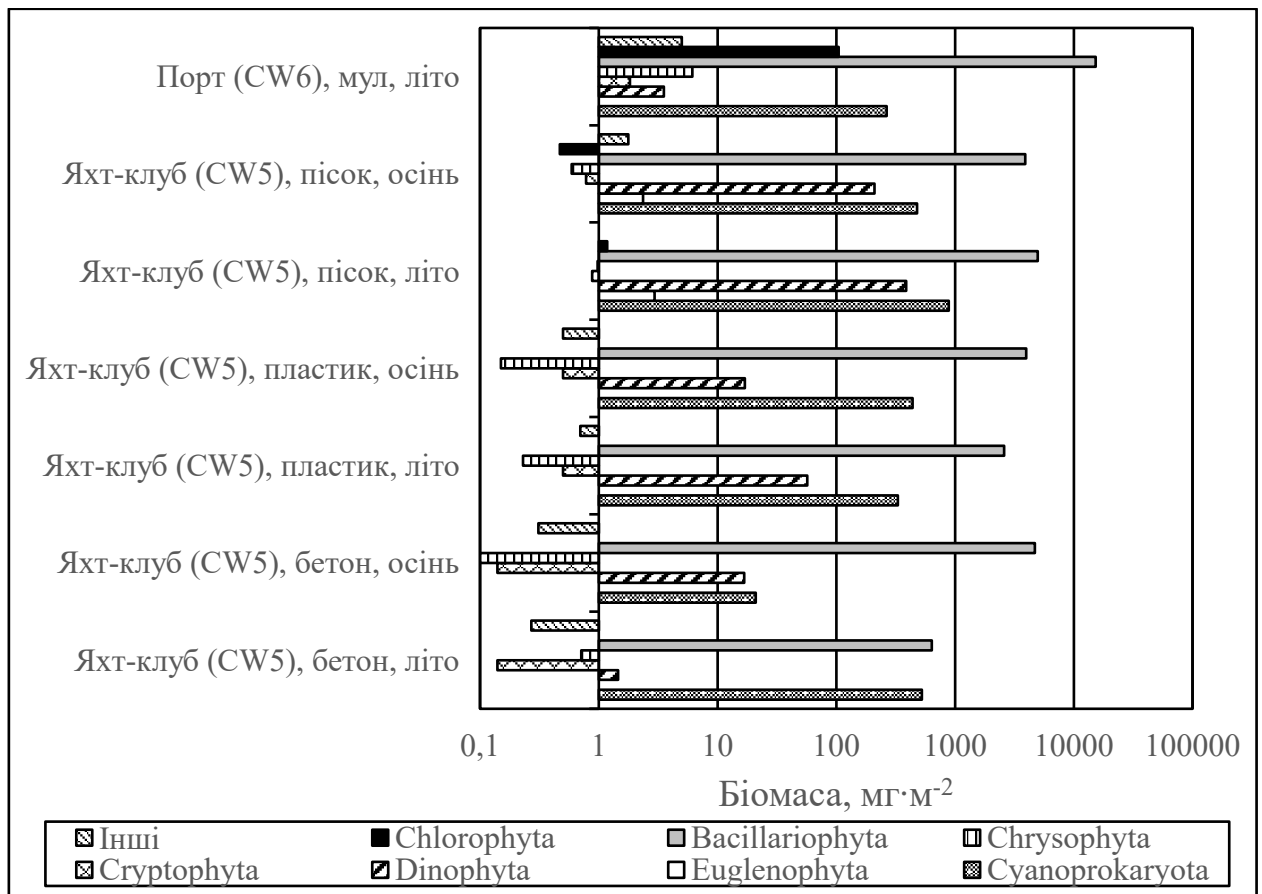


Рисунок 3.13 – Біомаса (мг • м⁻²) мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ у 2022 році.

Її формували крупноклітинні діатомеї, здебільшого, *T. gaillonii*, *C. rectum*, а також β -мезосапробна *Amphora proteus*. Вміст діатомей в яхт-клубі на бетоні коливався від 54,7% (влітку) до 99,2% (восени). Значним він був і в Одеському порту – 97,5%. Ціанопрокаріот було найбільше на бетоні влітку – 45,1% від загальної біомаси мікрофітобентосу.

Впродовж літньо-осіннього сезону спостерігалось зростання біомаси діатомей в яхт-клубі на бетоні в 7,3, на пластику – в 1,5 рази. На піску вона суттєво не змінилась. Загальна біомаса мікрофітів влітку в акваторії Одеського порту на мулі була в 2,5 рази вищою порівняно з такою в яхт-клубі на піску, здебільшого, за рахунок діатомових та зелених водоростей.

Найвищі показники видового складу та біомаси мікрофітобентосу були зареєстровані на мулистому ґрунті в антропогенізованій акваторії Одеського порту. Значний внесок у їх формування належав бентосним діатомеям *Gyrosigma prolongatum* і осілим на дно планктонним водоростям, зокрема діатомовій *Pseudosolenia calcar-avis* та зеленій *Monoraphidium arcuatum*. Досить численними тут були й α -мезосапроби *C. choctawhatcheeana* та *N. cryptocephala*.

Таким чином, впродовж літньо-осіннього періоду 2022 року видовий склад мікрофітобентосу різних субстратів досліджених водних масивів ПЗЧМ формували, здебільшого, полі- та мезогалобні і β -мезосапробні діатомеї. Рідше зустрічалися ціанопрокаріоти, зелені та дінофітові водорості. Чисельність мікрофітів формували, в основному, дрібноклітинні синьо-зелені водорості, біомасу – крупноклітинні діатомові, переважно полі- та мезогалоби і β -мезосапроби. Наймасовішими були *Amphora proteus*, *Stauroneis simulans* і *Tabularia gaillonii* і види роду *Diatoma*. Серед α -мезосапробів інтенсивніше розвивалися ціанопрокаріоти *Phormidium limosum* і *Ph. chalybeum* та діатомеї *Cyclotella choctawhatcheeana* і *N. cryptocephala*. Види-сапробіонти були найширше представлені на найбільш антропогенно навантаженій ділянці моря – акваторії Одеського порту. В цілому, акваторія демонструвала помірне забруднення, на що вказує домінування β -мезосапробів. Гарним показником є переважання діатомових та низькі показники чисельності ціанобактерій. Однак, цього року були відсутні спостереження навесні, коли зазвичай відбувається основний розвиток ціанофітів.

4 ОЦІНКА СТАНУ ПЕЛАГІАЛІ ТА БЕНТАЛІ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ НА МАКРОВОДОРОСТЯХ

Насамперед серед екологічних областей Світового океану розрізняють товщу води – пелагіаль, і дно океану – бенталь, заселену бентосом, тобто організмами, що живуть на ґрунті або в його товщі [62].

До фітобентосу відносяться види рослин, що ростуть на дні; почасти сюди можна віднести водорості, що епіфітують на інших водоростях та інших водяних рослинах, а також фітоперифітон, тобто водорості, якими обростають різні підводні споруди, підводні частини суден, тощо. Фітобентос морів і океанів складається головним чином з бурих і червоних, зелених, діатомових водоростей, деяких ціанобактерій та ін. Вони ростуть, прикріплюючись до кам'янистого або черепашкового ґрунту (Філофорне поле Зернова); на узбережжях з піщаним, мулистим, дрібногальковим ґрунтом їх не буває. [63]. У піску, мулі закріплюються квіткові рослини, вони мають справжнє коріння.

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 тощо), що спостерігається в піддослідному тест-об'єкті (індикаторі) у порівнянні з контрольним у чітко заданих (тобто, стандартних лабораторних) умовах. Біотестування також виявляє реакцію організму на певний вид забруднення. Відома велика кількість методів біотестування, але серед них стандартизованих небагато [64].

Для ефективного проведення моніторингу якості вод важливим є підбір обмеженої кількості тест-організмів, які б водночас давали високу ефективність дослідження. Основу біотестування становить визначення шкідливого впливу токсичних речовин на гідробіонтів. Відносна простота реалізації багатьох біотестів, їх експресність, висока чутливість і,

найголовніше, можливість одержувати з їх допомогою інформацію, яку не можуть дати традиційні методи хімічного аналізу, роблять біотестування незамінним елементом контролю та запобігання забруднення [65].

Біотестування – використання організмів або угруповань організмів, чий вміст певних елементів або сполук, а також морфологічна, гістологічна або клітинна структура, метаболічні й біохімічні процеси, поведінка та популяційна організація дають інформацію щодо кількісної оцінки якості навколишнього середовища або змін цього середовища. Біотестування є методичний прийом, заснований на оцінці дії фактору середовища, в тому числі й токсичного, на організм, його окрему функцію або систему органів і тканин. Крім вибору біотеста істотну роль грає вибір тест реакції того параметру організму, який вимірюється при тестуванні. Тест-об'єкт – організм або угруповання організмів, за ступенем впливу на які судять про якість (наприклад, токсичність) середовища. Тест-реакція – фізіологічний або поведінковий відгук організму на зміну якості середовища [66].

Хіміко-аналітичні методи можуть виявитися неефективними через недостатньо високу їх чутливість. Живі організми здатні сприймати більш низькі концентрації речовин, ніж будь-який аналітичний датчик, в зв'язку з чим біота може піддаватися токсичному впливу, що не реєструється технічними засобами.

До того ж хіміко-аналітичні методи можуть дати інформацію тільки про ті групи сполук, які були відібрані для аналізу. Часто цей список обмежений фактичною наявністю в лабораторії необхідного обладнання та високою ціною аналізу для кожної окремої групи сполук. Живі організми навпроти реагують комплексно та здатні всього за один тест показати принципову наявність токсикантів та звужити коло пошуку.

Найбільш інформативними є інтегральні параметри, які характеризують загальний стан живої системи відповідного рівня. Для окремих організмів до інтегральних параметрів зазвичай відносять характеристики виживання, зростання, плодовитості, тоді як фізіологічні, біохімічні, гістологічні та інші

параметри відносять до конкретних. Для популяцій інтегральними параметрами є чисельність і біомаса, а для екосистем – характеристики видового складу, активності продукції і деструкції органічної речовини [66].

Для того щоб бути придатними для вирішення комплексу поточних завдань, методи біотестування, які використовуються для оцінки середовища, повинні відповідати таким вимогам:

- бути застосовними для оцінки будь-яких екологічних змін середовища проживання живих організмів;
- характеризувати найбільш загальні й важливі параметри життєдіяльності біоти;
- бути достатньо чутливими для виявлення навіть початкових зворотніх екологічних змін;
- бути адекватними для будь-якого виду живих істот і будь-якого типу впливу;
- бути зручним не тільки для лабораторного моделювання, але також і для досліджень в природі;
- бути досить простими і не дуже дорогими для широкого використання.

Якщо організми використовуються в природних умовах, методи біоіндикації або біотестування називають пасивними, якщо в лабораторних – активними [66].

Основні групи методів щодо біотестування наступні. Стресовий вплив середовища можна оцінювати за ефективністю біохімічних реакцій, рівнем ферментативної активності і накопиченням певних продуктів обміну. Зміна вмісту в організмі певних біохімічних сполук, показників базових біохімічних процесів (наприклад, концентрації хлорофілу у фотосинтезуючих рослин) і структурі ДНК в результаті біохімічних реакцій (наприклад, при оксидантному стресі) можуть забезпечити необхідну інформацію про реакцію організму у відповідь на стресовий вплив [67].

Наявність і ступінь прояву генетичних змін характеризує мутагенну активність середовища, а можливість збереження генетичних змін в

популяціях відображає ефективність функціонування імунної системи організмів. Генетичні зміни можуть відбуватися на генному, хромосомному та геномному рівні. Генні, або точкові мутації поділяють на дві групи: заміни основ в ДНК і вставки або випадання нуклеотидів, що призводить до зсуву рамки зчитування генетичного коду. Хромосомні перебудови (аберації) полягають в різних порушеннях структури хромосом. Геномні мутації – зміни хромосом в ядрі. Дослідження генетичних змін як на генному так і на хромосомному рівнях можна проводити на рослинах без використання складного лабораторного обладнання, необхідного для постановки інших тестів, що за деяких обставин може виявитися значною перевагою. Можливим недоліком цих тестів є суттєва розбіжність метаболіту рослин і ссавців [67].

В умовах техногенного впливу на природні екосистеми, зниження чисельності популяцій відбувається в значній мірі за рахунок ембріональної і личинкової смертності. Ембріони і личинки – найбільш чутливі до пошкоджуючих чинників фази життєвого циклу гідробіонтів. Вплив на організм стресуючих чинників призводить до відхилення від нормальної будови різних морфологічних ознак. Процеси відтворення організмів це складний ланцюг взаємообумовлених подій, будь-яка з ланок якого може бути порушена впливом токсичного середовища [67].

Одна з найважливіших характеристик, високочутлива до стресового впливу середовища, – енергетика фізіологічних процесів. Найбільш економічний енергетичний обмін має місце лише за чітко виражених умов середовища, які можуть бути охарактеризовані як оптимальні. Інтенсивність енергетичного обміну аеробного організму може бути визначена шляхом вимірювання швидкості споживання кисню. За оптимальних умов організм знаходиться на найнижчому енергетичному рівні, за будь яких негативних змін середовища існування потреба в кисні буде збільшуватися. Інша базова характеристика перспективна для оцінки стресових впливів – темп і ритміка ростових процесів [67].

Біофізичні методи контролю якості середовища завжди базуються на інструментальному визначенні порушень біохімічних і біофізичних процесів тест-організмів. Одні з них реєструють зміни функцій мембранних структур клітин, інші оцінюють показники електропровідності тканин, треті – здатність генерувати електричні потенціали і т.д. Для контролю стану найважливіших функціональних систем організмів найбільше розповсюдження отримали люмінесцентні та флюорометричні методи. Вони мають високу чутливість, дозволяють проводити кількісні вимірювання в режимі реального часу, а в ряді випадків автоматизувати процес вимірювання. Люмінесцентні та флюорометричні методи в ряді випадків дають можливість не лише експресно тестувати якість середовища, але й проводити, наприклад, детальний аналіз стану фітопланктонного угруповання, а також прогнозувати його розвиток. Висока швидкість вимірювання дозволяє аналізувати отримувану інформацію безпосередньо по ходу експедиційних робіт і вносити корективи в плани дослідження. Запропонована методологія і комплексне використання люмінесцентної та флюорометричної апаратури можуть дати інформацію про просторово-часову мінливість біофізичних і фізіологічних процесів, що визначають нормальне функціонування біосистем, а також можуть слугувати складовою частиною екологічного моніторингу. Особливо слід відзначити перспективи використання даних флюорометричного аналізу фітоценозу локальних територій (як опорних точок) в поєднанні зі супутниковою інформацією про кольоровість й аерокосмічним контролем середовища [67].

Для макроводоростей використовуються наступні тест-реакції, під час біотестування: інтенсивність розмноження, фотосинтетична активність клітин, та пігментна перебудова [66].

Тести, спрямовані на визначення токсичних властивостей сполук, що надходять у водоймища, більшою мірою використовуються на рибах або безхребетних, ніж на первинних продуцентах. Серед ряду продуцентів водорості є найбільш популярними тест-організмами. Макрофіти є важливими екологічними елементами і тому є потенційно ключовими організмами для

використання при тестуванні токсичності сполук, які, ймовірно, діють на первинних продуцентів [68].

Тести, засновані на водоростях, переважно зосереджені на мікроводоростях, причому макроводорості представлені мало, незважаючи на важливість макроводоростей як первинних виробників, постачальників середовища проживання та розплідників для риб і безхребетних у морських і прісноводних системах. За винятком репродуктивних тестів на червоних водоростях, *Ceramium strictum* (*Ceramium deslongchampsii* Chauvin ex Duby, 1830), *Champia parvula* (*Champia parvula* (C.Agardh) Harvey, 1853) та бурих водоростях, *Laminaria saccharina* (*Saccharina latissima* (Linnaeus) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl & G.W.Saunders, 2006) та *Fucus spiralis* (*Fucus spiralis* Linnaeus, 1753), а також тесту на зростання червоних водоростей *Gracilaria tenuistipitata* (*Agarophyton tenuistipitatum* (C.F.Chang & B.-M.Xia) Gurgel, J.N.Norris & Fredericq, 2018), є кілька стандартизованих процедур токсикологічного тестування з використанням морських макроводоростей [69].

Тест-системи для водних макрофітів, як і раніше, рідко використовуються, оскільки з ними складно працювати, тому що види мають особливі екологічні вимоги. Існуючі тестові системи для водних макрофітів (термін водні макрофіти включає макроводорості, а також підводні, впливаючі та плаваючі вищі рослини, якщо не зазначено інше), як і раніше, вимагають дуже багато часу через низьку швидкість зростання таломів. Потрібні трудомісткі експерименти з тривалим часом експозиції в акваріумах, ставках або навіть мезокосмах. Через велику кількість води тест-систем водних макрофітів (0,1-50 л) для досягнення ефективних випробувальних концентрацій необхідно додавати велику кількість токсикантів. Крім того, постійні умови випробувань, наприклад, постійний потік води та підтримання стабільних умов утримання поживних речовин та рН, є трудомісткими та матеріально витратним. Через низьку швидкість зростання видів час впливу

при тестуванні на токсичність водних макрофітів найчастіше займає до двох тижнів або навіть більше [70].

Поширеним механізмом токсичної дії забруднюючих речовин є пригнічення таких біологічних процесів, як фотосинтез і мітохондріальний транспорт електронів. Виявлення пригнічення фотосинтезу є надійним методом оцінки потенційної токсичності ксенобіотичних забруднювачів по відношенню до рослин. Цікавим є практичне застосування флуоресценції хлорофілу а (Chl a) як швидкого та чутливого біоіндикатора стресу рослин у відповідь на різні хімічні фактори [70].

При забрудненні в клітинах рослин відбуваються такі зміни пігментів: зменшується вміст хлорофілу, який послідовно руйнується (до феофетину, феофорбіду, розпадається пірольне кільце); знижується відношення хлорофіл а/ хлорофіл b. Всі ці зміни фіксують за допомогою приладів: хроматографа, спектрофотометра і флуориметра [71].

Червону морську водорість *Carparhycus alvarezii* (*Carparhycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C.Silva, 1996) було використано в якості тест-об'єкту для визначення впливу важких металів (Hg, Cd і Pb). Тест на хронічну токсичність був розроблений, щоб визначити, які параметри (довжину, вагу, об'єм і вміст хлорофілу) необхідно вимірювати. Аналіз вмісту хлорофілу у водоростях виявився кращою кінцевою точкою (endpoint) (завершальний етап періоду або процесу), ніж традиційні параметри росту (довжина, вага та об'єм). Аналіз, який був десятиденним тестом, є чутливим зі значеннями IC₂₅ 5,27, 0,63 і 0,42 мг/л і значеннями IC₅₀ 287,8, 639,14 і 0,85 мг/л для Hg, Cd і Pb, відповідно. Вміст хлорофілу у водоростях розраховували шляхом вимірювання їх поглинання при 663 нм [72]. IC₅₀, або концентрація напівмаксимального інгібування – показник ефективності в при інгібуючій біохімічній або біологічній взаємодії. IC₅₀ є кількісним індикатором, що показує, скільки треба деякої реакційно-здатної речовини (ліганду – молекули, яка оборотно зв'язана не ковалентним зв'язком з білком або ДНК) – інгібітора для інгібування біологічного процесу на 50% [73]. Відповідно, IC₂₅ – на чверть.

Флуоресценція хлорофілу а розроблена як швидка, ненав'язлива техніка для моніторингу фотосинтетичної продуктивності рослин і водоростей, а також для аналізу їхніх захисних реакцій. Окрім корисності для визначення фізіологічного стану фотосинтезаторів у природному середовищі, методи, засновані на флуоресценції хлорофілу, застосовуються в екофізіологічних і токсикологічних дослідженнях для вивчення впливу змін навколишнього середовища та забруднюючих речовин на рослини та водорості (мікрowodорості та морські макрowodорості). Забруднювачі або зміни навколишнього середовища викликають зміну фотосинтетичної здатності, яку можна оцінити за кінетикою флуоресценції. Отже, оцінка ключових параметрів флуоресценції та оцінка фотосинтетичних характеристик дасть уявлення про ймовірні причини змін фотосинтетичних характеристик. Ця методика, по суті, забезпечує неінвазивне/ненасильне (non-invasive) визначення змін у фотосинтетичному апараті до появи видимих пошкоджень. Він надійний, економічно доцільний, економить час, високочутливий, універсальний, точний, неінвазивний і портативний; таким чином являючи собою чудову альтернативу для виявлення забруднення [74].

Розроблений флуориметр хлорофілу з амплітудно-імпульсною модуляцією (Imaging-PAM) застосовується для виявлення ефектів у короткострокових біоаналізах з водними видами макрофітів. Цей вимірювальний пристрій на основі багатолункового планшета дозволяє інкубувати та вимірювати до 24 зразків макрофітів паралельно при тестуванні водних макрофітів [70].

Більшість робіт з оцінки впливу нафтовуглеводнів на чорноморські макрowodорості проведена наприкінці 70-х – початку 80-х минулого століття [75].

Підґрунтям постановки лабораторних дослідів щодо вивчення впливу нафтопродуктів на філофору стало катастрофічне зменшення її запасів у районі промислу на Філофорному полі Зернова (ФПЗ).

Тестами у дослідженнях щодо впливу нафтопродуктів на чорноморську філофору слугували: інтенсивність фотосинтезу, зміна кількості пігментів, зміна загальної маси талому та співвідношення різних його частин, тобто процеси зростання та відмирання тіла водоростей; одним із показників служила активність окисного ферменту каталази. Встановлено, що вплив нафти на філофору не однозначний за силою та напрямом; найчастіше він негативний.

Встановлено, що вплив нафти на філофору не однозначний за силою та напрямом; найчастіше він негативний. Присутність нафти в кількостях від 0,05 г/л до 1,0 г/л у вигляді плівки на поверхні води завжди гальмує інтенсивність фотосинтезу. Кількість пігментів у присутності нафтової плівки теж зменшується, величина падіння різних груп пігментів різна, максимальна для ксантофілів. Активність каталази також падає на 60-70%. Присутність нафтової плівки впливає на зростання та відмирання частин талому, особливо різко скорочується маса молодих сегментів. Нафтова плівка скорочує приріст загальної маси талому. Відмирання найстаріших частин талому у присутності нафтової плівки прискорюється, захоплюючи молоду частину.

Нафта нанесена на талом, гальмує фотосинтез, зменшує загальну сиру масу, зменшує масу молодих частин, а також різко збільшує частку частин, що відмирають, по відношенню до загальної маси. Активність каталази при цьому знижується на 25%.

Речовини, які вилуговуються морською водою з нафти, діють на водорості не однозначно. Так, дещо стимулюється фотосинтез та утворення молодих сегментів, а активність каталази знижується [76].

На нашу думку, основною причиною падіння запасів філофори в районі промислу став нераціональний видобуток. І внаслідок використання трала Кітрана (донне тралення) – вторинне замулення донних біоценозів.

У зв'язку зі своїми особливостями філофора була зручним тест-об'єктом: можливість існування в неприкріпленому стані, наявність зовнішнього шару щільної кутикули товщиною 10-16 мкм, що має захисну функцію [77], що

дозволяло тривалий час утримувати її в лабораторних умовах. Крім того, філофору доставляли з району ФПЗ, де вели промисел тральщики Одеського агарового заводу [76] (дослідно-експериментальний гідролізно-агароїдний завод). На даний час такої можливості немає.

В останні роки з'явилося багато публікацій із проведення біотестування вод Баренцевого моря. Вивчали вплив нафти та нафтопродуктів на зростання, розвиток та розмноження масових видів водоростей.

Для проведення токсикологічних експериментів авторами було розроблено методику отримання емульсії: нафта (нафтопродукти) – морська вода. В експериментах вдалося відокремити плівку нафти від розчиненої та емульгованої нафти, що дозволило розмежувати дію плівкової форми та інших форм нафти та нафтопродуктів на морфо-функціональні показники макроводоростей.

При проведенні токсикологічних експериментів з макроводоростями на ранніх стадіях онтогенезу, зиготи та проростки (на предметних скельцях) поміщалися в чашки Петрі та культивувалися в умовах термостатованої кімнати у морській воді, що містить емульсію нафти та нафтопродуктів.

Досліджувані параметри для *Laminaria saccharina* (*Saccharina latissima* (Linnaeus) CELane, C.Mayes, Druehl & GWSaunders, 2006 г.): ступінь рухливості та тип руху зооспор, зростання та розвиток ембріоспор, гаметофітів та ранніх спорофітів; для фукусових водоростей *Fucus vesiculosus* (*Fucus vesiculosus* Linnaeus, 1753): ступінь рухливості та тип руху антерозоїдів, розвиток зигот та зростання проростків; для зелених водоростей *Enteromorpha intestinalis* (*Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753): розвиток зигот та зростання проростків.

В експериментах з вивчення впливу нафти та нафтопродуктів на швидкість росту, фотосинтез та дихання макроводоростей використовувалися висічки з інтеркалярної зони росту ламінарії (вік 0+), апікальні ділянки талому фукусів (вік 1+) та аскофілуму (вік 2+), проліфікації пальмарії і цілі таломі ентероморфи (довжина 5-6 см) та порфіри (довжина 10-12 см).

Процеси фотосинтезу і дихання, як і зростання, є важливими критеріями морфо-функціонального стану макроводоростей.

Як показали дослідження, дихання меншою мірою, ніж фотосинтез, пов'язане зі збільшенням забрудненості середовища нафтотоксикантами.

При проведенні короткострокових токсикологічних експериментів з макроводоростями, основним показником їхньої активності є величини валового та справжнього фотосинтезу, які найбільше залежать від ступеня впливу токсикантів. При довгострокових експериментах, коли фотосинтетична активність може бути пригнічена токсикантами, інтенсивність дихання буде найбільш показовою для оцінки стану водоростей.

Реакція на токсичну дію нафти та нафтопродуктів простежується на всіх стадіях життєвого циклу макроводоростей.

Найменш стійкими до впливу нафти та нафтопродуктів є макроводорості на ранніх стадіях свого життєвого циклу. Так, найбільшу чутливість виявляє фукус на стадії зиготи, що проростає, а ламінарія на стадії ювенільного спорофіта.

Проведені дослідження дозволили визначити ключові показники, які можуть використовуватися для проведення процедури біотестування морських вод, забруднених нафтопродуктами. Найбільш чутливими тест-об'єктами до дії нафти і нафтопродуктів є: проростаючі зиготи пухирчастого фукуса, ювенальні спорофіти ламінарії, ювенільні спорофіти ентероморфи.

Найбільш показовими при впливі нафтотоксикантів на макроводорості є наступні параметри морфо-функціонального стану макрофітів: рівень фотосинтезу апікальних (інтеркалярних) ростових зон таломів макрофітів і відносна швидкість росту талому, виміряна за накопиченням сухої речовини [75].

З 65 видів макроводоростей, які використовуються для визначення токсичності лише 11 видів відносяться до зелених водоростей. Вид, для якого було зібрано найбільше інформації щодо відношення до хімічних токсикантів, це зелена макроводорість *Ulva intestinalis* (*Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753).

Таксон *Ulva* має великий потенціал завдяки великому розміру рослин, їхньому широкому розповсюдженню, легкості збору та біоаккумуляції металів. Наприклад, зелену водорість *Ulva pertusa* (*Ulva australis* Areschoug, 1854) легко підтримувати в культурі, а її споруляцію (спороутворення) легко викликати та спостерігати.

Розмноження *U. pertusa* (*Ulva australis* Areschoug, 1854) обмежене маргінальною (крайова, межова) областю талому. Диски (Ø 6 мм) вирізали з крайової області талому і розподіляли в пластикові планшети з шести ямками (об'єм 15 мл на лунку; Івакі, Чіба, Японія), заповнені 10 мл середовища. Клітинні пластини протягом 5 днів піддавалися впливу різних факторів навколишнього середовища: фотонного опромінення, солоності і температури. Під час тестування кожного окремого фактора інші умови навколишнього середовища підтримувалися оптимальними. Після 5-денного періоду культивування диски збирали для визначення ступеня споруляції за допомогою комп'ютерного аналізатора зображень (MV200, Samsung, Сеул, Корея).

Утворення репродуктивних клітин у *Ulva* супроводжується зміною кольору талому від лісового зеленого (forest green) або жовто-зеленого (вегетативний стан) до темно-оливкового або оливково-сірого (репродуктивний стан) і навіть до білого або біло-кремового (після вивільнення репродуктивних клітин). Таким чином, відсоток спороношення оцінювався за пропорцією площі поверхні з двома останніми забарвленнями.

Цей метод не вимагає особливого досвіду чи обладнання, оскільки він використовує мікроскопічне спостереження за зміною кольору таллону. Культуру *U. pertusa* (*Ulva australis* Areschoug, 1854) можна легко створити та підтримувати як вихідні культури в лабораторії. Зразки також доступні цілий рік у полі. З подальшим розширенням кількісного визначення токсичності в порівнянні з концентрацією одного або декількох токсикантів, цей біологічний аналіз може бути застосований для звичайного моніторингу прибережних водних середовищ як доповнення до хімічного аналізу [69].

Розмноження є критичним процесом, за допомогою якого популяції зберігаються, і порушення цього процесу може призвести до збою в поповненні, що призведе до зникнення популяції і, зрештою, змін у структурі та динаміці угруповання. Розроблено тест із використанням зеленої водорості *Ulva pertusa* (*Ulva australis* Areschoug, 1854), який забезпечує безліч практичних переваг у порівнянні з іншими методами, що використовуються в даний час. Інші види роду *Ulva* мають широкий діапазон географічного поширення та проходять подібні репродуктивні процеси.

Пропонований тест з використанням макроводоростей забезпечує безліч практичних переваг у порівнянні з іншими методами, що використовуються в даний час. Жодних спеціальних знань не потрібно. Тест дешевий і ефективний у часі оскільки для цього потрібна лише клітинна пластина та невеликий об'єм води, а загалом потрібно приблизно 3 рослини, їх можна легко утримувати та акліматизувати в резервуарі протягом 1–2 місяців, а штучна індукція розмноження в лабораторії легко досягається за допомогою вегетативних сланей, що дозволяє проводити цілорічне тестування. Біологічний аналіз репродукції *Ulva* був би цінним доповненням до існуючого набору тестів, які регулярно використовуються для моніторингу прибережних та гирлових екосистем [78].

Однак, варто зазначити, що *U. pertusa* (*Ulva australis* Areschoug, 1854) не зустрічається в акваторії Чорного моря, а місцеві види роду мають відмінні морфофункціональні характеристики, що потребує додаткової адаптації наведених методик.

У Канаді розроблено методи оцінки токсичності забруднюючих речовин за використанням в якості тест-об'єктів, прісноводних та морських організмів, в тому числі макроводоростей [79].

Хронічна токсичність стічних або приймальних вод оцінюється за допомогою зооспор ламінарії та ембріональних гаметофітів тихоокеанського гігантського виду ламінарії, *Macrocystis pyrifera* (*Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) S.Agardh, 1820). Випробування проводять протягом 48 годин в

умовах статичного впливу. Тест можна провести як тест на одну концентрацію, або з кількома концентраціями (мінімум 5) і з контролем. Листя водоростей поміщають у сухі умови, щоб імітувати відлив, а потім поміщають у склянки в морську воду, щоб імітувати приплив і стимулювати утворення зооспор.

Існує дві кінцеві точки тесту: відсоток успіху проростання спор гаметофіту та довжина ембріональних трубок гаметофіту (мкм). Інгібіторну концентрацію, напр. значення IC25 можна оцінити для кожної кінцевої точки [80].

Цей тест вимірює вплив токсичних речовин у стічних та приймальних водах на статеве розмноження морської червоної макроводорості *Champia parvula* (*Champia parvula* (C.Agardh) Harvey, 1853). Метод складається з впливу досліджуваних речовин на чоловічі та жіночі рослини протягом двох днів, після чого йде 5-7-денний період відновлення в контрольному середовищі, протягом якого цистокарпи дозрівають. Випробування є дуже складним і може бути заплутаним, якщо чоловічі та жіночі рослини не ізольовані в культурах. Існує дві кінцеві точки тесту: IC50 смертність, IC25 репродукція [81].

Встановлено, що, хоча біомаса дорослих особин *Carpodesmia crinita* (*Carpodesmia crinita* (Bory) Orellana & Sansón, 2019), їхня висота та рівень фотосинтезу залишаються майже незмінними у всіх дослідах, низькі рівні міді в 30 мкг/л повністю пригнічують фертильність дорослих особин. Усі концентрації мають сильний і негативний вплив на виживання та зростання ювенільних особин; зокрема, концентрації гліфосату вище 1 мкг/л майже повністю пригнічують їх виживання.

Довгострокова життєздатність *C. crinita* може бути серйозно підірвана навіть низькими рівнями забруднюючих речовин, які впливають на дорослі особини. Насправді ювенільні особини можуть бути більш чутливими до стресових факторів, ніж дорослі особини.

Кількість та швидкість зростання ранніх стадій водоростей пов'язані з кількістю успішних дорослих особин, а це означає, що сублетальний вплив

забруднюючих речовин на них може впливати на довгострокову життєздатність популяцій. Таким чином, встановлення летального та сублетального впливу забруднення як на дорослих особин, так і на ранні стадії допоможе отримати повне уявлення про поповнення популяції та збереження її в конкретних умовах довкілля [82].

Розроблено швидкий та простий метод з використанням морських водоростей *Pyropia yezoensis* (*Pyropia yezoensis* (Ueda) M.S.Hwang & H.G.Choi, 2011) (конхоспори та ювенільні спорофіти). Пропонується швидкий та простий метод з використанням мікропланшета та флуоресцентного планшетного рідера. Тести проводились на 96-лунковому мікропланшеті. Швидкість зростання кінцевої точки визначали інтенсивністю флуоресценції хлорофілу з використанням планшетного рідера. Завдяки щоденному моніторингу цей метод дозволяє розрахувати максимальне мінімальне значення EC50 (напівмаксимальна ефективна концентрація) для основних важких металів та токсичних сполук. Тест на спорофіти показав чутливість до токсикантів, аналогічну до тесту з мікроводорістю *Skeletonema marinoi-dohrnii* (*Skeletonema marinoi* Sarno & Zingone, 2005). Чутливість тестів конхоспор та спорофітів до важких металів була такою самою, як і у різних інших водоростей [83].

Вивчено можливість використання підводних квіткових макрофітів для біотестування донних відкладень прісних водойм. Як біотести використовуються такі показники, як довжина пагонів, довжина коренів, кількість коренів. Виявлено зворотну кореляцію між збільшенням довжини пагонів та активністю техногенних радіонуклідів. Крім того, хромосомні аномалії в коренях водних рослин можна використовувати як релевантну і чутливу кінцеву точку генотоксичності в тестах на контакт з донними відкладеннями [84].

Розглянуті методики дають можливість з високою точністю оцінити рівень забруднення акваторії на вміст широкого спектру токсичних речовин.

Однак утримання макрофітів в акваріумах потребує матеріальних витрат: великі обсяги води, велика кількість токсикантів; оскільки водорості позбавлені механічних тканин, а чорноморські види та повітряних бульбашок, для підтримки таломів у вертикальному положенні необхідний постійний потік води та підтримання стабільних умов утримання поживних речовин та рН. А це є трудомісткими та матеріально витратним.

Деякі інші методики, орієнтовані на види, що не відмічаються в акваторії ПЗЧМ. Наприклад, методика утворення репродуктивних клітин у *Ulva pertusa* (*Ulva australis* Areschoug, 1854). Чорноморські види роду *Ulva* мають відмінні морфофункціональні характеристики, в Україні на сьогодні немає лабораторних досліджень з розмноження макроводоростей. Це потребує додаткової адаптації наведених методик.

Практичний інтерес представляють методики, орієнтовані на використання водорості філофори. У зв'язку зі своїми особливостями філофора була зручним тест-об'єктом: можливість існування в неприкріпленому стані, наявність зовнішнього шару щільної кутикули, що дозволяло тривалий час утримувати її в лабораторних умовах. Однак це потребує регулярних експедицій в район ФПЗ для відбору досліджуваного матеріалу з використанням водолазних робіт.

До того ж цікавими є методики з використанням експрес-тестів за допомогою планшету, однак вони потребують закупівлі спеціалізованого обладнання.

В цілому, всі наведені методи потребують більш глибокого вивчення з метою визначення придатності їх до застосування в акваторії ПЗЧМ.

ВИСНОВКИ

Проведено оцінку та діагноз стану гідробіологічної складової відповідно до критеріїв, означених у Постанові КМУ № 758 від 19 вересня 2018 року, які відповідають вимогам у Директивах ЄС (2008 / 56 / ЄС, 2000 / 60 / ЄС).

Аналіз отриманих даних показав, що 2022 р. в альгоценозі ПЗЧМ було ідентифіковано 109 видів і різновидів мікроводоростей, що відносяться до 12-ти систематичних відділів фітопланктону. Основу видового різноманіття складав діатомово-динофітовий комплекс видів. Протягом року було зафіксовано 2 випадки «цвітіння» води, викликаних масовим розвитком мікроводоростей. Перше спостерігалось у червні при температурі 20,5 °C та солоності 17,6 ‰ і було викликане крупною діатомовою водорістю *Cerataulina pelagica*, біомаса якої становила в пробі 4001,9 мг • м⁻³. Вклад *C. pelagica* в біомасу становив 88%. Другий був відмічений у серпні при температурі 20,6°C та солоності 16,6‰ і був викликаний розвитком діатомової водорості *Skeletonema costatum*, біомаса якої склала 3100 мг • м⁻³, що становило близько 70% загальної біомаси. Крім домінантних видів в обох випадках в пробах були присутні в суттєвих кількостях: дуже велика діатомова водорість *Pseudosolenia calcar-avis* та динофітова водорість *Prorocentrum micans*. За показниками розвитку фітопланктонного угруповання, прибережна акваторія ОМР знаходиться в напруженому стані. Показники 2022 року гірші за минулорічні. Поганим є показник різноманіття, більшу частину року він не відповідає ДЕС. Однак показники біомаси демонструють гарну картину, за цим показником всі сезони окрім літа відповідають критеріям ДЕС. В угрупованні домінують динофітові водорості, цвітіння ціанобактерій не фіксується. Це дає підставу припустити, що зважаючи на міжрічні розбіжності загальний тренд на деєвтрофікацію акваторії зберігається.

Середні значення по сезонах хлорофілу-а в 2021 та 2022 р. суттєво не відрізнялись, але у 2022 році відзначено більш значне коливання показників у

середині сезону, максимальні та мінімальні значення мали більший розбіг. Це може означати, що хоча значимого погіршення стану у порівнянні з минулим роком не відбулося, загальна нестабільність екосистеми збільшилася.

Протягом 2022 р. в акваторії було ідентифіковано 47 таксонів зоопланктону ранга виду та вище, морського та солонуватоводного комплексів. Відсутність прісноводного комплексу та порівняно з минулими роками біорізноманіття скоріш за все пояснюються відсутністю спостережень навесні а також спостережень широкої мережі точок, що підкреслює важливість саме цілорічних спостережень на різних типах вод для розуміння акваторії в цілому. Основу розмаїття складали копеподи, однак більшою частиною за рахунок бенто-пелагічних видів рядів Harpacticoida та Canueloidea. Показники чисельності та біомаси в середньому за рік були дещо вищими за такі минулого року. Показник різноманітності за індексом Шеннону був нижчим. Цього року спостерігався випадок масового розвитку гетеротрофної динофлагелляти *Noctiluca scintillans*, що може говорити про підвищення рівня евтрофування. Перший максимум розвитку зоопланктону, традиційно припадаючий на весну, у 2022 році змістився на другу половину літа, через що практично злився з осіннім. Це може бути пов'язано зі змінами клімату та більш пізньою гідрологічною весною. Оцінка екологічного стану акваторії за показниками зоопланктону показала низькі показники. Акваторія ОМР практично весь рік не відповідала критеріям ДЕС. Це може бути частково пов'язано зі зміною точок спостереження, однак погіршення показників відмічалось і для зими, коли спостереження велися ще на старих точках.

В пробах макрозообентосу узбережжя Одеського регіону в 2022 р. зареєстровано 31 таксон донних макробезхребетних. Найбільш вагому роль у формуванні якісного складу макрозообентосу відіграють Annelida Протягом періоду досліджень було визначено 3 основних типи донних угруповань: *Mytilus galloprovincialis*, *Cerastoderma glaucum*, *Polychaeta varia*. 2022 року аналіз показав відповідність 43% досліджуваних зразків критеріям ДЕС, що вище за показники минулого року та співставно з показниками попередніх

років. Однак ці показники можуть сильно коливатися від року до року та є залежними від гідрологічних показників, тому коректну оцінку акваторії за цими показниками можливо дати лише за результатом багаторічних спостережень на широкій сітці станцій.

У складі мейобентосу було виявлено 12 великих таксономічних груп. Найбільша різноманітність відмічалася на піщаних ґрунтах. Найбільш розповсюдженими групами були форамініфери, нематоди та бівальвії. У період досліджень нематодно-гарпактікоїдний індекс для всіх видів ґрунту був високий та коливався від 2,9 до 285,71, що свідчить про поганий стан району дослідження та високе антропогене навантаження на акваторію.

У складі макрофітобентосу було визначено 23 види макрофітів, що входили до трьох відділів: Chlorophyta, Rhodophyta та Tracheophyta. У відсотковому співвідношенні зелених та червоних видів по 43,5% (10 видів), квіткових рослин 13% (3 види). За відсотковим співвідношенням та біомасою домінували зелені водорості. Також численими були морські трави влітку та червоні водорості восени. В цілому, досліджувана акваторія знаходиться в пригніченому стані. Спостерігається низька різноманітність. За кількістю видів переважають мезосапроби, що свідчить про помірну забрудненість акваторії. За морфофункціональними показниками мікрофітобентосу акваторія відповідає «Середньому» екологічному стану, що не відповідає критеріям ДЕС. Однак в попередні роки моніторинг проводився на інших точках і ця частина акваторії не досліджувалася, тому коректне порівняння даних цього року з минулими для мікрофітобентосу неможливе. Для висновків стосовно тенденцій розвитку необхідно продовжити спостереження акваторії на наступні роки.

В мікрофітобентосі досліджуваних акваторій було виявлено 174 види мікроводоростей. Видовий склад формували, здебільшого, полі- та мезогалобні і β -мезосапробні діатомеї. Рідше зустрічалися ціанопрокаріоти, зелені та дінофітові водорості. Чисельність мікрофітів формували, в основному, дрібноклітинні синьо-зелені водорості, біомасу – крупноклітинні

діатомові, переважно полі- та мезогалоби і β -мезосапроби. Види-сапробіонти були найширше представлені на найбільш антропогенно навантаженій ділянці моря – акваторії Одеського порту. В цілому, акваторія демонструвала помірне забруднення, на що вказує домінування β -мезосапробів. Гарним показником є переважання діатомових та низькі показники чисельності ціанобактерій. Однак, цього року були відсутні спостереження навесні, коли зазвичай відбувається основний розвиток ціанофітів.

Біотестування стану середовища на макроводоростях є перспективною методикою, що дозволяє з високою точністю оцінити рівень забруднення акваторії на вміст широкого спектру токсичних речовин. Однак часто методики потребують великих фінансових та трудових витрат. Інші методики розраховані на види макроводоростей, що не фіксуються у регіоні ПЗЧМ та не можуть бути коректно застосовані тут. Представляє практичний інтерес методика, заснована на використанні в якості тест-об'єкта водорості філофори, але вона потребує регулярних експедицій з метою відбору матеріалу для тестування. Також цікавою є методика з використанням експрес-тесту за допомогою спеціалізованого планшету, однак це потребує закупівель спеціалізованого обладнання.

Біологічні угруповання пелагіалі та бенталі досліджуваних акваторій Чорного моря знаходяться в напруженому стані. Майже всі розглянуті угруповання організмів продемонстрували погіршення показників у порівнянні з минулими роками. Це може бути пов'язано зі зміною точок спостережень внаслідок практичних можливостей або із збільшенням викидів специфічних забруднювачів внаслідок військових дій на території ПЗЧМ. Однак окремі показники демонстрували погіршення вже взимку, до зміни точок спостереження та до початку повномасштабних військових дій. Вірогідно, причини погіршення є комплексними та не можуть бути пояснені одним фактором. Для більш точної оцінки та визначення в причин забруднення необхідні більш глибокі дослідження з охоптом великої кількості акваторій.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Порядок здійснення державного моніторингу вод: за станом на 19 вересня 2018 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. – 47 с.
- 2 Directive 2000 / 60 / EC. Directive of the European Parliament and of the Councils establishing a framework for the Community action in the field of waterpolicy (Water Framework Directive) // Official Journal of the European Union. – 22. 12. 2000. – 72 p.
- 3 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
- 4 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.
- 5 Directive 2009 / 147 / EC. Directive of the European Parliament and of the conservation of wild birds of 30 November 2009 // Official Journal of the European Union. – 26.01.2010. – P. 7 – 25
- 6 Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных обложений [Текст] : под общ.ред. А. В. Цыбань. –Л. : Гидрометеоиздат, 1980. – С. 100-105
- 7 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: 20th Edition /By TÜFEKÇİ, TÜBİTAK, MARMARA RESEARCH CENTER. – Washington: American Public Health Association, 1998. – P.10-62
- 8 Методические основы комплексного экологического мониторинга океана [Текст] : под. общ. ред. А. В. Цыбань. - М. : Московское отделение Гидрометеоиздат, 1988. – С. 185-200
- 9 ГОСТ 17.1.4.02-90–1990. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла - [Текст]. – Введ. 1990–07–09.– М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1990. – 25 с.

- 10 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.
- 11 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.
- 12 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.
- 13 Мурина В. В. Определитель пелагических личинок многощетинковых червей Polychaeta) Чёрного моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – 67 с.
- 14 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.
- 15 Сбор и обработка зоопланктона в рыбоводных водоёмах. Методическое руководство (с определителем основных пресноводных видов) / О.Е. Тевяшова - Ростов-на-Дону: ФГУП "АзНИРХ", 2009. - 84 с.
- 16 Копеподы Чёрного моря (А. Губанова, Д. Алтухов, 2009) / А. Губанова, Д. Алтухов; – 4SEAS. – Режим доступа : <http://4seas.at.ua/publ/1-1-0-6.> – [13.11.2017](#) – 10.11. 2020 – Назва з екрану
- 17 Алимов А. Ф. - Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. с. 152
- 18 Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1975. – 247 с.
- 19 Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водоростей южных морей СССР. – М.-Л.: Наука, 1967. – 309 с.

- 20 Определитель низших растений / Под ред. Л. И. Курсанова.— М.: Советская наука, 1953. — 396 с.
- 21 Определитель высших растений Украины / Доброчаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др. — Киев: Наук. думка, 1987. — 548 с.
- 22 Водоросли [Текст] : справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк [и др.]. — К. : Наук. думка, 1989. — 606 с.
- 23 Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов [Текст] : сборник / под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского. — М. : Наука, 1975. — С. 81-117
- 24 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
- 25 Рябушко Л. И. Микрофитобентос бухты Казачья Черного моря (Украина) [Текст] / Л. И. Рябушко, В. И. Рябушко // Альгология. — 2001. — Т. 11, № 1. — С. 70-83
- 26 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
- 27 Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений [Текст] / под ред. А. В. Цыбань. — Л. : Гидрометеиздат, 1980. — С. 100-105, 166-177
- 28 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
- 29 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.
- 30 Information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms [Electronic resource] / Programming is by P. Kuipers, C. Guiry, M.

- Guiry, J. Guthrie; – AlgaeBase. – Режим доступа : www.algaebase.org. – 26.12.2019. – Title from the screen
- 31 List of names of marine organisms, including information on synonymy [Electronic resource] / David Berlind Editor in Chief ProgrammableWeb.com WoRMS; – World Register of Marine Species. – Режим доступа : <http://www.marinespecies.org>. – 24.12.2019. – Title from the screen
- 32 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.
- 33 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.
- 34 Киселева М. И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Черного и Азовского морей. [Текст] / М.И. Киселева. –Россия : Кольский научный центр РАН, 2004. – 409 с.
- 35 Высшие ракообразные [Текст] : под общ.ред. Ю.Н.Макарова. – Десятиногие ракообразные : сб. науч. тр. – К.,2004. – Вып. 1-2. – 429 с.
- 36 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.
- 37 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
- 38 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
- 39 Воробьева Л.В., Кулакова И.И. Пространственно-временная изменчивость мейобентоса Жебриянской бухты // Экосистема узмор'я

української дельти Дунаю / Відп. ред. Л.В. Воробйова. – Одеса: Астропринт, 1998. – С. 262 – 274. (рос.мовою)

40 Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размеру и форме тела. – Л.: «Наука», 1968. – 195 с.

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

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

43 Набокін М. В. Багаторічні зміни внеску *Noctiluka scintillans* в біомасу зоопланктону та оцінка стану вод Одеської затоки // Екологія – філософія існування людства. Тез.конф. Україна, Мелітополь. – 2018. – С. 87-89

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

45 G. R. Phillips, A. Anwar, L. Brooks, L. J. Martina, A. C. Miles, A. Prior. 2014. Infaunal Quality Index : Water Framework Directive Classification Scheme for Marine Benthic Invertebrates – 193 p.

46 Dauvin, J. C., and T. Ruellet. 2007. ‘Polychaete/Amphipod Ratio Revisited’. Marine Pollution Bulletin 55 (1–6): 215–24. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.08.045>. - 10.10.2020. – Title from the screen

47 Albayrak, Serhat, Hüsametdin Balkis, Argyro Zenetos, Ayşegül Kurun, and Cüneyt Kubanç. 2006. ‘Ecological Quality Status of Coastal Benthic Ecosystems in the Sea of Marmara’. Marine Pollution Bulletin 52 (7): 790–99. Режим доступу:

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.11.022>. - 10.10.2020. – Title from the screen

48 Muxika, I., Á Borja, and W. Bonne. 2005. 'The Suitability of the Marine Biotic Index (AMBI) to New Impact Sources along European Coasts'. *Ecological Indicators* 5 (1): 19–31. Режим доступа:

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2004.08.004>. - 10.10.2020. – Title from the screen

49 Borja, Ángel, Javier Franco, Victoriano Valencia, Juan Bald, Iñigo Muxika, María Jesús Belzunce, and Oihana Solaun. 2004. 'Implementation of the European Water Framework Directive from the Basque Country (Northern Spain): A Methodological Approach'. *Marine Pollution Bulletin* 48 (3–4): 209–18. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.12.001>. - 10.10.2020. – Title from the screen

50 Hoey, Gert Van, Angel Borja, Silvana Birchenough, Lene Buhl-Mortensen, Steven Degraer, Dirk Fleischer, Francis Kerckhof, et al. 2010. 'The Use of Benthic Indicators in Europe: From the Water Framework Directive to the Marine Strategy Framework Directive'. *Marine Pollution Bulletin* 60 (12): 2187–96. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.09.015>. - 10.10.2020. – Title from the screen

51 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

52 Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР [Текст] / А. Д. Зинова. – М.-Л. : Наука, 1967. – 398 с.

53 Определитель высших растений Украины [Текст] / отв. ред. Ю. Н. Прокудин. – К. : Наук. думка, 1987. – 548 с.

54 WoRMS Editorial Board 2022). World Register of Marine Species. Available from <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2022-12-15. doi:10.14284/170 https://www.marinespecies.org/about.php#cite_worms

- 55 Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря [Текст] / А. А. Калугина-Гутник. – К. : Наук. думка, 1975. – 247 с.
- 56 Морозова-Водяницкая Н. В. Материалы к санитарно-биологическому анализу морских вод [Текст] / Н. В. Морозова-Водяницкая // Работы Новорос. биол. ст. – 1930. – Вып. 4. – С. 163-181
- 57 Калугина-Гутник А. А. Значение водорослей-макрофитов в оценке загрязненности воды прибрежной части Черного моря [Текст] / А. А. Калугина-Гутник // Океанографические аспекты самоочищения моря от загрязнения : сб. науч. ст. – К. : Наук. думка, 1970. – С. 83-92
- 58 Евстигнеева И. К. Количественное развитие и видовое разнообразие макроводорослей на искусственном субстрате в Черном море [Текст] / И. К. Евстигнеева, В. А. Гринцов // Экология моря. – 2001. – № 55. – С. 11-16
- 59 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
- 60 Миничева и др., 2015 Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A. Black Sea monitoring guidelines. Macrophytobenthos. // Secretariat of commission on protection of the Black Sea against pollution. – Istanbul. – 2015. – 76 pp.
http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2013/12/Manual_macrophytes_EMBLAS_ann.pdf
- 61 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
- 62 Екологічні області Світового океану. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. Режим електронного доступу –
https://www.wikiwand.com/uk/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%96_%D0%A1%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BE%D0%BA%D0%B5

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%96%D1%82%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D1%81>

63 Біотестування. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. Режим електронного доступу –

<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>

64 Alexeyeva, A. A., Marenkov, O. M., Kurchenko, V. O., Holub, I. V., Petrovsky O. O. (2019). Biotesting and phytoindication of aquatic environment quality of urbanized territories. Ecology and Noospherology, 30(2), 101–105. doi:10.15421/031917

65 Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Дока-центр, 2018. – 94 с.

66 Біоіндикація та біотестування: навчальний посібник. / В. В. Никифоров, С. В. Дігтяр, О. В. Мазницька, Т. Ф. Козловська – Кременчук : КрНУ, 2016. – 100 с.

67 David Sánchez, Manuel Graça, Jorge Canhoto. Testing the Use of the Water Milfoil (*Myriophyllum spicatum* L.) in Laboratory Toxicity Assays / Bullrtin of Environmtntal Contamination and Toxicology- 78(6): p.421–426. – July 2007. – DOI:[10.1007/s00128-007-9131-9](https://doi.org/10.1007/s00128-007-9131-9)

68 Taejun Han, Gye-Woon Choi. A novel marine algal toxicity bioassay based on sporulation inhibition in the green macroalga *Ulva pertusa* (Chlorophyta) / Aquatic Toxicology 75 (2005) 202–212

69 AnetteKüster, RolfAltenburger. Development and validation of a new fluorescence-based bioassay for aquatic macrophyte species / [Chemosphere](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.08.023). - Volume 67, Issue 1, February 2007, Pages 194-201: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.08.023>

70 Біоіндикація. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. Режим електронного доступу –

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BE%D1%96%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F>

71 Bonifacio, R.S., Montano, M.N.E. Use of chlorophyll determination as an endpoint in seaweed toxicity tests / Philippine Scientist (Philippines). - (Philippines Univ. Diliman, Diliman 1101 Quezon City (Philippines). Marine Science Inst.). – 1998. – p. 170-204. – <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PH2001101094>

72 Ліганд (біохімія). Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. Режим електронного доступу – [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B4_\(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%8F\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B4_(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%8F))

73 K. Suresh Kumar, Hans-Uwe Dahms, Jae-Seong Lee, Hyung Chul Kim, Won Chan Lee, Kyung-Hoon Shin. Algal photosynthetic responses to toxic metals and herbicides assessed by chlorophyll *a* fluorescence / Ecotoxicology and Environmental Safety 104 (2014) 51–71 : <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.01.042>

74 Степаньян, О.В. Морфо-функциональные перестройки у водорослей-макрофитов Баренцева моря под воздействием нефти и нефтепродуктов [Текст]: автореф. дис. канд. биол. наук : 25.00.28 – океанология / О.В. Степаньян, Мурманск, [Мурманский морской биологический институт]. – 2003. – 30 с.

75 Ярцева И.А. Влияние нефти на физиологическую активность ребристой филлофоры / Промысловые водоросли и их использование. Сб. научных трудов. – ВНИРО. – 1981. – с. 102-105

76 Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря [Текст] /А.А Калугина-Гутник. – Киев: Наук. думка, 1975. – 247 с.

77 Jihae Park, Murray T. Brown, Hojun Lee, Soyeon Choi, Stephen Depuydt, Donat-P. Häder, Taejun Han. Toxicity testing using the marine macroalga *Ulva pertusa* / Bioassays Advanced Methods and Applications. – 2018, Pages 119-142

78 Section F. TOXICITY TEST METHODS. – Toxicology/Bioassay Revision
Date: November, 2018 .- Her Majesty the Queen in Right of the Province of British
Columbia 2020 All Rights Reserved. – 70 p. :

<https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/research-monitoring-and-reporting/monitoring/emre/lab-manual/section-f-2020.pdf>

79 Test Method: Giant Kelp, *Macrocystis pyrifera*, Germination and Germ-Tube
Length Test Method 1009.0 in: Short-term Methods For Estimating The Chronic
Toxicity of Effluents and Receiving Waters to West Coast Marine and Estuarine
Organisms (First Edition) EPA/600/R-95-136 August 1995

80 EPA-821-R-02-014 Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity
of Effluents and Receiving Waters to Marine and Estuarine Organisms Third
Edition, October 2002. Red Microalga, *Champia parvula*, Sexual Reproduction Test
Method 1009.0

81 Sònia de Caralt, Jana Verdura, Alba Vergés, Enric Ballesteros & Emma
Cebrian, Differential effects of pollution on adult and recruits of a canopy forming
alga: implications for population viability under low pollutant levels / Scientific
Reports. – Volume 10, Article number: 17825 (2020). – P. 1-11 :
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-73990-5>

82 Yoshihiro Suzuki, Shota Hirayama. Development of Rapid and Simple
Bioassay Using Seaweed *Pyropia yezoensis* / Marine Engineering. – November
2019. – 54(6):898-904 : DOI: 10.5988/jime.54.898

83 T. A. Zotina, E. A. Trofimova, A. Ya. Bolsunovsky & O. V. Anishenko.
Experimental estimation of the possible use of submersed macrophytes for
biotesting bottom sediments of the Yenisei River / [Contemporary Problems of Ecology](#). – Volume 7, pages 410–421 (2014)

ДОДАТОК А

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ ФІТОПЛАНКТОНУ

Таблиця А.1 – Список зареєстрованих видів фітопланктону у прибережних районах ПЗЧМ протягом 2022 року

Bacillariophyceae
<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh, 1824
<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing, 1844
<i>Amphipleura</i> sp.
<i>Amphora hyalina</i> Kützing, 1844
<i>Amphora marina</i> W.Smith, 1857
<i>Amphora proteus</i> Gregory, 1857
<i>Amphora</i> sp.
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey, 1937
<i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg, 1839
<i>Chaetoceros affinis</i> f. <i>schuettii</i> (Cleve) Proschkina-Lavrenko, 1955
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve, 1889
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve, 1889
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell, 1856
<i>Chaetoceros similis</i> Cleve, 1896
<i>Chaetoceros similis</i> f. <i>solitarius</i> Proschkina-Lavrenko, 1955
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostensfeld, 1902
<i>Chaetoceros simplex</i> var. <i>simplex</i> Ostensfeld, 1901
<i>Chaetoceros</i> sp.
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg, 1838
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg, 1838
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg, 1838
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>minutissima</i> Grunow, 1880
<i>Cocconeis</i> sp.
<i>Coscinodiscus</i> sp.
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin, 1964
<i>Cymbella</i> sp.
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle, 1996
<i>Diatoma</i> sp.
<i>Diatoma vulgare</i> Bory de Saint-Vincent, 1824
<i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow, 1885
<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg) J.W.Griffith & Henfrey, 1856
<i>Halampora coffeaeformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran, 1915
<i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh, 1831
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow, 1867
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh, 1824
<i>Melosira</i> sp.

Продовження таблиці А.1

Navicula lanceolata Ehrenberg, 1838
Navicula pennata var. pontica Mereschkowsky, 1902
Navicula sp.
Nitzschia longissima (Brébisson) Ralfs, 1861
Nitzschia sp.
Paralia sulcata (Ehrenberg) Cleve, 1873
Pseudo-nitzschia pungens (Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993
Pseudo-nitzschia seriata (Cleve) H.Peragallo, 1899
Pseudosolenia calcar-avis (Schultze) B.G.Sundström, 1986
Skeletonema costatum (Greville) Cleve, 1873
Stephanodiscus hantzschii Grunow, 1880
Stephanodiscus sp.
Striatella unipunctata (Lyngbye) C.Agardh, 1832
Synedra sp.
Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky, 1902
Thalassiosira parva Proschkina-Lavrenko, 1955
Chlorophyceae
Chlorophyceae gen. sp.
Desmodesmus communis (E.Hegewald) E.Hegewald, 2000
Kirchneriella lunaris (Kirchner) Möbius, 1894
Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
Monoraphidium convolutum (Corda) Komárková-Legnerová, 1969
Scenedesmus sp.
Chrysophyceae
Dinobryon faculiferum (Willén) Willén, 1992
Ochromonas oblonga N.Carter, 1937
Cryptophyceae
Hillea fusiformis (J.Schiller) J.Schiller, 1925
Cyanophyceae
Chroococcus minimus (Keissler) Lemmermann, 1904
Chroococcus minor (Kützing) Nägeli, 1849
Dolichospermum sp.
Glaucospira laxissima (G.S.West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014
Gloeocapsopsis magma (Brébisson) Komárek & Anagnostidis ex Komárek, 1993
Gloeocapsopsis sp.
Jaaginema kisselevii (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988
Merismopedia elegans A.Braun ex Kützing, 1849
Merismopedia glauca (Ehrenberg) Kützing, 1845
Merismopedia minima G.Beck, 1897
Merismopedia punctata Meyen, 1839
Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing, 1846
Nodularia spumigena Mertens ex Bornet & Flahault, 1886
Oscillatoria tenuis C.Agardh ex Gomont, 1892
Dictyochophyceae
Apedinella radians (Lohmann) P.H.Campbell, 1973

Кінець таблиці А.1

Dinophyceae
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin, 1841
<i>Chimonodinium lomnickii</i> (Woloszynska) S.C. Craveiro, A.J.Calado, N.Daugbjerg, Gert Hansen & Ø.Moestrup, 2011
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent, 1881
<i>Dinophyceae</i> gen. sp.
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881
<i>Gonyaulax diegensis</i> Kofoed, 1911
<i>Gonyaulax</i> sp.
<i>Gymnodinium</i> sp.
<i>Gyrodinium</i> sp.
<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sournia, 1973
<i>Peridiniopsis</i> sp.
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) T.H.Abe ex J.D.Dodge, 1975
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D.Dodge, 1975
<i>Prorocentrum cordatum</i> var. <i>aralensis</i> (Kisselev) Krachmalny, 1993
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg, 1834
<i>Prorocentrum</i> sp.
<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen, 1904) Balech, 1974
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg, 1840) Balech, 1974
<i>Protoperidinium quarnerense</i> (B.Schröder, 1900) Balech, 1974
<i>Protoperidinium quinquecorne</i> (Abé, 1927) Balech, 1974
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech, 1974
<i>Protoperidinium</i> sp.
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III, 1976
<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez, 2013
Ebriophyceae
<i>Ebria tripartita</i> (J.Schumann) Lemmermann, 1899
Euglenoidea
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer, 1904
Flagellata
<i>Flagellata</i> gen. sp.
Prymnesiophyceae
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) W.W.Hay & H.P.Mohler, 1967
Trebouxiophyceae
<i>Oocystis</i> sp.
<i>Trebouxiophyceae</i> gen. sp.
Загалом – 108 таксонів

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ МЕЗОЗООПЛАНКТОНУ

Таблиця Б.1 – Список зареєстрованих у 2022 р. видів мезозоопланктону
в ПЗЧМ по сезонах

Таксономічна група	Таксон	зима	літо	осінь
Protozoa	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid & Swezy, 1921	+	+	+
	<i>Tintinnidiidae</i> Kofoid & Campbell, 1929, gen. sp.		+	+
Jellyfish	<i>Hydromedusa</i> Wagler, 1830			+
	<i>Aurelia aurita</i> (Linnaeus, 1758)	+		
	<i>Pleurobrachia pileus</i> (O. F. Müller, 1776)			+
	<i>Pleurobrachia rhodopsis</i> Chun, 1879		+	
Rotifera	<i>Synchaeta baltica</i> Ehrenberg, 1834	+	+	+
Cladocera	<i>Penilia avirostris</i> Dana, 1849		+	+
	<i>Pleopis polyphemoides</i> (Leuckart, 1859)	+	+	+
	<i>Podonevadne trigona</i> (G.O. Sars, 1897)		+	+
Calanoida	<i>Acartia (Acanthacartia) tonsa</i> Dana, 1849	+	+	+
	<i>Acartia (Acartiura) clausi</i> Giesbrecht, 1889	+		+
	<i>Centropages ponticus</i> Karavaev, 1895		+	
	<i>Heterocope caspia</i> Sars G.O., 1897	+		
Cyclopoida	<i>Oithona davisae</i> Ferrari F.D. & Orsi, 1984	+	+	+
	<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	+		+
	<i>Cyclopoida</i> gen. sp.	+	+	+
Harpacticoida	<i>Ameira</i> sp. Boeck, 1865		+	+
	<i>Amonardia</i> sp. Lang, 1944			+
	<i>Canuella perplexa</i> Scott T. & Scott A., 1893	+	+	+
	<i>Ectinosoma</i> sp. Boeck, 1865		+	+
	<i>Dactylopusia</i> sp. Norman, 1903			+
	<i>Harpacticus</i> sp. Milne Edwards H., 1840	+	+	+
	<i>Laophontidae</i> sp. Scott T., 1904	+	+	+
	<i>Mesochra</i> sp. Boeck, 1965			+
	<i>Metis ignea ignea</i> Philippi, 1843	+		
	<i>Nitocra</i> sp. Boeck, 1865			+
	<i>Tegastes longimanus</i> (Claus, 1863)			+
	<i>Thalestris longimana</i> Claus, 1863	+		
	<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>Cirripecta</i> Burmeister, 1834 nauplii	+	+	+
	<i>Decapoda</i> Latreille, 1802, gen. sp.		+	
	<i>Gastropoda</i> Cuvier, 1795, gen. sp.		+	+
	<i>Bivalvia</i> Linnaeus, 1758, gen. sp.	+	+	+
	<i>Ascidacea</i> Blainville, 1824, gen. sp.		+	+

Кінець таблиці Б1

Varia	<i>Mysida</i> Boas, 1883, gen. sp.	+	+	+
	<i>Parasagitta setosa</i> (J. Müller, 1847)		+	+
	<i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i> Fol, 1872	+	+	+
	Pisces, gen. sp.		+	
	<i>Hydrachnidia</i> Leach, 1815, gen. sp.		+	
	<i>Ostracoda</i> Latreille, 1802, gen. sp.	+		
	<i>Nematoda</i> , gen. sp		+	+
Загалом	45	23	30	33

ДОДАТОК В

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ МАКРОЗООБЕНТОСУ

Таблиця В.1 – Список зареєстрованих у 2022 р. видів макробоентосу в ПЗЧМ та ступінь їх зустрічаємості у пробах (%)

Назва таксону	Біотоп*				
	1	2	3	4	%
Annelida					
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	+	+	+		85,7
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	+	+	+	+	100
<i>Glycera tridactyla</i> Schmarda, 1861			+		28,6
<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	+				14,3
<i>Microspio mecznikowiana</i> (Claparède, 1869)			+		14,3
<i>Mysta picta</i> (Quatrefages, 1866)	+	+	+	+	85,7
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	+		+		42,9
<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	+				28,6
<i>Tubificoides</i> sp.	+	+	+	+	85,7
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)	+				14,3
<i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776)	+	+	+	+	85,7
Загалом: 11 видів	9	5	8	4	100
Anthozoa					
<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)	+				28,6
Arthropoda					
<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)		+	+		57,1
<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	+				28,6
<i>Chaetogammarus olivii</i> (H. Milne Edwards, 1830)	+		+		42,9
<i>Chironomus salinarius</i> Kieffer, 1915	+				14,3
<i>Corophium volutator</i> (Pallas, 1766)			+		14,3
<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	+				28,6
<i>Iphinoe maeotica</i> Sowinskyi, 1893		+	+		57,1
<i>Melita palmata</i> (Montagu, 1804)	+				28,6
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853	+	+	+		85,7
<i>Sphaeroma serratum</i> (Fabricius, 1787)	+	+			42,9
Загалом: 10 видів	7	4	5		85,7
Bryozoa					
<i>Lepralia pallasiana</i> (Moll, 1803)	+		+		42,9
<i>Membranipora</i> de Blainville, 1830	+				14,3
Загалом: 2 види	2		1		42,9

Кінець таблиці В.1

Mollusca					
<i>Abra nitida</i> (O. F. Müller, 1776)		+	+		57,1
<i>Caecum trachea</i> (Montagu, 1803)			+		14,3
<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguère, 1789)		+	+		57,1
<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)		+	+		57,1
<i>Moerella donacina</i> (Linnaeus, 1758)		+			14,3
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	+	+	+		71,4
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	+				14,3
Загалом: 7 видів	2	5	5		85,7
Усього макробентосу: 30 видів	22	14	19	4	100

* Біотопи: 1 - Штучний твердий субстрат (хвилеріз); 2 – Пісок; 3 – Пісок-мул; 4 – Мул після замору

ДОДАТОК Г

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ МЕЙОБЕНТОСУ

Таблиця Г.1 – Список зареєстрованих у 2022 р. видів мейобентосу в ПЗЧМ та ступінь їх зустрічаємості у пробах (%)

Таксон	Тип ґрунту *						Загальна зустрічальність, %
	літо			осінь			
	1	2	3	1	2	3	
Foraminifera							100
<i>Ammonia</i> Brünnich, 1771	+	+	+	+	+	+	100
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	-	-	-	50
Nematoda	+	+	+	+	+	+	100
Harpacticoida	+	+	+	+	+	-	83
<i>Canuella perplexa</i> Scott T. & Scott A., 1893	+	+	-	+	-	-	50
<i>Harpacticus</i> Milne Edwards H., 1840	-	+	-	-	-	-	17
<i>Ameira</i> Boeck, 1865	+	-	+	+	-	-	50
<i>Nitocra</i> Boeck, 1865	-	+	-	-	-	-	17
<i>Ectinosoma</i> Boeck, 1865	+	+	-	-	+	-	50
<i>Mesochra</i> Boeck, 1865	+	+	+	-	-	-	50
Laophontidae Scott T., 1904	-	+	-	-	-	-	17
<i>Dactylopusia</i> Norman, 1903	-	+	-	-	-	-	17
<i>Stenhelia</i> Boeck, 1865	-	+	-	-	-	-	17
Ostracoda	+	-	+	+	-	+	67
Kinorhyncha	-	-	+	-	-	-	17
Halacarida	+	-	-	-	-	-	17
L. Turbellaria	+	+	+	+	+	-	83
L. Polychaeta	+	+	+	+	+	-	83
L. Oligochaeta	+	+	+	+	+	-	83
L. Bivalvia	+	+	+	+	+	+	100
L. Gastropoda	+	+	+	+	-	+	83
L. Amphipoda	+	+	+	+	-	-	67
Загалом таксонів	16	18	14	12	8	5	

*Тип ґрунту: 1 – пісок, 2 – пісок з мулом та черепашкою, 3 – мул з піском та черепашкою

ДОДАТОК Г

ЗАРЕЄСТРОВАНІ ТАКСОНИ ТА ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МАКРОФІТОБЕНТОСУ

Таблиця Г.1 – Еколого-біологічна характеристика макрофітів на різних субстратах

№	Біорізноманіття	S/W _p	±	Ареал	Частота трапляння	Тривалість вегетації	Сапробіонтийний склад	вересень			жовтень				
								перифітон	перифітон	бентос	перифітон	перифітон	перифітон	бентос	бентос
								бетон	канат	пісок	бетон	канат	пластик	пісок	черепашиник,
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Chlorophyta															
1	<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C.Agardh, 1823	47.6	2.6	ШБ	П	Сз	М					+	+		
2	<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützing, 1849	28.37	0.58	БГ	С	Од	О				+				
3	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kützing, 1843	85.50	3,48	ШБ	С	Од	М	+							+
4	<i>Cl. sericea</i> (Hudson) Kützing, 1843	80.0	2.7	ШБ	С	Од	М	+							
5	<i>Cl. vagabunda</i> (Linnaeus) Hoek, 1963	47.82	2.84	ШБ	П	Од	П	+	+	+	+	+	+		+
6	<i>Ulva compressa</i> Linnaeus, 1753	34.2	1.7	К	П	Од	О	+		+					+

Продовження таблиці Г.1

7	<i>Ulva flexuosa</i> Wulfen, 1803	50.4	1.5	Бт	С	Од	М		+	+		+	+		+
8	<i>U. intestinalis</i> Linnaeus, 1753	36.16	1.11	К	П	Од	П			+	+	+	+		+
9	<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus, 1753	36.4	1.6	Бт	П	Од	М	+	+	+	+	+	+		+
10	<i>Ulvella leptochaete</i> (Huber) R.Nielsen, C.J.O'Kelly & B.Wysor, 2013	427.2	21.5	К	С	Од	О	+							
Rhodophyta															
11	<i>Acrochaetium parvulum</i> (Kylin) Hoyt, 1920	270.8	6.8	Аб	Р	Од	О								+
12	<i>Acrochaetium secundatum</i> (Lyngbye) Nägeli, 1858	270.8	6.1	Шб	П	Од	О		+		+	+	+	+	+
13	<i>Bangia atropurpurea</i> (Mertens ex Roth) C.Agardh, 1824	88.31	3.42	Шб	Р	Сз	П			+		+	+		
14	<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye, 1819	165.00	4.21	Нб	П	Од	П		+	+		+	+		+
15	<i>Carradoriella denudata</i> (Dillwyn) A.M.Savoie & G.W.Saunders, 2019	56.98	1.29	Бт	П	Од	М		+			+	+		+
16	<i>Ceramium siliculosum</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>Polysiphonia sanguinea</i> (C.Agardh) Zanardini, 1840	78.3	2.9	Нб	Р	Од	О?		+			+	+		
20	<i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) KMDrew, 1956 г.	280.6	4.8	Бт	Р	Сл	М			+					
Tracheophyta															
21	<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner, 1912	6.5	1.05	Шб	П	Бр	М			+		?			
22	<i>Zostera noltei</i> Hornemann, 1832	19.77	2.15	Шб	П	Бр	М		?					+	

ДОДАТОК Д

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ТАКСОНІВ МІКРОФІТОБЕНТОСУ

Таблиця Д.1 – Видовий склад мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ
восени 2022 року

№ з/п	Види та різновиди	Тверді субстрати				Пухкі субстрати		
		Яхт-клуб, бетон		Яхт-клуб, пластик		Яхт-клуб, пісок		Порт, мул
		Л	О	Л	О	Л	О	Л
	Відділ Cyanoprokaryota							
1	<i>Calothrix scopulorum</i> C.Agardh ex Bornet & Flahault, 1886	+						
2	<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli, 1849		+	+		+	+	+
3	<i>Ch. turgidus</i> (Kützing) Nägeli, 1849	+						
4	<i>Chrysosporum bergii</i> (Ostenfeld) E.Zapomelová, O.Skácelová, P.Pumann, R.Kopp&E.Janecek, 2012		+					
5	<i>Dolichospermum flosaquae</i> (Brébis-son ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek, 2009							+
6	<i>Glaucospira laxissima</i> (G.S.West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014			+				+
7	<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thuret) Geitler ex Komárek, 1993			+				
8	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	+	+	+	+	+	+	+
9	<i>Lyngbya confervoides</i> C.Agardh ex Gomont, 1892	+	+	+	+	+	+	+
10	<i>L. majuscula</i> Harvey ex Gomont, 1892	+			+			
11	<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun ex Kützing, 1849		+	+		+	+	+
15	<i>M. glauca</i> (Ehrenberg) Kützing, 1845	+	+	+	+	+	+	+
16	<i>M. tenuissima</i> Lemmermann, 1898					+	+	+
17	<i>M. tranquilla</i> (Ehrenberg) Trevisan, 1845					+		
18	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846					+	+	+
19	<i>Microcystis</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
20	<i>Oscillatoria</i> sp.	+						
21	<i>Phormidium chalybeum</i> (Mertens ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	+		+	+	+		+
22	<i>Ph. limosum</i> (Dillwyn) P.C.Silva, 1996	+	+	+	+	+	+	
23	<i>Ph. nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	+	+		+			

Продовження таблиці Д.1

24	<i>Spirulina tenuissima</i> Kützing, 1836	+	+	+	+			
	Всього ціанопрокаріот	12	10	11	9	11	9	11
	Відділ Euglenophyta							
1	<i>Eutreptia lanovii</i> Steuer, 1904					+	+	
	Всього еугленових					1	1	
	Відділ Dinophyta							
1	<i>Amphidinium acutissimum</i> Schiller, 1933					+	+	
2	<i>Amphidiniopsis bulla</i> Reñé, Satta & Hoppenrath, 2019					+	+	
3	<i>Dinophyta</i> sp.		+	+	+			
4	<i>Dinophyta</i> sp.2				+			
5	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881		+					
6	<i>Gymnodinium kowalevskii</i> Pitzik, 1967							+
7	<i>G. lacustre</i> J.Schiller, 1933					+		
8	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy, 1921						+	
9	<i>Kryptoperidinium triquetrum</i> (Ehrenberg) U.Tillmann, M.Gottschling, M.Elbrächter, W.H.Kusber & M.Hoppenrath, 2019	+				+	+	+
10	<i>Lingulodinium polyedra</i> (F.Stein) J.D.Dodge, 1989					+	+	
11	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ost.) Dodge, 1976				+	+	+	+
12	<i>P. micans</i> Ehrenberg, 1834	+	+	+		+		
13	<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S.Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling, 2015					+	+	
	Всього дінофітових	2	3	2	3	8	7	3
	Відділ Cryptophyta							
1	<i>Hillea fusiformis</i> (J.Schiller) J.Schiller, 1925	+	+	+	+	+	+	+
	Всього криптофітових	1	1	1	1	1	1	1
	Відділ Chrysophyta							
1	<i>Coccolithus</i> sp.	+						
2	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler, 1967	+	+	+	+	+	+	+
3	<i>Octactis speculum</i> (Ehrenberg) F.H/Chang, J.M.Grieve & J.E.Sutherland, 2017							+
4	<i>Syracolithus dalmaticus</i> (Kamptner) Leoblich Jr. & Tappan, 1966			+	+	+		+
	Всього золотистих	2	1	2	2	2	1	3
	Відділ Bacillariophyta							
1	<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh, 1824	+	+	+	+	+		
2	<i>A. longipes</i> C.Agardh, 1824		+	+	+		+	+
3	<i>A. lyrata</i> Proschkina-Lavrenko, 1961				+			
4	<i>Amphora arcus</i> Gregory, 1854		+					
5	<i>A. commutata</i> Grunow, 1880					+		
6	<i>A. graeffeana</i> Hendey, 1973						+	
7	<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing, 1844					+	+	+
8	<i>A. pediculus</i> (Kützing) Grunow ex A.Schmidt, 1875					+		
9	<i>A. proschkiniana</i> Gusliakov, 1987	+	+	+	+	+	+	+
10	<i>A. proteus</i> Gregory, 1857	+	+	+	+	+	+	+
11	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> E.Pfitzer, 1871					+	+	+
12	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979		+					+
13	<i>Auricula insecta</i> (Grunow) A.Schmidt, 1894	+		+				

Продовження таблиці Д.1

14	<i>Berkeleya rutilans</i> var. <i>Rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow, 1880					+		
15	<i>Caloneis amphisbaena</i> var. <i>subsalina</i> (Donkin) Cleve, 1894						+	
16	<i>C. liber</i> (W.Smith) Cleve, 1894		+	+	+	+	+	+
17	<i>C. westii</i> (W.Smith) Hendey, 1964		+	+	+	+	+	+
18	<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg, 1845		+					
19	<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G.Reid, 2012	+	+	+	+	+	+	
20	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey, 1937					+		+
21	<i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg, 1839	+	+	+	+	+	+	+
22	<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder, 1864						+	
23	<i>Ch. lorenzianus</i> Grunow, 1863						+	
24	<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory, 1855	+	+	+	+	+	+	+
25	<i>C. distans</i> W.Gregory, 1855			+	+	+		
26	<i>C. pediculus</i> Ehrenberg, 1838				+			
27	<i>C. scutellum</i> var. <i>scutellum</i> Ehrenberg, 1838	+	+	+	+	+		+
28	<i>C. scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunow) Cleve, 1895		+	+	+			+
29	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg, 1840	+	+	+	+	+	+	+
30	<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i> Prasad, 1990		+	+	+	+	+	+
31	<i>C. meneghiniana</i> Kützing, 1844					+		+
32	<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle, 1996			+			+	+
33	<i>Diatoma tenue</i> C.Agardh, 1812	+	+	+	+	+	+	+
34	<i>D. vulgaris</i> Bory de Saint-Vincent, 1824	+	+	+	+	+	+	+
35	<i>D. vulgaris</i> var. <i>breve</i> Grunow, 1862		+	+	+	+	+	+
36	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1853	+	+	+	+	+	+	
37	<i>D. chersonensis</i> (Grunow) Cleve, 1894					+		
38	<i>D. oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve-Euler, 1922		+	+			+	+
39	<i>D. smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grunow) Hustedt, 1937					+	+	+
40	<i>D. subadvena</i> Hustedt, 1937					+		
41	<i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow, 1885							+
42	<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1845				+	+		+
43	<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow, 1862		+		+			
44	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844		+		+			+
45	<i>Gyrosigma eximium</i> (Thwaites) Boyer, 1927							+
46	<i>G. prolongatum</i> (W.Sm.) (W.Smith) J.W.Griffith & Henfrey, 1856							+
47	<i>Halamphora coffeaeformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009	+	+	+	+	+	+	+
48	<i>H. cymbifera</i> (Gregory) Levkov, 2009	+	+	+	+	+	+	+
49	<i>H. eunotia</i> (Cleve) Levkov, 2009		+		+	+	+	+
50	<i>H. exigua</i> (Gregory) Levkov, 2009		+					
51	<i>H. hyalina</i> (Kützing) Rimet & R. Jahn in Rimet et al., 2018	+	+		+	+		+
52	<i>H. terroris</i> (Ehrenberg) Wang in Wang et al., 2014					+	+	
53	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow, 1879		+	+	+			+
54	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran, 1915				+			
55	<i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh, 1831		+		+			
56	<i>L. gracilis</i> (Ehr.) Grun., 1867	+	+	+	+	+	+	
57	<i>L. grandis</i> (Kützing) Grunow		+	+	+			
58	<i>L. ovulum</i> Mereschkovsky, 1902			+	+			
59	<i>Lyrella abrupta</i> (Gregory) D.G.Mann, 1990					+		
60	<i>L. atlantica</i> (Schmidt) D.G.Mann, 1990					+	+	

Продовження таблиці Д.1

61	<i>L. lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva, 1978		+					
62	<i>Mastogloia braunii</i> Grunow, 1863					+		
63	<i>M. erythraea</i> Grunow, 1860					+	+	+
64	<i>M. pumila</i> Cleve, 1895					+		
65	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh, 1824	+	+	+		+		+
66	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunow) Hustedt, 1927		+		+	+	+	+
67	<i>Navicula cancellata</i> Donkin, 1872		+	+	+	+	+	+
68	<i>N. cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs, 1861				+			
69	<i>N. cryptocephala</i> Kützing, 1844	+	+	+	+	+	+	+
70	<i>N. directa</i> (W.Smith) Ralfs in Pritchard, 1861		+	+	+	+	+	+
71	<i>N. distans</i> (W.Smith) Ralfs, 1861							+
72	<i>N. palpebralis</i> Brébisson ex W.Smith, 1853							+
73	<i>N. pennata</i> A.Schmidt, 1876	+	+	+	+	+	+	+
74	<i>N. peregrina</i> var. <i>peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	+	+	+	+	+		+
75	<i>N. ramosissima</i> (C.Agardh) Cleve, 1895	+	+	+	+	+	+	+
76	<i>N. salinarum</i> Grunow, 1880						+	+
77	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow, 1862		+					
78	<i>N. communis</i> Rabenhorst, 1860	+						
79	<i>N. commutata</i> Grunow, 1880				+		+	
80	<i>N. hybrida</i> f. <i>hybrida</i> Grunow in Cleve & Grunow, 1880						+	+
81	<i>N. intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow, 1880						+	
82	<i>N. lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i> W.Smith, 1853	+	+	+	+		+	+
83	<i>N. lanceolata</i> var. <i>minor</i> Grunow in Van Heurck 1881	+	+	+	+	+		+
84	<i>N. longissima</i> (Brébisson) Ralfs, 1861							+
85	<i>N. lorenziana</i> Grunow, 1879	+	+	+	+		+	+
86	<i>N. obtusa</i> W.Smith, 1853		+		+			
87	<i>N. pusilla</i> Grunow, 1862						+	
88	<i>N. sigma</i> (Kützing) W.Smith, 1853		+					+
89	<i>N. vitrea</i> G.Norman, 1861				+		+	
90	<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek, 1901) K.T. Kiss & Ács, 2016							+
91	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873		+		+		+	+
92	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J.Cox, 1988		+	+	+	+	+	+
93	<i>Petroneis humerosa</i> (Brébisson ex W.Smith) A.J.Stickle & D.G.Mann, 1990	+	+			+	+	+
94	<i>Pinnularia quadratarea</i> (A.Schmidt) Cleve, 1895							+
95	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round & Bukhtiyarova, 1996						+	+
96	<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Bukhtiyarova, 1999		+	+	+	+	+	+
97	<i>P. lanceolatum</i> var. <i>elliptica</i> Cleve, 1891					+		
98	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) W.Smith, 1852	+	+	+	+	+		+
99	<i>P. elongatum</i> W.Smith, 1852	+						+
100	<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère, 1982				+		+	
101	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928							+
102	<i>P. pungens</i> (Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993					+		+
103	<i>P. seriata</i> (Cleve) H.Peragallo, 1899			+				+
104	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström, 1986							+
105	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot, 1980				+			
106	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873							+

Кінець таблиці Д.1

107	<i>Stauroneis simulans</i> (Donk.) Ross ex Hartley, 1986	+	+	+	+		+	+
108	<i>Staurophora salina</i> (W.Smith) Mereschowsky, 1903	+	+		+	+	+	
109	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round, 1987	+						
110	<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1881	+		+	+	+	+	
111	<i>S. interrupta</i> (Ehrenberg) Heiberg, 1863		+		+			+
112	<i>S. unipunctata</i> (Lyngbye) C.Agardh, 1832		+	+	+		+	
113	<i>Synedra crystallina</i> (C.Agardh) Kützing 1844	+	+	+	+			+
114	<i>S. pulchella</i> Kützing, 1844		+		+			
115	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round, 1986	+	+	+	+		+	+
116	<i>T. gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova, 1995	+	+	+	+		+	
117	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschowsky, 1902			+	+		+	+
118	<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostensfeld, 1901	+	+	+	+	+		+
119	<i>Th. eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve, 1904		+					
120	<i>Th. parva</i> Proschkina-Lavrenko, 1955			+				
121	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894		+			+	+	+
122	<i>Tryblionella acuminata</i> W.Smith, 1853							+
123	<i>T. punctata</i> W.Smith, 1853		+					+
124	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère in Jahn <i>et al.</i> , 2001		+					+
	Всього діатомових	36	65	50	64	57	58	74
	Відділ Chlorophyta							
1	<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Tsarenko 2001							+
2	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze, 1898							+
3	<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald, 2000					+	+	+
4	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hindak, 1970							+
5	<i>M. convolutum</i> (Corda) Komárková-Legnerová, 1969							+
6	<i>Tetradismus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne, 2016							+
	Всього зелених					1	1	6
	Інші види							
1	<i>Flagellata sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+
	Всього флагеллят	1	1	1	1	1	1	1
	Разом видів мікрофітобентосу	54	81	67	80	82	79	99

... – Потенційно токсичні види водоростей