

УДК 574.58:581.52/582.275.39(262.5)

КП 72.19.16-00.00

№ держреєстрації 0117U007161

Інв.№

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор УкрНЦЕМ

канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.

_____ Коморін В. М.

_____ 2018 р.

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

ДІАГНОЗ СТАНУ ЕКОСИСТЕМИ БОТАНІЧНОГО ЗАКАЗНИКА
ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ «ФІЛОФОРНЕ ПОЛЕ ЗЕРНОВА»

Керівник НДР
Завідувач сектору охорони
морських біоценозів
відділу наукових досліджень
та охорони морських біоценозів

І. П. Трет'як

2017

Рукопис закінчено 26 грудня 2017 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол
від 15 січня 2018 р. № 1

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР,
завідувач сектору
охорони морських біоценозів
відділу наукових досліджень та
охорони морських біоценозів
Виконавці:

Директор УкрНЦЕМ,
канд. геогр. наук, старш. наук. співроб

Начальник відділу наукових
досліджень та охорони морських
біоценозів,
канд. біол. наук

Завідувач сектору гідробіологічних
досліджень відділу наукових
досліджень та охорони морських
біоценозів,
канд. біол. наук

Наук. співроб. сектору
гідробіологічних досліджень відділу
наукових досліджень та охорони
морських біоценозів
канд. біол. наук

І. П. Трет'як
(вступ; розділ 1;
підрозділ 2.4; висновки)

В. М. Коморін
(розділ 3; висновки)

С. П. Ковалишина
(розділ 1; підрозділ 2.3;
висновки)

М. О. Грандова
(розділ 1; підрозділ 2.1;
висновки)

Г. В. Теренько
(розділ 1; підрозділ 2.1;
висновки)

Наук. співроб. сектору
гідробіологічних досліджень відділу
наукових досліджень та охорони
морських біоценозів

М. В. Набокін
(розділ 1; підрозділ 2.2;
висновки)

Наук. співроб. відділу аналізу
морських екосистем та
антропогенного навантаження,
канд. біол. наук

Т. О. Чужекова
(розділ 1; підрозділ 2.3;
висновки)

Наук. співроб. сектору
гідробіологічних досліджень відділу
наукових досліджень та охорони
морських біоценозів

О. Г. Качалов
(розділ 1; підрозділ 2.3;
висновки)

Наук. співроб. відділу аналітичних
досліджень та організації моніторингу

Т. В. Сібілева
(нормоконтроль)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 74 стор., 26 табл., 40 рис., 39 джерел.

ДІАГНОЗ СТАНУ ЕКОСИСТЕМИ ЗАКАЗНИКА «ФІЛОФОРНЕ ПОЛЕ ЗЕРНОВА», ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ БІОРІЗНОМАНІТТЯ БІОЦЕНОЗІВ.

Об'єкт дослідження – біоценози та навколишнє природне середовища Філофорного поля Зернова.

Метою науково-дослідної роботи був діагноз стану екосистеми ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» на основі інформації про сучасний стан його біорізноманіття.

Головними завданнями роботи були:

- виявлення сучасного видового складу планктонних та бентосних спільнот району;
- проведення оцінки стану біологічного різноманіття;
- надання узагальненого діагнозу екологічного стану акваторії заказника.

У звіті представлені матеріали досліджень з оцінки біорізноманіття пелагічних і донних біоценозів акваторії заказника стандартними гідробіологічними методами. Проведено аналіз динаміки стану екосистеми Філофорного поля Зернова під впливом природних та антропогенних факторів середовища методом математичного моделювання.

Дослідження сучасного стану біорізноманіття ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» допоможе діагностувати стан його екосистеми.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| | С. |
| Перелік скорочень та умовних позначок..... | 6 |
| Вступ..... | 7 |
| 1 Матеріали і методи досліджень..... | 8 |
| 2 Сучасний стан біорізноманіття поля Зернова..... | 12 |
| 2.1 Біорізноманіття фітопланктону Філофорного поля Зернова..... | 12 |
| 2.2 Якісні та кількісні показники зоопланктону Філофорного поля..... | 21 |
| 2.3 Сучасний стан макрзообентосу району досліджень..... | 25 |
| 2.3.1 Динаміка чисельності та біомаси..... | 28 |
| 2.3.2 Екологічний стан угруповань зообентосу..... | 30 |
| 2.4 Біорізноманіття макрофітів району досліджень..... | 31 |
| 2.4.1 Видовий склад макрофітобентосу..... | 32 |
| 2.4.2 Використання морфо-функціональних показників фітобентосу для оцінки класу екологічного статусу Філофорного поля..... | 35 |
| 2.4.3 Морфометрична диференціація <i>Phyllophora crispa</i> та <i>Coccotylus truncatus</i> | 45 |
| 3 Аналіз динаміки стану екосистеми Філофорного поля Зернова під впливом природних та антропогенних факторів середовища методом математичного моделювання..... | 50 |
| 3.1 Математична модель екосистеми північно-західного шельфу Чорного моря..... | 50 |
| 3.2 Постановка завдання..... | 55 |
| 3.3 Аналіз результатів математичного моделювання..... | 58 |
| Висновки..... | 60 |
| Перелік джерел посилання..... | 64 |
| Додатки..... | 69 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

МБС-9 – мікроскоп бінокулярний стереоскопічний

ПЗЧМ – північно-західна частина Чорного моря

ПЗШ – північно-західний шельф

ФПЗ – Філофорне поле Зернова

AQUATOX – модель оцінки екологічного ризику

AMBI – багатовимірний морський біотичний індекс

EI – індекс екологічної оцінки (Ecological Evaluation Index)

EQR – екологічні ресурси якості (Environmental Quality Resources)

ESC – клас екологічного статусу (Ecological Status Class)

SI_{ph} – індекс поверхні фітоценозу (Phytosenouces Surface Index)

S/W_{3Dp} – індекс екологічної активності трьох домінантів

S/W_p – індекс питомої поверхні популяції

S/W_x – індекс середньої питомої поверхні структурних елементів водоростей

WoRMS – світовий реєстр морських видів (World Register of Marine Species)

ВСТУП

Поле Зернова являє собою унікальне явище, незвичайну асоціацію живих організмів, єдине в своєму роді поєднання оточуючих фізико-географічних умов. Указом президента України № 1064/2008 від 21.11.2008 створено ботанічний заказник загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» (ФПЗ) [1].

Метою регулярного контролю (моніторингу) за станом екосистеми району Заказника є розробка наукових засад збереження біологічного різноманіття цієї акваторії [2]. Водночас стан екосистеми Філофорного поля є індикатором стану екосистеми всієї північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) [3], що дозволяє використовувати дані моніторингу акваторії заказника як важливу складову загальної системи державного екологічного моніторингу Чорного моря.

На основі інформації про сучасний стан біорізноманіття ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» можливо діагностувати стан його екосистеми.

1 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У 2017 році року була здійснена оцінка сучасного стану біорізноманіття пелагічних і донних біоценозів акваторії ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова».

Проби для визначення видового складу планктонних (фіто- й зоопланктон) та бентосних (макрозоо- та макрофітобентос) спільнот району дослідження відбирали під час експедиційного рейсу науково-дослідного, водолазного судна «Auguste Piccard» в період з 11.04.2017 по 13.04.2017; з 10.07.2017 по 11.07.2017; з 15.08.2017 по 21.08.2017.

Матеріалом для дослідження біорізноманіття фітопланктону послуговували 70 проб, відібраних на 4-х станціях, розташованих в районі ФПЗ. Розташування станцій показано на рисунку 1.1. В квітні були зроблені додаткові станції 4А та 9А.

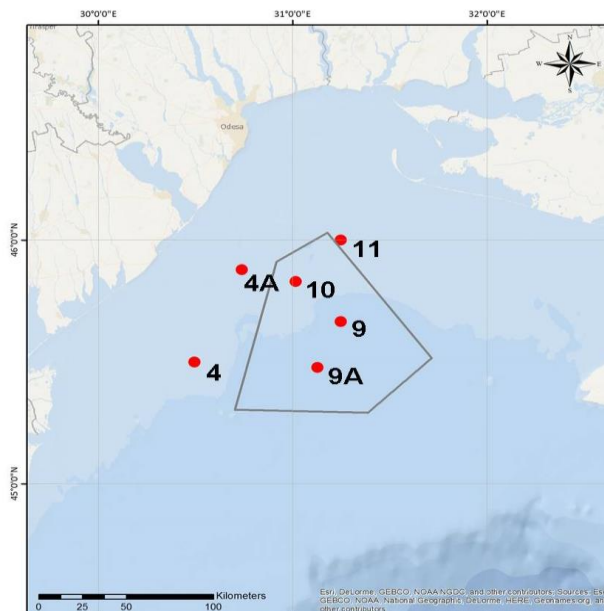


Рисунок 1.1 – Карта-схема відбору проб в районі ФПЗ в квітні, липні та серпні 2017 року.

Проби фітопланктону відбирали батометром Молчанова з поверхні і 3 л батометрами Ніскіна з горизонтів від 5 м до 40 м, паралельно проводячи визначення гідрологічних і гідрохімічних параметрів морського середовища. Проби води об'ємом від 1,5 л до 2 л концентрували методом зворотньої фільтрації, з використанням ядерних (нуклеопорових) фільтрів з діаметром пір 1,5 мкм, згущаючи до обсягу від 50 мл до 60 мл, з подальшою фіксацією 40 % нейтралізованим формаліном. Надалі, проводили повторне згущення, доводячи об'єм проби від 15 мл до 20 мл. Кількісний облік клітин проводили в лічильній камері Ножотта об'ємом 0,05 мл під світловим мікроскопом «Микмед-2» при збільшенні $\times 150$, $\times 600$ з використанням фазово-контрастної мікроскопії. Таксономічна ревізія видів проведена з використанням Міжнародного електронного каталогу WORMS [4].

Для відбору проб зоопланктону, коли глибина потребувала взяття проб на різних горизонтах, використовували малу сітку Джеді (діаметр вхідного отвору – 37 см, розмір вічка мірошникового гасу – 150 мкм). Проби фіксували 4 % розчином формальдегіду. Ідентифікацію організмів зоопланктону проводили у камері Богорова-Расса за допомогою світлового мікроскопа МБС-9 з використанням визначників фауни Чорного та Азовського морів [5]-[7], інших визначників [8]-[10], деяких наукових статей та інших джерел [11].

Біомаса визначалася за допомогою рівняння алометричного росту [12].

Макрозообентос збирали за допомогою черпака Океан 0,1 м² й бентосних рамок площею 0,01 м² (одна проба 0,03 м²) за допомогою аквалангістів. Відібрані проби промивали відфільтрованою морською водою крізь систему бентосних сит, мінімальний діаметр вічка котрих був 0,5 мм. Аналіз видового складу проб здійснювали на борту судна одразу після пробовідбору. Для визначення дрібних форм та біомаси гідробіонтів проби фіксували 4 % розчином формаліну на період до 30 діб. Важення гідробіонтів проводили на електронних вагах с точністю до 0,01 г. Гідробіологічний аналіз проб макрозообентосу визначав наступні біологічні параметри: видова належність організмів, їх чисельність – N (екз/м²). біомаса – B (г/м²).

Відбір проб макрозообентосу та їх подальша камеральна обробка в умовах берегової лабораторії проводилась відповідно до стандартних методів [13]. Видова приналежність організмів макрозообентосу визначалась з використанням відповідних визначників [5]-[7], [14]-[15].

Оскільки ФПЗ розташоване глибинах від 25 м до 50 м проби макрофітобентосу засновані головним чином на зборах, проведених за допомогою аквалангістів. У роботі брав участь майже один і той же склад аквалангістів, які заздалегідь були ознайомлені з масовими видами фітобентосу і з методикою підводних гідроботанічних досліджень.

Досвід багаторічних спостережень показав, що вивчення підводної рослинності із застосуванням легководолазного спорядження дуже ефективно і дозволяє в тому числі:

- отримати більш точні дані: про видовий склад макрофітів досліджуваного району; про структуру фітоценозів і межих їх поширення; про чисельність і біомасу фітобентосу до глибини 40 м при будь-якому ґрунті, рельєф дна і в різні сезони року; про розмірний, віковий і ваговий склад популяцій масових видів;
- провести фото- і відеозйомки розподілу рослинних угруповань; визначити процент проективного покриття дна водоростями і ін.

Порівняльне вивчення різних методів відбору проб під водою дозволило зробити висновок про те, що дночерпаки не придатні для кількісного обліку не тільки макрофітів, що ростуть на твердих ґрунтах, але й водоростей, що лежать в вигляді пласта на рівному мулистому або піщаному дні з домішкою черепашнику. Згідно з проведеними спостереженнями, вагові показники фітобентосу, видобутого за допомогою дночерпака, в півтора рази нижче, ніж отриманого аквалангістами [16]. Дночерпаки можна застосовувати тільки при дослідженні відкритих фітоценозів зі слабо розвиненим рослинним покривом і розташованих на м'яких ґрунтах. На кожній станції у квітні, липні та серпні за допомогою металеві рамки розміром 20 см × 20 см бралися від 1 пробного майданчика до 5 пробних майданчиків. При описі гідроботанічних майданчиків враховувалися

такі показники: проективне покриття, видовий склад, біомаса. Крім того, відзначалися глибина, ґрунт, солоність і прозорість води [17].

Проби зберігали у морозильній камері при температурі мінус 17 °С. Лабораторна обробка проб проводилася за допомогою світлового мікроскопа Olympus BH-2 та лабораторних ваг з точністю від 0,001 г. Підготовка оптики й водоростей до визначення проводили за методиками, описаними у посібнику В. Е. Козлова й Н. А. Наумова [18]. Визначення якісного складу макрофітобентосу проводили до виду. Ідентифікацію видового складу водоростей-макрофітів проводили за визначником А. Д. Зінової [19]. Крім видового складу, визначалась також біомаса кожного виду та макрофітобентосу в цілому на 1 м² дна (шляхом перерахунку даних зважування кількісних проб на коефіцієнт 25, оскільки площа захоплення використаної рамки становить 0,04 м²).

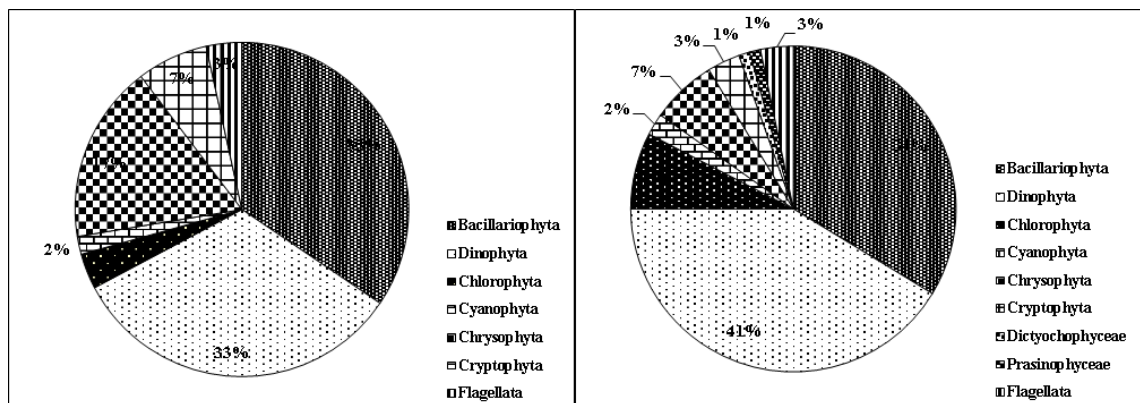
Крім того, використовували морфофункціональні параметри макрофітов для оцінки класу екологічного статусу акваторії відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС [20].

Таксономічна структура флори і видові назви водоростей представлені у звіті у відповідності за загальноприйнятою у світовій практиці системою класифікації [4], [21].

2 СУЧАСНИЙ СТАН БІОРІЗНОМАНІТТЯ ПОЛЯ ЗЕРНОВА

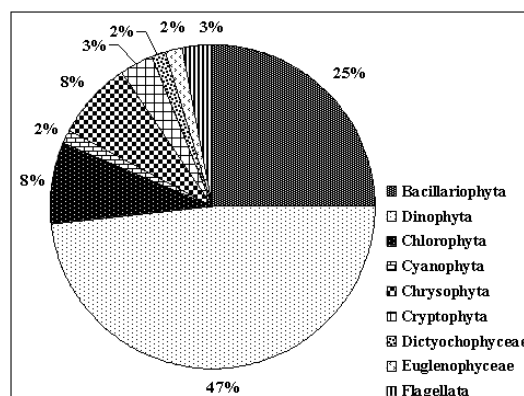
2.1 Біорізноманіття фітопланктону Філофорного поля Зернова

У весняному фітопланктоні Філофорного поля було відмічено 58 видів мікроводоростей, що відносяться до 7 великих таксонів: Bacillariophyta (35 %), Dinophyta (33 %), Chlorophyta (3 %), Cyanophyta (2 %), Chrysophyta (17 %), Cryptophyta (7 %) і Flagellata (3 %). У весняний період найбільшим числом видів характеризувалися діатомові (20 видів) і дінофітові (19 видів); зелені (2), синьо-зелені (1), золотисті (10), кріптофітові (4) та ультрапланктонні форми Flagellata (2) налічували в своєму складі невелике число таксонів (рис. 2.1.1(a)).



а) квітень;

б) липень;



в) серпень.

Рисунок 2.1.1 – Таксономічний склад мікроводоростей ФПЗ у 2017 році

У літньому фітопланктоні число видів, в порівнянні з весняним періодом, з 1,6 раз до 2 раз зросло число видів дінофітових, в 3,5 рази – зелених, при цьому майже наполовину зменшилося число видів золотистих. Так, в липні на Філофорному полі було відмічено 92 видів і різновидів мікроводоростей, що відносилися до 9 великих таксонів: Bacillariophyta (34 %), Dinophyta (41 %), Chlorophyta (8 %), Cyanophyta (2 %), Chrysophyta (7 %), Cryptophyta (3 %), Dictyochophyceae (1 %), Prasinophyceae (1 %) і Flagellata (3 %). У липні, як і в квітні, найбільшим числом видів характеризувалися діатомові (31 вид) і динофітові (38 видів); зелені (7 видів), синьо-зелені (2), золотисті (6), кріптофітові (3), діктіохові (1), прازیнофітові (1) і ультрапланктонні форми Flagellata (3) налічували в своєму складі невелику кількість таксонів (див. рис. 2.1.1(б)).

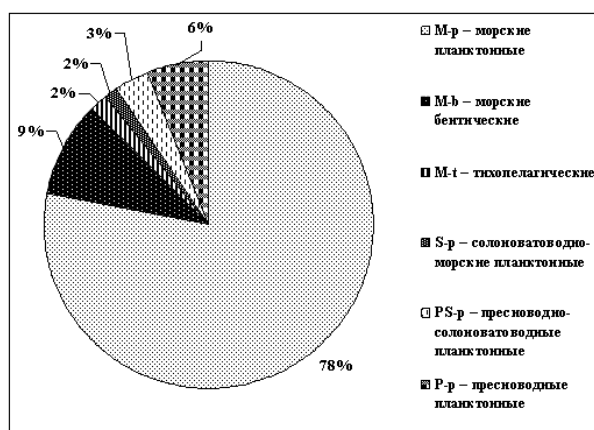
У серпні в фітопланктоні ФПЗ було відмічено 64 видів мікроводоростей, що належали до 9 великих таксонів: Bacillariophyta (25 %), Dinophyta (47 %), Chlorophyta (8 %), Cyanophyta (2 %), Chrysophyta (8 %), Cryptophyta (3 %), Dictyochophyceae (2 %), Euglenophyceae (2 %) і Flagellata (3 %). Найбільшим числом видів також характеризувалися діатомові (16 вид) і динофітові (31 вид), зелені (5 видів), синьо-зелені (1), золотисті (5), кріптофітові (2), діктіохофітові (1), еугленофітові (1) і ультрапланктонні форми Flagellata (2) налічували в своєму складі невелику кількість таксонів (див. рис. 2.1.1(в)).

Планктонний альгоценоз в районі Філофорного поля в квітні по належності до екологічних груп переважно характеризувався як морський планктонний (71 % видів), до морських бентичних належали 16 % видів, морських бентопланктонних або тихопелагічних 2 %, солоноватоводно-морських планктонних 3 %, прісноводно-солоноватоводних планктонних 3 %, прісноводних планктонних 3 %, прісноводних бентичних 2 % (рис. 2.1.2(а)). Збільшення частки морських бентичних форм пов'язано з нестабільністю вітрової складової гідрологічного режиму в весняний період і потрапляння бентосних діатомей в верхні горизонтальні шари.



а) квітень;

б) липень;



в) серпень.

Рисунок 2.1.2 – Екологічні групи мікродоростей ФПЗ у 2017 році

У липні мікродорості розподілялися за екологічними групами наступним чином: морські планктонні 74 %, морські бентичні 13 %, морські бенто-планктонні або тихопелагічні 1 %, солоноватоводно-морські планктонні 2 %, прісноводно-солоноватоводні планктонні 3 %, прісноводні планктонні 7 % (рис. 2.1.2(б)).

У серпні морські планктонні склали 78 % видів, морські бентичні 9 %, морські бенто-планктонні або тихопелагічні 2 %, солоноватоводно-морські планктонні 2 %, прісноводно-солоноватоводні планктонні 3 %, прісноводні планктонні 6 % (рис. 2.1.2(в)).

Аналіз кількісних показників фітопланктону досліджуваних станцій в квітні 2017 року показав, що максимальна чисельність в поверхневому горизонті була

zareєстрована на двох станціях: ст. 11 – 71 тис. кл/л і ст. 4А – 66 тис. кл/л, де була відзначена і максимальна біомаса – 413 мг/м³, що пов'язано з прямим впливом вод Дністровського лиману. Мінімальні кількісні показники zareєстровані на мористій станції 9, а саме 27 тис. кл/л і 32 мг/м³. Збільшення кількісних показників по станціях пов'язано з присутністю в планктоні великих форм дінофітових морського генезису, переважно роду *Protoperidinium*, і гетеротрофних форм дінофітових роду *Gyrodinium*, а також міксотрофної дінофітової *Heterocapsa triquetra* (рис. 2.1.3(a), (б)).

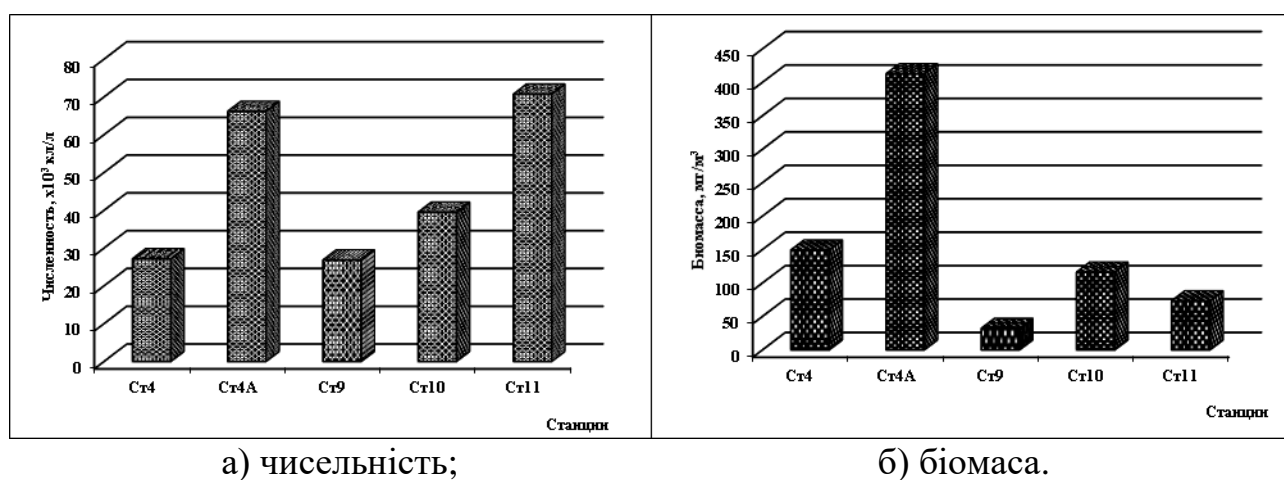
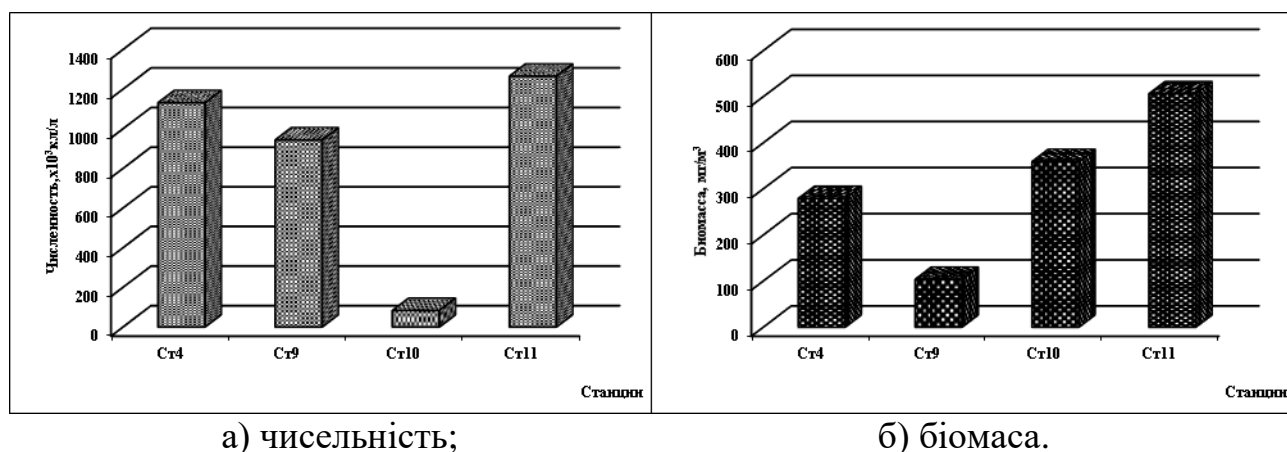


Рисунок 2.1.3 – Розподіл кількісних показників фітопланктону ФПЗ в поверхневому горизонті в квітні 2017 року

Аналіз кількісних показників фітопланктону досліджуваних станцій в липні 2017 р. показав, що максимальна чисельність в поверхневому горизонті була zareєстрована на двох станціях: ст. 11 (1 265 тис. кл/л) і ст. 4 (1 131 тис. кл/л), максимальна біомаса – на ст. 11 (506 мг/м³) і на ст. 10 (359 мг/м³), що пов'язано з прямим впливом вод Дністровського лиману. У цей період на трьох станціях спостерігали «цвітіння» води, викликане масовим розвитком кокколітофоріди *Emiliana huxleyi*, чисельність якої становила від 871 тис. кл/л (ст. 9) до 1 221 тис. кл/л (ст. 11). Максимум біомаси був сформований розвитком літнього комплексу мікродоростей: крупноклітинних діатомей *Pseudosolenia calcar-avis* і *Cerataulina pelagica*, гетеротрофних форм дінофітових роду *Gyrodinium*, роду

Prorocentrum і крупноклітинних панцирних роду *Ceratium* (рис. 2.1.4(а), (б)).



а) чисельність;

б) біомаса.

Рисунок 2.1.4 – Розподіл кількісних показників фітопланктону ФПЗ в поверхневому горизонті в липні 2017 року

Аналіз кількісних показників фітопланктону досліджуваних станцій в серпні 2017 р. показав, що максимальна чисельність в поверхневому горизонті була зареєстрована мористій станції 9 (214 тис. кл/л). Тут спостерігали незначне скупчення кокколітофориди *Emiliana huxleyi*, чисельність якої становила 179 тис. кл/л, при температурі морської води 25,8 °С і солоності 15,97 ‰. Максимальну біомасу на ст. 11 (1 117 мг/м³) формував літній комплекс теплолюбних дінофітових роду *Gyrodinium*, *Protoperidinium*, *Gymnodinium*, *Tripos* і крупноклітинної діатомеї *Pseudosolenia calcar-avis*, біомаса якої складала 913 мг/м³ (рис. 2.1.5(а), (б)).

Максимальна чисельність на горизонті 10 м в квітні була зареєстрована на 11 ст. (103 тис. кл/л), за рахунок розвитку нової для Чорного моря ультрапланктонної флагелляти морського генезису *Ollicola vangoorii* (75 тис. кл/л), при температурі морської води 7,12°С і солоності 17,06 ‰. На другий за чисельністю станції 4 (42 тис. кл/л) в альгоценозе спостерігали формування ранньовесняної популяції кокколітофориди *Emiliana huxleyi* (14 тис. кл/л) при температурі морської води 7,48 °С і солоності 16,61 ‰.

Максимальна біомаса була відзначена на ст. 4 та ст. 4А (259 мг/м³ та 184 мг/м³, відповідно), що було пов'язано, в першу чергу, з розвитком великих морських гетеротрофних дінофітових родів *Gyrodinium* і *Protoperidinium*, а також міксотрофної дінофітової *Heterocapsa triquetra* (рисунок 2.1.6(а), (б)).

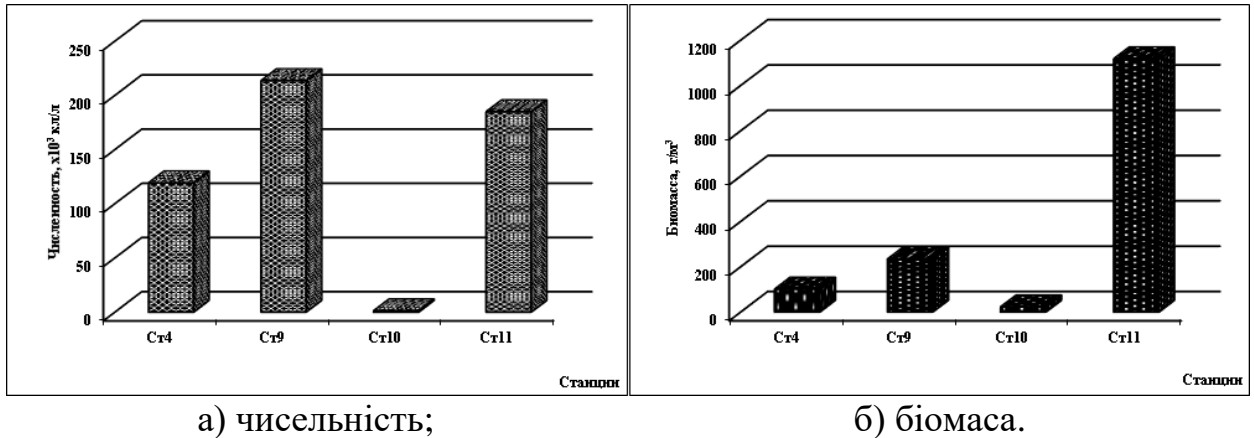


Рисунок 2.1.5 – Розподіл кількісних показників фітопланктону ФПЗ в поверхневому горизонті в серпні 2017 року

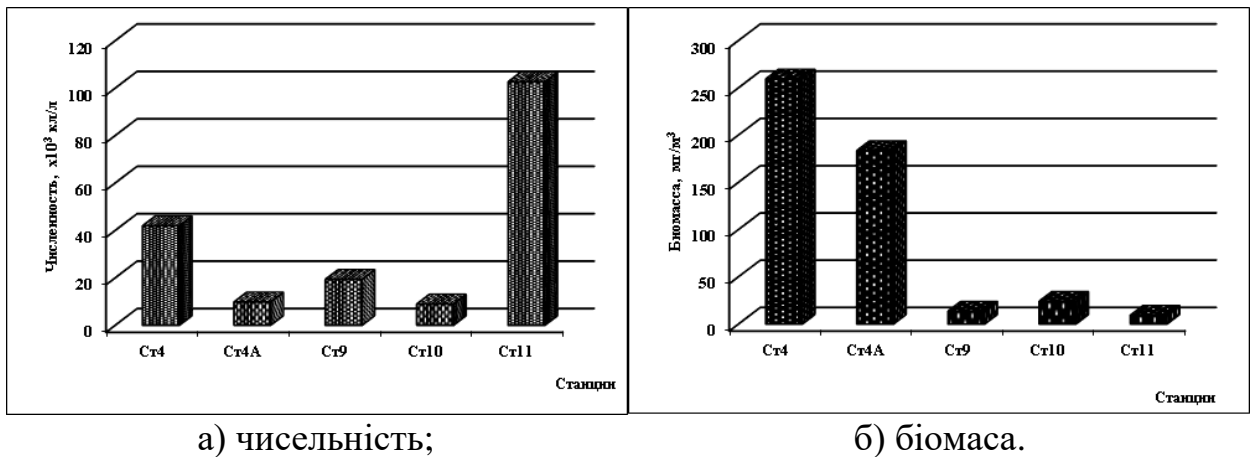
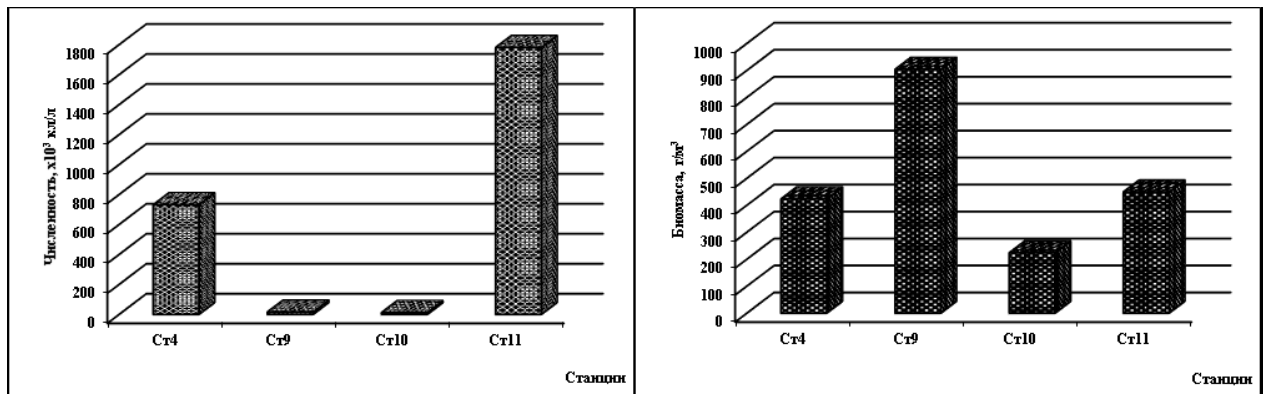


Рисунок 2.1.6 – Розподіл кількісних показників фітопланктону ФПЗ на горизонті 10 м в квітні 2017 року

Максимальна чисельність на 10 метровому горизонті в липні була відзначена на 11 ст. (1 782 тис. кл/л), за рахунок «цвітіння» кокколітофоріди *Emiliania huxleyi*, чисельність якої тут була максимальною за весь період

досліджень і склала 1 738 тис. кл/л, при температурі морської води 21,7 °С і солоності 15,45 ‰. Максимальна біомаса в липні була відзначена на ст. 9 (904 мг/м³), за рахунок крупноклеточної діатомеї *Pseudosolenia calcar-avis*. На інших станціях біомасу формували гетеротрофні динофітових роду *Gyrodinium* і крупноклеточні панцирні роду *Ceratium* (рисунк 2.1.7(а), (б)).



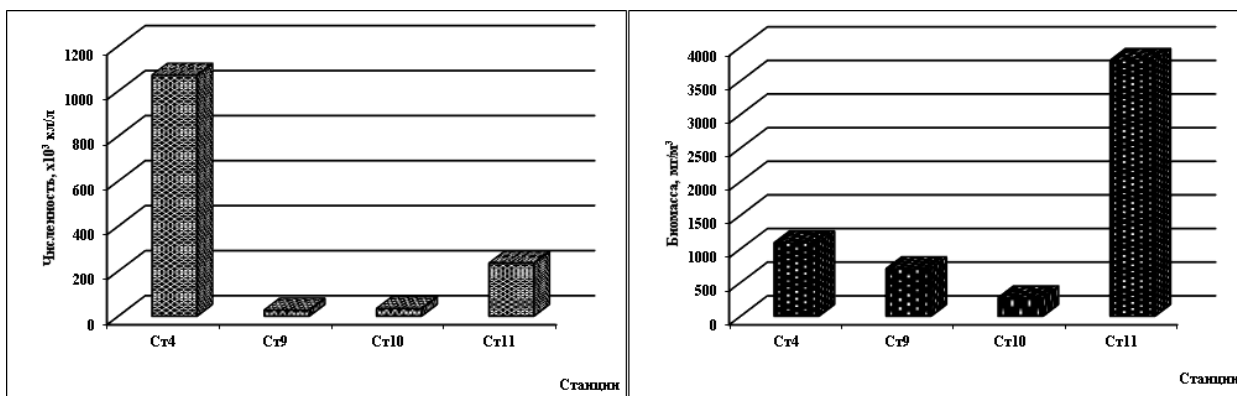
а) чисельність;

б) біомаса.

Рисунок 2.1.7 – Розподіл кількісних показників ФПЗ на горизонті 10 м в липні 2017 року

У літній період у відкритих районах моря спостерігалось формування явища термокліна, яке може супроводжуватися «міграцією» верхньої межі термокліну в більш глибокі шари моря. Так, в серпні, верхній шар термокліна розташовувався на глибині від 14 м до 18 м. Максимальна чисельність фітопланктону у верхньому перемішаному шарі в серпні була відзначена на ст. 4 (1 070 тис. кл/л), за рахунок високого числа видів (31). Високе біорізноманіття було пов'язано з формуванням планктонного альгоценоза морськими представниками родів *Dinophysis*, *Gyrodinium*, *Protoperidinium*, *Ceratium*. Максимальна біомаса за весь період дослідження була зареєстрована на ст. 11 (3 805 мг/м³), за рахунок розвитку крупноклітинної діатомеї *Pseudosolenia calcar-avis*, біомаса якої склала 3 539,47 мг/м³ (рис. 2.1.8 (а), (б)).

Максимальна чисельність в придонному горизонті в квітні була зареєстрована на ст. 4 та ст. 4А (16 тис. кл/л та 8,6 тис. кл/л, відповідно).

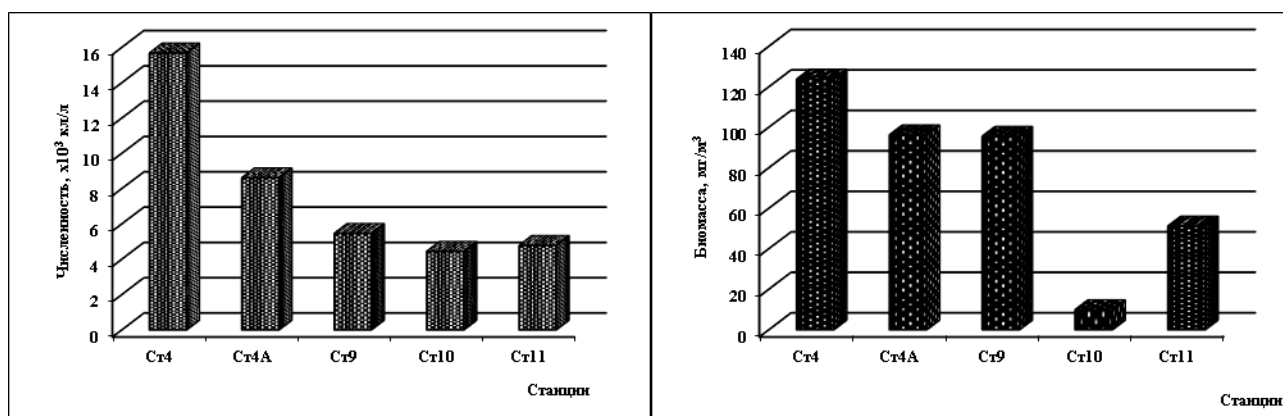


а) чисельність;

б) біомаса.

Рисунок 2.1.8 – Розподіл кількісних показників фітопланктону ФПЗ у верхньому перемішаному шарі в серпні 2017 року

Максимальна біомаса була зареєстрована на цих же станціях: ст. 4 (124 мг/м³) і ст. 4А (96 мг/м³), за рахунок присутності в планктоні великих дінофітових роду *Protoperidinium* і значного числа бентосних діатомей роду *Cocconeis*, *Tabularia*, *Navicula*, а також міксотрофної дінофітової *Heterocapsa triquetra* (рис. 2.1.9(a), (б)).



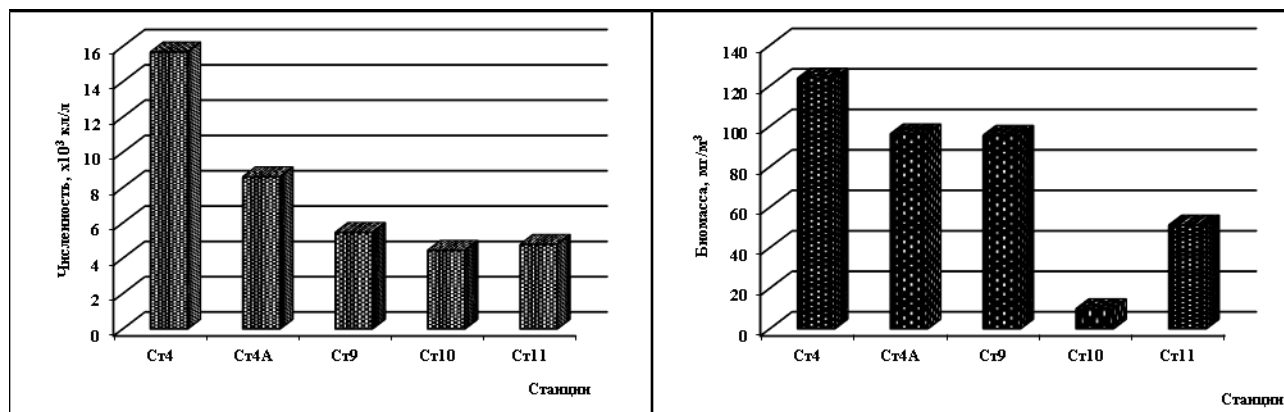
а) чисельність;

б) біомаса.

Рисунок 2.1.9 – Розподіл кількісних показників фітопланктону ФПЗ у придонному горизонті в квітні 2017 року

Слід зазначити, що на більш глибоководній 9 станції (40 м) у придонному горизонті були відзначені такі ж самі показники біомаси, що й на ст. 4А (24 м) (95 мг/м³ та 96 мг/м³). Цей горизонт виявився найкращим для представників

морських гетеротрофних динофлагеллят роду *Gyrodinium* і міксотрофних роду *Protoperidinium*, які існували без достатнього освітлення, при невеликій температурі води 5,83 °С і високій солоності 18,58 ‰ (рис. 2.1.10(а), (б)).

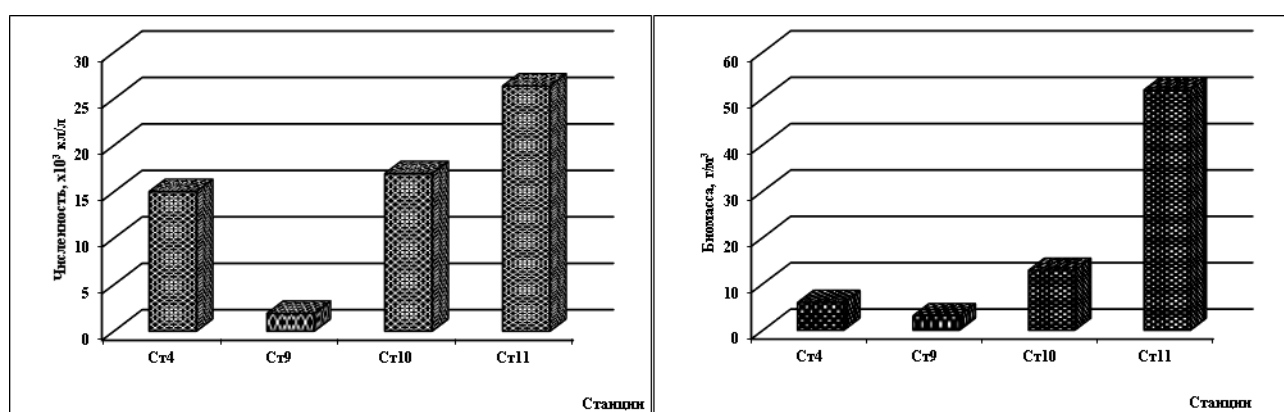


а) чисельність;

б) біомаса.

Рисунок 2.1.10 – Розподіл кількісних показників фітопланктону ФПЗ у придонному горизонті в квітні 2017 року

Максимальна чисельність в придонному горизонті в липні була зареєстрована на ст. 11 – 26 тис. кл/л, тут же спостерігалась і максимальна біомаса (51,8 мг/м³), за рахунок розвитку крупноклітинної діатомеї *Pseudosolenia calcar-avis* (рис. 2.1.11(а), (б)).



а) чисельність;

б) біомаса.

Рисунок 2.1.11. – Розподіл кількісних показників фітопланктону ФПЗ у придонному горизонті в липні 2017 року

Максимальна чисельність в придонному горизонті в серпні була відзначена на ст. 4 – 37,5 тис. кл/л, за рахунок високого числа видів (24). Високе біорізноманіття було пов'язано з формуванням альгокомплексу планктонних і бентосних форм морського генезису. Максимальна біомаса була відзначена на цій же станції – 673 мг/м³, за рахунок розвитку крупноклітинної діатомеї *Pseudosolenia calcar-avis*, біомаса якої склала 494 мг/м³. Домінування по біомасі цієї діатомеї спостерігалось на всіх станціях придонного горизонту в серпні 2017 року (рис. 2.1.12(а), (б)).

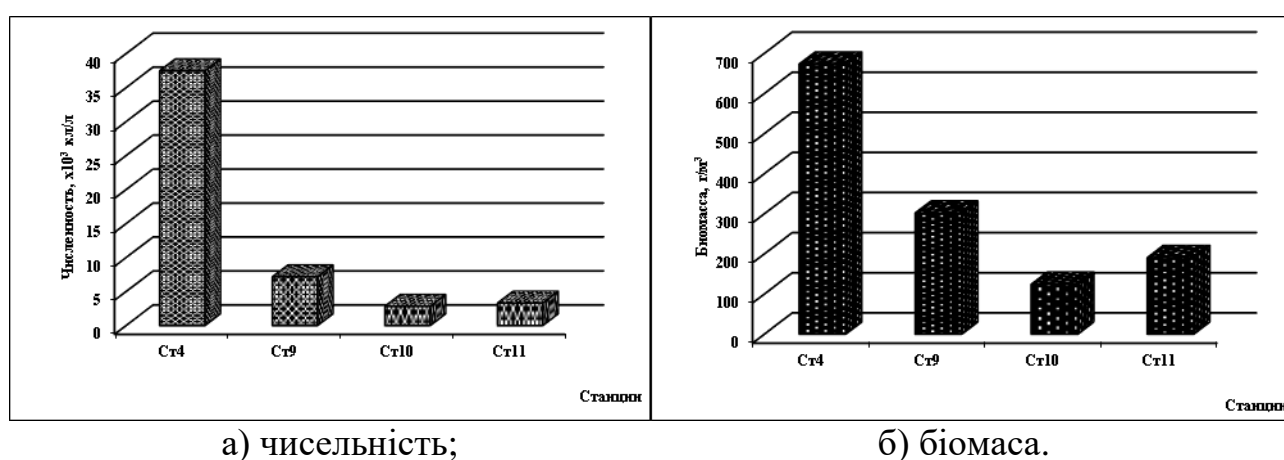


Рисунок 2.1.12 – Розподіл кількісних показників фітопланктону ФПЗ у придонному горизонті в серпні 2017 року

2.2 Якісні та кількісні показники зоопланктону Філофорного поля

Навесні мезозоопланктон Філофорного поля був представлений в основному ротіферами роду *Synchaeta* і копеподами різних видів (*Oithona davisae*; *Acartia* sp.; *Paracalanus parvus*; *Pseudocalanus elongatus*), в меншій мірі в ньому зустрічалися організми меропланктону.

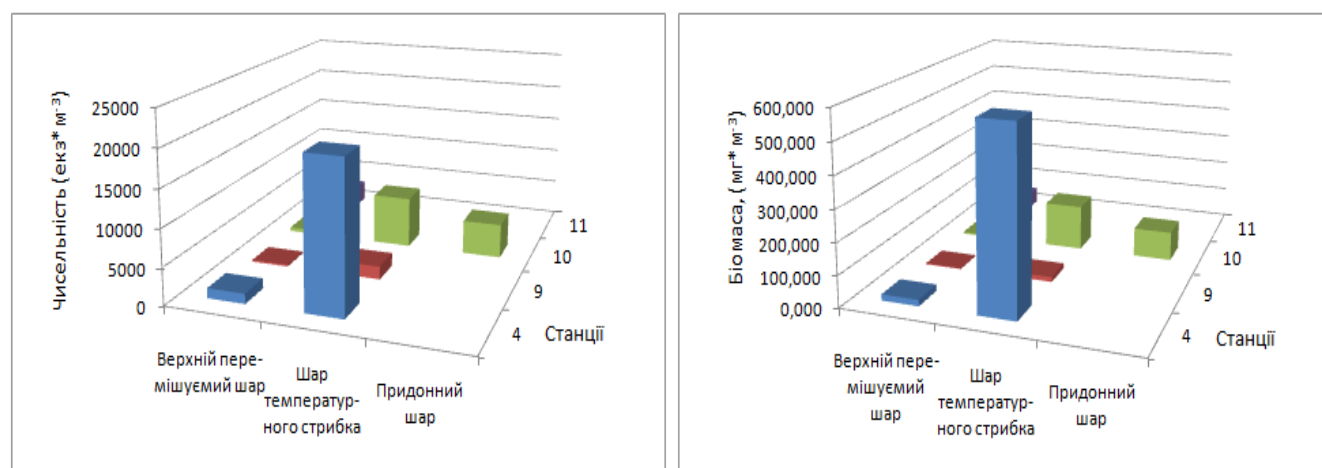
Середня чисельність за станцію, як видно з таблиці 2.2.1, змінювалась від 1 003 екз. $\cdot\text{м}^{-3}$ на станції 9 до 10 769 екз. $\cdot\text{м}^{-3}$ на станції 4, та становила у середньому

4 673 екз./м³ ± 4 254 екз./м³. Біомаса – від 9,063 мг/м³ на станції 9 до 301,5 мг/м³ на станції 4 та 111,174 мг/м³ ± 130,32 мг/м³ у середньому.

Таблиця 2.2.1 – Середня чисельність та біомаса у ФПЗ у квітні 2017 р.

| №№ станцій | Чисельність, екз./м ³ | Біомаса, мг/м ³ |
|------------|----------------------------------|----------------------------|
| 4 | 10 769 | 301,500 |
| 9 | 1 003 | 9,063 |
| 10 | 4 053 | 81,372 |
| 11 | 2 865 | 52,764 |
| Середнє | 4 673 ± 4 254 | 111,174 ± 130,32 |

В цілому, картина розподілу організмів по горизонталю була достатньо характерна для шельфу (рисунок 2.2.1).



I – чисельність організмів, екз./м³;

II – біомаса, мг/м³.

Рисунок 2.2.1 – Розподіл організмів на ФПЗ по горизонталю у квітні 2017 року

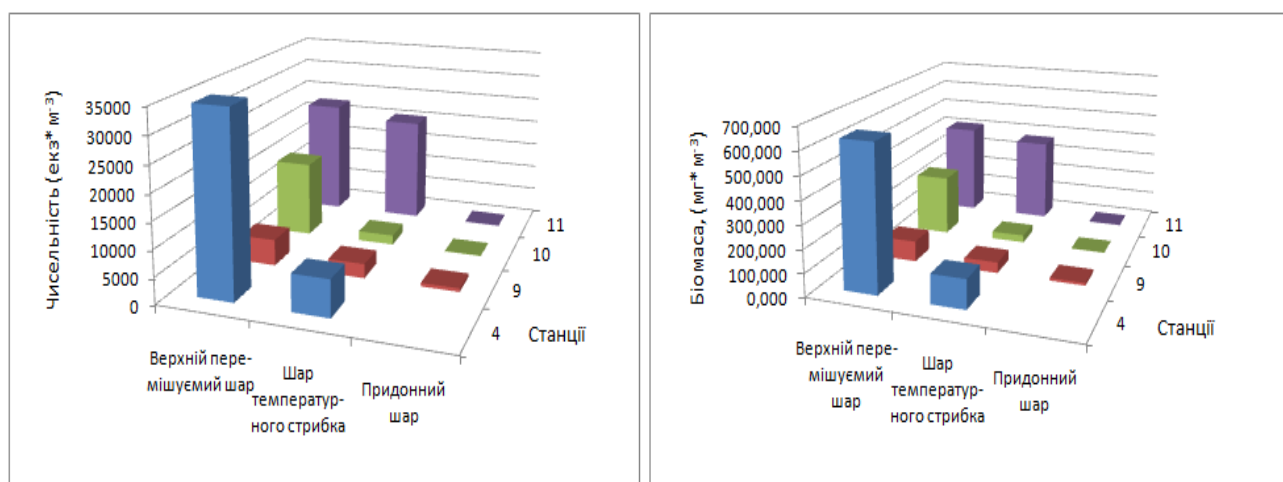
На всіх станціях максимальної чисельності та біомаси мезозoopланктон сягав у зоні температурного стрибка. Так, середні чисельність та біомаса у верхньому шарі води, що змішується склали 713 екз./м³ та 9,34 мг/м³, у шарі термокліну – 9 631 екз./м³ та 297,327 мг/м³, у придонному шарі – 4 674 екз./м³ та 93,172 мг/м³. Чіткої зональності розподілу видів виявлено не було. На всіх горизонтах спостерігалися копеподи родів *Acartia*, *Paracalanus*, *Pseudocalanus* та *Oithona*, ротіфери роду *Synchaeta* та представники меропланктону – личинки *Balanus* та *Bivalvia*.

У липні домінуючим організмом в пробах була *Noctiluca stintillans*, що втім не завадило великій різноманітності інших організмів (18 таксонів організмів). Примітно, що чисельність ноктілюки Філофорного поля була все-таки значно нижче в порівнянні з прибережжям того ж періоду, що ілюструє розподіл біогенів. Чисельність організмів (разом із *Noctiluca stintillans*) змінювалась від 2 796 екз./м³ на станції 9 (таблиця 2.2.2.) до 20 859 екз./м³ на станції 4, та у середньому за рейс складала 10 873 екз./м³. Біомаса варіювала від 49,448 мг/м³ на станції 9 до 379,44 мг/м³ на станції 4 та у середньому 197,357 мг/м³ ± 151,16 мг/м³.

Таблиця 2.2.2 – Середня чисельність та біомаса на ФПЗ у липні 2017 р.

| №№ станцій | Чисельність, екз./м ³ | Біомаса, мг/м ³ |
|------------|----------------------------------|----------------------------|
| 4 | 20 859 | 379,440 |
| 9 | 2 796 | 49,448 |
| 10 | 5 517 | 99,857 |
| 11 | 14 318 | 260,681 |
| Середнє | 10 873 ± 8 277 | 197,357 ± 151,16 |

По горизонталі організми розподілялися наступним чином (рисунок 2.2.2) – найбільшій чисельності та біомаси зоопланктон сягав в верхньому шарі води, що переміщується основною частиною – завдяки ноктілюці.



I – чисельність організмів, екз.·м⁻³;

II – біомаса, мг.·м⁻³.

Рисунок 2.2.2 – Розподіл організмів на ФПЗ по горизонталі у липні 2017 року

Середні чисельність та біомаса у верхньому шарі становила 19 2073 екз./м³ та 349,44 мг/м³, в зоні термокліну – 7 982 екз./м³ та 144,33 мг/м³, в придонному шарі – 285 екз./м³ та 4,9 мг/м³. Зональність розподілу видів по шарам була виражена слабо, практично всі організми зустрічалися на різних станціях на всіх горизонтах. Серед копепод домінували види *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Oithona davisae*. Кладоцери були представлені двома організмами – *Penilia avirostris* та *Pleopis polyphemoides*.

Серед меропланктону домінували личинки поліхет роду *Spio* та вусоногих раків роду *Balanus*.

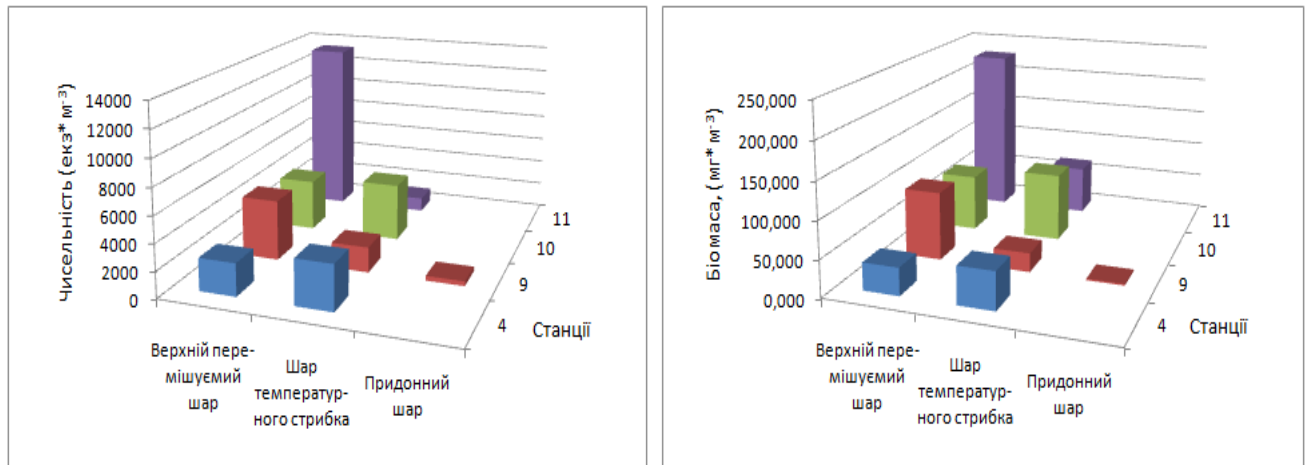
У серпневому мезозоопланктоні Філофорного поля немає чітких домінант. На різних точках і горизонтах більшість складають копеподи, кладоцери, організми меропланктону. Найменші чисельність та біомаса відмічалися на станції 9 (таблиця 2.2.3) та складала 2 294 екз./м³ та 40,358 мг/м³. На станції 11 були відмічені максимальні показники чисельності (7 234 екз./м³) та біомаси (147,717 мг/м³). У середньому за рейс ці показники склали 4 165 екз./м³ ± 2 190 екз./м³ та 79,403 мг/м³ ± 49,88 мг/м³.

Таблиця 2.2.3 – Середня чисельність та біомаса на ФПЗ у серпні 2017 р.

| №№ станцій | Чисельність, екз./м ³ | Біомаса, мг/м ³ |
|------------|----------------------------------|----------------------------|
| 4 | 2 956 | 44,234 |
| 9 | 2 294 | 40,358 |
| 10 | 4 176 | 85,303 |
| 11 | 7 234 | 147,717 |
| Середнє | 4 165 ± 2 190 | 79,403 ± 49,88 |

Щодо розподілу організмів по горизонтам (рисунок 2.2.3), найбільші чисельність та біомаса відмічалися у верхньому шарі, та складала 6 100 екз./м³ та 109,287 мг/м³, у зоні термокліну вони склали 2 714 екз./м³ та 59,109 мг/м³, у придонному шарі – 358 екз./м³ та 1,998 мг/м³.

В цілому зоопланктонне угруповання ФПЗ показало середнє видове різноманіття, велику чисельність з по більшості переважаючою кормовою часткою. Індекс Шеннона для цієї акваторії склав 1,27 за квітень, 0,55 за червень та 1,72 за серпень. В середньому за рік цей показник склав 1,18.



I – чисельність організмів, екз./м³;

II – біомаса, мг/м³.

Рисунок 2.2.3 – Розподіл організмів на ФПЗ по горизонтам у серпні 2017 року

2.3 Сучасний стан макрозообентосу району досліджень

За період дослідження було відзначено 99 таксонів рангу виду і вище. Кількість зареєстрованих таксонів за місяцями виглядає наступним чином: квітень – 60, липень – 59, серпень – 86. Найбільшу різноманітність мають молюски, ракоподібні і багатощетинкові черв'яки, представлені приблизно в рівних частках – близько 30 % (рис. 2.3.1).

Кількість видів на станціях коливалась від 19 до 49, але в середньому становило $31 \text{ екз/м}^2 \pm 3 \text{ екз/м}^2$.

Зустрічність більше 50 % мали 25 видів: *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 – 100 %, *Phthisica marina* Slabber, 1769 – 92 %, *Perioculodes longimanus* (Bate & Westwood, 1868) – 92 %, *Harmothoe reticulata* (Claparède, 1870) – 92 %, *Lagis koreni* Malmgren, 1866 – 85 %, *Harmothoe imbricata* (Linnaeus, 1767) – 85 %, *Prionospio cirrifera* Wirén, 1883 – 77 %, *Parvicardium exiguum* (Gmelin, 1791) – 77 %, *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818 – 77 %, *Nemertea* g. sp. – 77 %, *Amphiura stepanovi* Djakonov, 1954 – 77 %, *Terebellides stroemii* Sars, 1835 – 69 %,

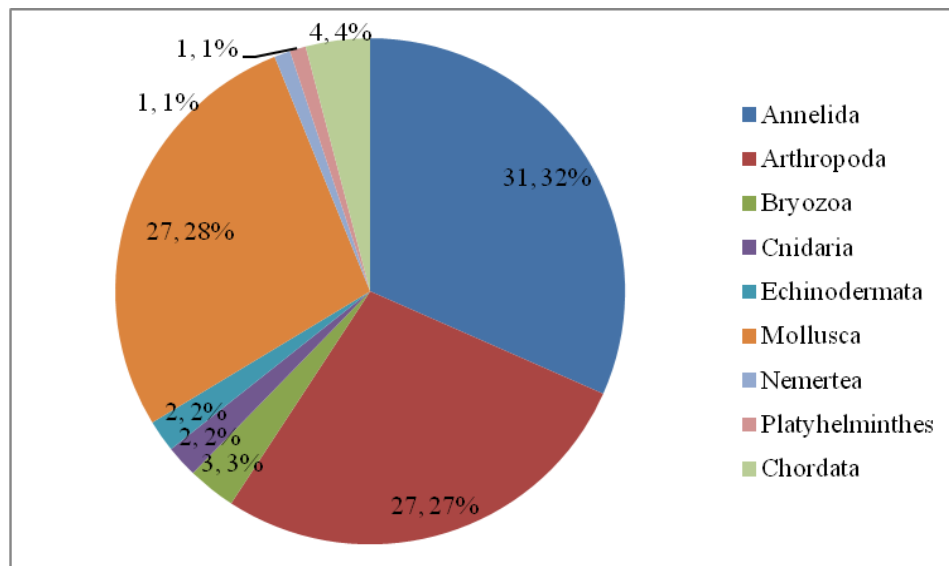


Рисунок 2.3.1 – Таксономічний склад макрзообентосу ФПЗ у 2017 році

Microdeutopus gryllotalpa Costa, 1853 – 69 %, *Dipolydora quadrilobata* Jacobi, 1883 – 69 %, *Athanas nitescens* (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814]) – 69 %, *Ampelisca diadema* (Costa, 1853) – 69 %, *Spirobranchus triqueter* (Linnaeus, 1758) – 62 %, *Spio filicornis* (Müller, 1776) – 62 %, *Dexamine spinosa* (Montagu, 1813) – 62 %, *Calyptraea chinensis* (Linnaeus, 1758) – 62 %, *Asciidiella aspersa* (Muller, 1776) – 62 %, *Aonides paucibranchiata* Southern, 1914 – 62 %, *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) – 62 %, *Pusillina lineolata* (Michaud, 1830) – 54 %, *Orchomene humilis* (Costa, 1853) – 54 %.

Mytilus galloprovincialis домінувала за біомасою майже на всіх станціях протягом усього періоду дослідження за винятком північної станції (дата відбору 13.04.2017). Частка *Mytilus galloprovincialis* зазвичай становила від 56 % до 93 % біомаси і від 15 % до 37 %. Внесок в чисельність більше 10 % зробили такі види багатощетинкових черв'яків, як *Prionospio cirrifer* Wirén, 1883, *Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864), *Spio filicornis* (Müller, 1776), *Aonides paucibranchiata* Southern, 1914, *Phtisica marina* Slabber, 1769, *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, *Pholoe inornata* Johnston, 1839, *Caprella acanthifera* Leach, 1814 і рачки *Microdeutopus anomalus* (Rathke, 1843). На основі даних про частки

домінуючих форм за допомогою кластерного аналізу вдалося виділити 3 основні варіанти стану спільноти макрозообентосу центральної ПЗЧМ (рис. 2.3.2). У квітні і серпні угруповання характеризується високою щільністю мідій і багатощетинкових черв'яків, в липні відбулося осідання асцидій *Ascidiella aspersa* (Muller, 1776), що призвело до зміни в структурі угруповання та провідної ролі в структурі спільноти.

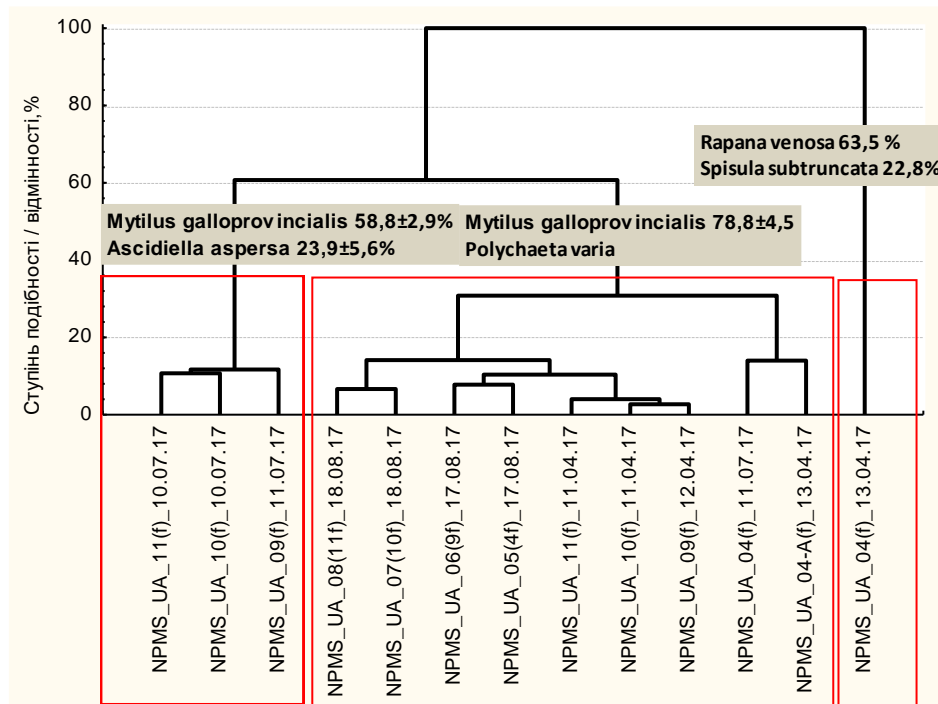


Рисунок 2.3.2 – Дендрограма подібності за часткою біомаси домінантів

2.3.1 Динаміка чисельності та біомаси

Найбільш високі показники достатку відзначали в серпні, що пов'язано з осіданням нового покоління мідій, асцидій, а також розвиток ювенільних поліхет (рис. 2.3.3, табл. 2.3.1).

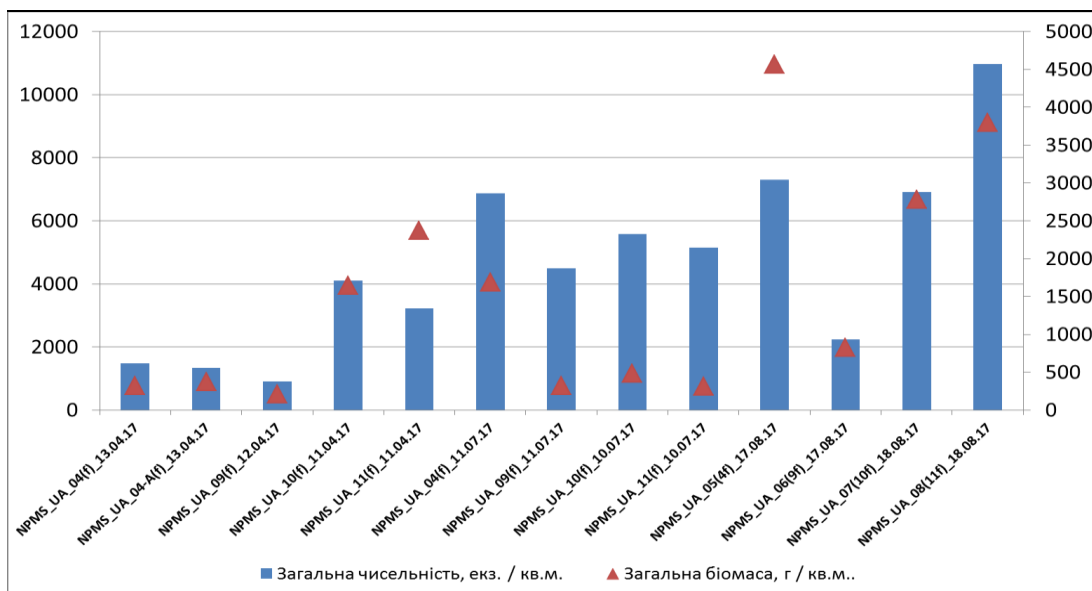


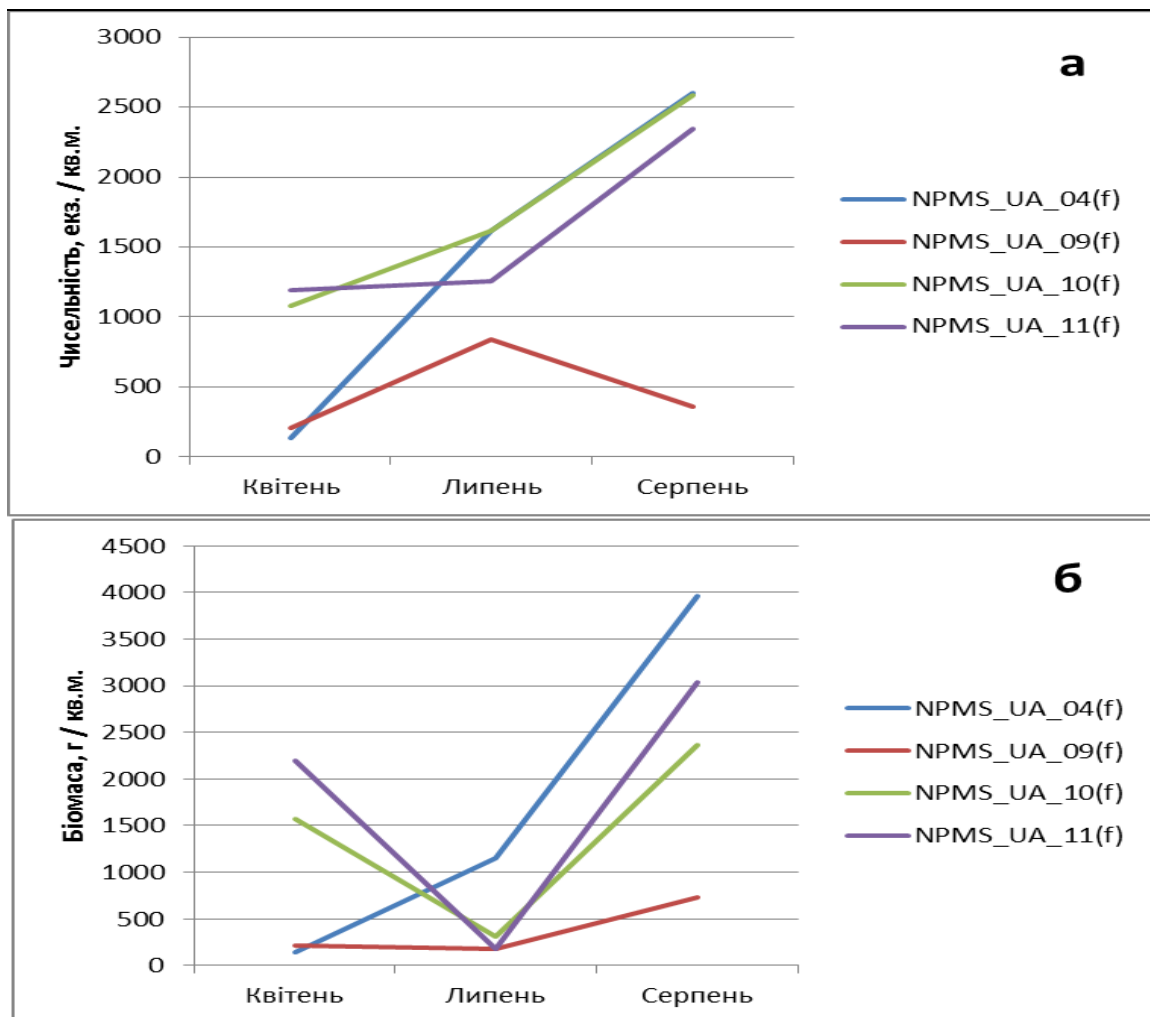
Рисунок 2.3.3 – Кількісні показники макрозообентосу в районі ФПЗ, у квітні-серпні 2017 року

Таблиця 2.3.1 – Кількісні показники макрозообентосу в районі ФПЗ у квітні-серпні 2017 року

| №№ станцій | Число видів | Чисельність | Біомаса | Індекс Шеннона (чисельність) |
|------------|-------------|-------------|---------|------------------------------|
| 4 | 27 | 1 471 | 321,9 | 3,646 |
| 4А | 23 | 1 330 | 372,4 | 3,482 |
| 9 | 19 | 903 | 210,8 | 3,303 |
| 10 | 30 | 4 110 | 1 648,8 | 3,769 |
| 11 | 31 | 3 220 | 2 374,1 | 3,758 |
| 4 | 33 | 6 862 | 1 691,1 | 4,024 |
| 9 | 25 | 4 490 | 322,0 | 3,882 |
| 10 | 35 | 5 578 | 486,6 | 4,099 |
| 11 | 30 | 5 143 | 313,0 | 4,126 |
| 4 | 43 | 7 299 | 4 566,4 | 3,617 |
| 9 | 20 | 2 234 | 828,3 | 3,456 |
| 10 | 49 | 6 900 | 2 781,0 | 3,920 |
| 11 | 42 | 10 967 | 3 798,5 | 4,296 |

Найбільший розкид показників відзначений на станції № 4 (до 5,4 разів за чисельністю і до 12 разів за біомасою). Максимальна біомаса була відзначена у серпні на станції № 11 (до 4,5 кг).

Чисельність двостулкового молюска *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 змінювалася не однаково на досліджуваних станціях, так на трьох з чотирьох станцій (крім станції № 9). Максимальна чисельність відмічена у серпні. Найбільш низькі показники біомаси відзначені в липні (близько 200 г/м²), в серпні досягати декількох кг (рисунок 2.3.4).



а) чисельність;

б) біомаса.

Рисунок 2.3.4 – Структурні показники молюска *Mytilus galloprovincialis* в районі ФПЗ у 2017 році

2.3.2 Екологічний стан угрупувань зообентосу

Протягом всього періоду дослідження показника багатовимірного морського біотичного індексу (АМБІ) варіювали в межах від 1,808 до 3,103, що відповідає слабо порушеному стану. Найбільш висока якість середовища відзначена на станції № 6 (17.08.2017), що відображено на рисунку 2.3.5. Показники індексу Шеннона також знаходилися в діапазоні, що характеризує високий екологічний статус.

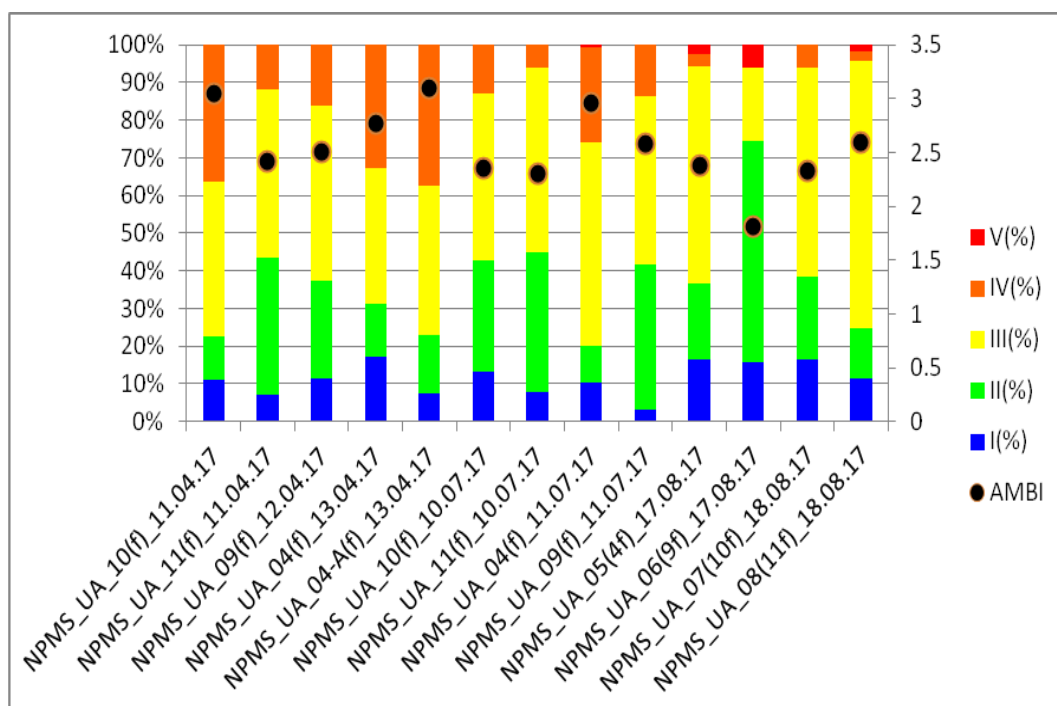


Рисунок 2.3.5 – Індекс АМБІ для району ФПЗ у 2017 році

Таким чином, угруповання макрозообентосу центральної частини ПЗЧМ характеризується високим біорізноманіттям та добрим екологічним станом.

2.4 Біорізноманіття макрофітів району досліджень

Нижче в таблиці 2.4.1 наведені характеристики місць відбору проб макрофітобентосу.

Таблиця 2.4.1 – Об'єм макрофітобентосного матеріалу й характеристика його місцеперебування

| Місце відбору проб | Субстрат | Глибина, м | Дата відбору проб | Інструмент для відбору проб | Кількість проб | Температура води біля дна, °C | Прозорість, м |
|---------------------------------|------------|------------|-------------------|-----------------------------|----------------|-------------------------------|---------------|
| Західна частина ФПЗ (ст. 4) | Черепашник | 19,0 | 13.04.2017 | Рамка 0,04м ² | 5 | 5,42 | 8,0 |
| | | | 11.07.2017 | Рамка 0,04м ² | 5 | 11,00 | 4,0 |
| | | | 17.08.2017 | Рамка 0,04м ² | 4 | 12,40 | 7,0 |
| Центральна частина ФПЗ (ст. 9) | Черепашник | 37,0 | 12.04.2017 | Рамка 0,04м ² | 5 | 5,83 | 10,5 |
| | | | 11.07.2017 | Рамка 0,04м ² | 5 | 8,17 | 4,5 |
| | | | 17.08.2017 | Рамка 0,04м ² | 1 | 8,40 | 7,5 |
| Центральна частина ФПЗ (ст. 10) | Черепашник | 25,0 | 11.04.2017 | Рамка 0,04м ² | 5 | 5,00 | 8,0 |
| | | | 10.07.2017 | Рамка 0,04м ² | 5 | 8,71 | 6,0 |
| | | | 18.08.2017 | Рамка 0,04м ² | 5 | 8,80 | 7,0 |
| Північна частина ФПЗ (ст. 11) | Черепашник | 30,0 | 11.04.2017 | Рамка 0,04м ² | 5 | 6,43 | 7,0 |
| | | | 10.07.2017 | Рамка 0,04м ² | 3 | 9,19 | 4,0 |
| | | | 18.08.2017 | Рамка 0,04м ² | 4 | 8,40 | 7,0 |

2.4.1 Видовий склад макрофітобентосу

В акваторії ФПЗ у 2017 році виявлено 26 видів донних макрофітів (Rhodophyta – 15 видів, Phaeophyta – 6 видів, Chlorophyta – 5 видів) (таблиця 2.4.2).

Таблиця 2.4.2 – Видовий склад макрофітобентосу акваторії ботанічного заказника «Філофорне поле Зернова» в 2017 році

| № | Флористичний склад | Індекс питомої поверхні популяції (S/W _p), м ² /кг | Місяць відбору проб | | |
|-------------|--|--|---------------------------|--------|---------|
| | | | Квітень | Липень | Серпень |
| Chlorophyta | | | | | |
| 1 | <i>Bryopsis hypnoides</i> J.V.Lamouroux, 1809 | 72,8 ± 2,9 | – | – | + |
| 2 | <i>Cladophora liniformis</i> Kützing, 1849 | 88,1 ± 3,4 | – | + | – |
| 3 | <i>Cladophora vadorum</i> (Areschoug) Kützing, 1849 | 80,2 ± 3,3 | + | – | + |
| 4 | <i>Ulvella lens</i> P.L.Crouan & H.M.Crouan | 397,3 ± 17,4 | – | + | – |
| 5 | <i>Ulvella leptochaete</i> (Huber) R.Nielsen, C.J.O'Kelly & B.Wysor, 2013 = <i>Ectochaete leptochaete</i> | 427,2 ± 21,5 | – | + | – |
| Ochrophyta | | | | | |
| 6 | <i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye, 1819 | 123,1 ± 4,8 | + | + | + |
| 7 | <i>Feldmannia irregularis</i> (Kützing) G.Hamel, 1939 | 172,9 ± 4,1 | + | + | + |
| 8 | <i>Myriactula rivulariae</i> (Suhr ex Areschoug) Feldmann, 1937 | 451,7 ± 19,2 | + | – | – |
| 9 | <i>Sphacelaria cirroza</i> (Roth) C.Agardh, 1824 | 95,0 ± 1,8 | – | – | + |
| 10 | <i>Sphacelorbis nanus</i> (Nageli ex Kützing) Draisma, Prud'homme & H.Kawai, 2010 = <i>Sphacelaria nana</i> = <i>Sphacelaria saxatilis</i> | 289,0 ± 69 | + | + | + |
| 11 | <i>Striaria attenuata</i> (Greville) Greville, 1828 | 37,07 ± 1,3 | + | + | + |
| Rhodophyta | | | | | |
| 12 | <i>Acrochaetium secundatum</i> (Lyngbye) Nägeli, 1858 = <i>Kylinia secundata</i> = <i>Kylinia virgatula</i> | 424,1 ± 12,1 | + | + | + |
| 13 | <i>Antithamnion cruciatum</i> (C.Agardh) Nägeli, 1847 | 198,2 ± 16,7 | + | + | + |
| 14 | <i>Ceramium diaphanum</i> var. <i>elegans</i> | 26,2 ± 1,2 | – | + | + |
| 15 | <i>Coccotylus truncatus</i> (Pallas) M.J.Wynne & J.N.Heine, 1992 | 11,2 ± 0,6 | + | + | + |
| 16 | <i>Colaconema thuretii</i> (Bornet) P.W.Gabrielson, 2000 = <i>Acrochaetium thuretii</i> | 496,2 ± 7,2 | – | – | + |
| 17 | <i>Hydrolithon farinosum</i> (J.V.Lamouroux) Penrose & Y.M.Chamberlain, 1993 = <i>Melobesia farinosa</i> | 236,5 ± 7,3 | + | + | + |

Кінець таблиці 2.4.2

| | | | | | |
|--|---|--------------|---|---|----|
| 18 | <i>Lophosiphonia obscura</i> (C.Agardh) Falkenberg, 1897 | 92,9 ± 4,2 | + | + | + |
| 19 | <i>Lomentaria clavellosa</i> (Lightfoot ex Turner) Gaillon, 1828 | 13,0 ± 1,17 | + | + | + |
| 20 | <i>Phyllophora crispa</i> (Hudson) P.S.Dixon, 1964 | 14,7 ± 0,9 | + | + | + |
| 21 | <i>Pneophyllum fragile</i> Kützing, 1843 = <i>Melobesia lejolisii</i> | 276,5 ± 9,4 | + | + | + |
| 22 | <i>Polysiphonia elongata</i> (Hudson) Sprengel, 1827 | 60,0 ± 12,3 | + | + | + |
| 23 | <i>Polysiphonia sanguinea</i> (C.Agardh) Zanardini, 1840 | 84,3 ± 1,4 | + | + | + |
| 24 | <i>Sahlingia subintegra</i> (Rosenvinge) Kornmann, 1989 = <i>Erythrocladia subintegra</i> | 686,3 ± 40,1 | + | + | + |
| 25 | <i>Spermothamnion strictum</i> (C.Agardh) Ardissonne, 1883 | 134,0 ± 3,2 | + | + | + |
| 26 | <i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) K.M.Drew, 1956 = <i>Goniotrichum elegans</i> | 280,6 ± 4,8 | + | - | - |
| Загальна кількість видів | | | | | 26 |
| Чутливі види | | | | | 3 |
| Толерантні види | | | | | 23 |
| Примітка 1. При $S/W_p < 25 \text{ м}^2/\text{кг}$ види водоростей чутливі. | | | | | |
| Примітка 2. При $S/W_p > 25 \text{ м}^2/\text{кг}$ види водоростей толерантні. | | | | | |

Із виявленого різноманіття макрофітів Rhodophyta становлять біля 58 %, Phaeophyta – біля 23 %, Chlorophyta – біля 19 % (рис. 2.4.1).

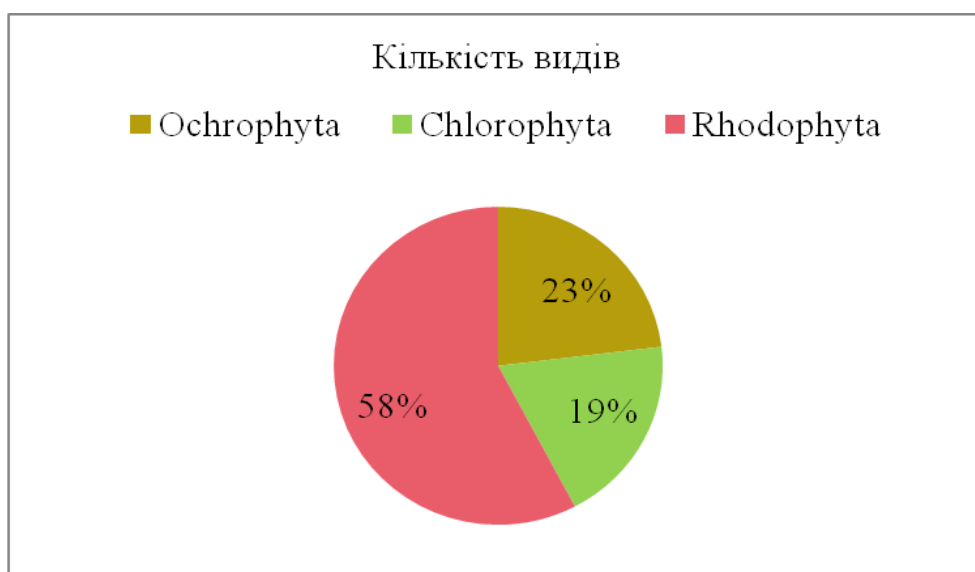


Рисунок 2.4.1 – Флористична структура макрофітів (у %), зареєстрована на акваторії ФПЗ в 2017 році

Домінуючими видами (як за частотою зустрічальності або за біомасою) серед червоних водоростей були: *Phyllophora crista* (Hudson) P.S.Dixon, *Coccotylus truncatus* (Pallas) M.J.Wynne & J.N.Heine, *Spermothamnion strictum* (C.Agardh) Ardissonne, *Polysiphonia sanguinea* (C.Agardh) Zanardini, 1840, *Polysiphonia elongata* (Hudson) Sprengel, 1827, *Antithamnion cruciatum* (C.Agardh) Nägeli, 1847. Серед зелених – *Cladophora vadorum* (Areschoug) Kützing, 1849. Серед бурих – *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngbye, 1819, *Sphacelorbis nanus* (Nägeli ex Kützing) Draisma, Prud'homme & H.Kawai, 2010, *Striaria attenuata* (Greville) Greville, 1828.

Відзначено нові знахідки для акваторії заказника: бурі макрофіти *Myriactula rivulariae* (Suhr ex Areschoug) Feldmann, 1937, *Sphacelorbis nanus* (Nägeli ex Kützing) Draisma, Prud'homme & H.Kawai, 2010 (виявлений тільки начерепашковому субстраті). Останній вид відзначений на всіх станціях, є ендеміком заказника і охороняється Законом [22]. Крім того, в заростях *Polysiphonia sanguinea* в незначних кількостях виявлена червона нитчаста водорість *Lophosiphonia obscura* (C.Agardh) Falkenberg, 1897, яка зростала на акваторії Поля в 70 роках минулого століття.

2.4.2 Використання морфо-функціональних показників фітобентосу для оцінки класу екологічного статусу Філофорного поля

При вираженні індексу екологічної оцінки (EEI), використовуючи структурні показники макрофітів (флористичний склад, покриття, біомаса), їх екологічні властивості слід враховувати відповідно до теорії *r*-стратегі та *k*-стратегі [23].

Для сучасного флористичного складу ФПЗ – 26 видів макрофітів (див. табл. 2.4.2) тільки 3 види чутливі або *k*-стратегі : *Coccotylus truncatus* з

$S/W_p = 14,7 \text{ м}^2/\text{кг} \pm 0,9 \text{ м}^2/\text{кг}$, *Lomentaria clavelosa* – $13,0 \text{ м}^2/\text{кг} \pm 1,17 \text{ м}^2/\text{кг}$ та *Phyllophora crispa* – $11,2 \text{ м}^2/\text{кг} \pm 0,6 \text{ м}^2/\text{кг}$ [24] (див. табл. 2.4.2, рис. 2.4.2).

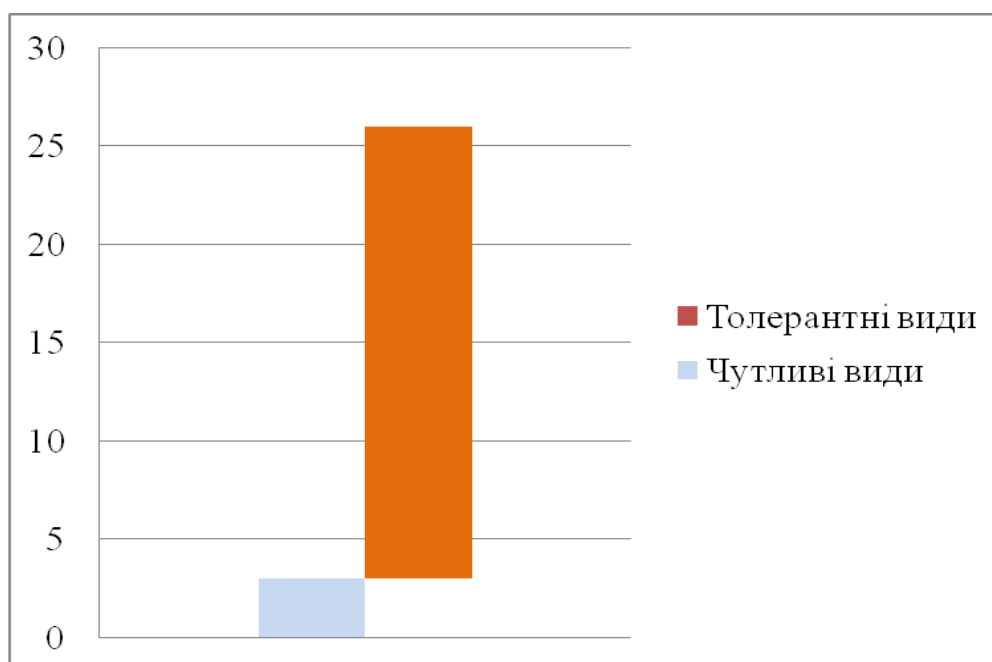


Рисунок 2.4.2 – Співвідношення толерантного та чутливого видового складу спільноти макрофітобентосу у 2017 році

Стратегії рослин – способи виживання і підтримки стабільності популяцій в угрупованнях і екосистемах. Існує кілька систем типів стратегій. Так, Е. Піанка розрізняє два типи, які називає *r*- і *k*-стратегі. У першому випадку виживання досягається за рахунок витрати більшої частини фіксованої енергії на розмноження, у другому – на підтримку вегетативних процесів [25].

У нестабільному або непередбачуваному середовищі переважає *r*-стратегія, так як в цьому випадку ключову роль відіграє здатність до швидкого розмноження, а адаптаційні механізми, що дозволяють конкурувати з іншими організмами, зважаючи на швидкі зміни обставин не настільки важливі. Характерними рисами *r*-стратегії є висока плодючість, невеликі розміри, відносно короткий час життя покоління і здатність до швидкого і широкого розповсюдження. Якщо навколишнє середовище більш-менш постійне, то в

біоценозах переважають організми з *k*-стратегією, тому що в цьому випадку на перше місце виходить здатність успішно конкурувати з іншими організмами в умовах обмежених ресурсів. Популяція *k*-стратегів, як правило, постійна і близька до максимально можливої за даних умов. Характерними рисами *k*-стратегії є великі розміри, відносно довга тривалість життя [25].

Для оцінки екологічного статусу класу (ESC) прибережних та шельфових оселищ Чорного моря (с солоністю від 12 ‰ до 17 ‰) одним з морфофункціональних показників, рекомендованих Мінічевою Г. Г. було середнє значення індексу екологічної активності трьох домінантів (S/W_{3Dp}) [24]. Відповідність EEI, обчисленого за морфофункціональними показниками макрофітів, та класів якості середовища відповідно до Водної рамкової директиви ЄС наведено у таблиці 2.4.3.

Таблиця 2.4.3 – Класифікаційна схема діапазону EEI для визначення ESC за морфофункціональними показниками макрофітобентосу

| ESC | EEI діапазон | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---|-------------|---|-------------|
| | $(S/W)_{3Dp}$, м ² /кг | Екологічні ресурси якості (EQR) | Індекс середньої питомої поверхні структурних елементів водоростей $(S/W)_x$, м ² /кг | EQR | Індекс поверхні фітоценозу (SI_{ph}), один. | EQR |
| High – Відмінний стан | $(S/W)_{3Dp} < 15$ | ≥ 0.82 | $(S/W)_x < 60$ | ≥ 0.98 | $SI_{ph} < 25$ | ≥ 0.95 |
| Good – Добрий стан | $15 \leq (S/W)_{3Dp} \leq 30$ | 0.54 | $60 \leq (S/W)_x \leq 80$ | 0.79 | $25 \leq SI_{ph} \leq 40$ | 0.84 |
| Moderate – Задовільний стан | $31 \leq (S/W)_{3Dp} \leq 45$ | 0.37 | $81 \leq (S/W)_x \leq 120$ | 0.58 | $41 \leq SI_{ph} \leq 55$ | 0.68 |
| Poor – Поганий стан | $46 \leq (S/W)_{3Dp} \leq 60$ | 0.25 | $121 \leq (S/W)_x \leq 200$ | 0.17 | $56 \leq SI_{ph} \leq 90$ | 0.15 |
| Bad – Дуже поганий стан | $(S/W)_{3Dp} > 60$ | ≥ 0 | $(S/W)_x > 200$ | ≥ 0 | $SI_{ph} > 90$ | ≥ 0 |

Проведено спробу районування акваторії ФПЗ за показником S/W_{3Dp} . Для кожної станції по місяцях розраховані середні значення цих коефіцієнтів, і відповідно класифікаційній схемі діапазону EEI колонка в таблиці зі середнім значенням була пофарбована відповідно до ESC (табл. 2.4.4 – 2.4.15).

Крім того представлено фото 3-го виду-домінанту характерного для даного тимчасового періоду та району (рис. 2.4.3 – 2.4.7).

Таблиця 2.4.4 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з західної частини ФПЗ (ст. 4), зафіксована у квітні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, кг/м ² | S/W _p , м ² /кг |
|--------------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|
| <i>Phyllophora crispa</i> | 2 | 0,4430 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 2 | 0,0317 | 13,7 |
| <i>Spermothamnion strictum</i> | 50 | 0,0061 | 134,0 |
| S/W _{3Dp} | | | 52,6 |

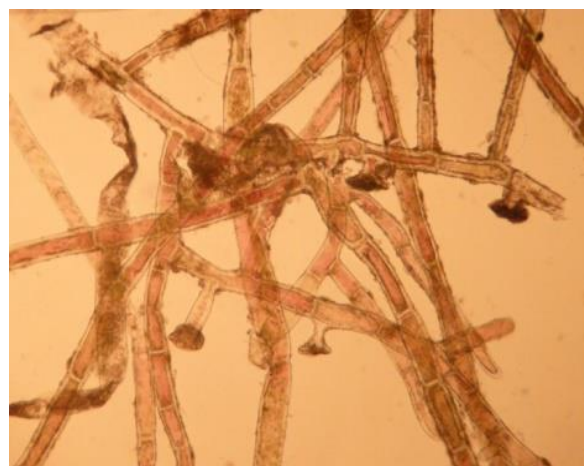


Рисунок 2.4.3 – Толерантний вид *Spermothamnion strictum* (праворуч) епіфітуючий на *Phyllophora crispa*

Таблиця 2.4.5 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з західної частини ФПЗ (ст. 4), зафіксована у липні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, кг/м ² | S/W _p , м ² /кг |
|-------------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|
| <i>Phyllophora crispa</i> | 2 | 0,7100 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 2 | 0,9488 | 13,7 |
| <i>Polysiphonia sanguinea</i> | 50 | 0,0233 | 84,3 |
| S/W _{3Dp} | | | 36,1 |



Рисунок 2.4.4 – Толерантний вид *Polysiphonia sanguinea* зростаючий на мідійній стулці

Таблиця 2.4.6 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з західної частини ФПЗ (ст. 4), зафіксована у серпні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, кг/м ² | S/W _p , м ² /кг |
|-------------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|
| <i>Phyllophora crispa</i> | 5 | 2,245 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 5 | 0,866 | 13,7 |
| <i>Ectocarpus siliculosus</i> | 80 | 0,213 | 123,1 |
| S/W _{3Dp} | | | 49,0 |

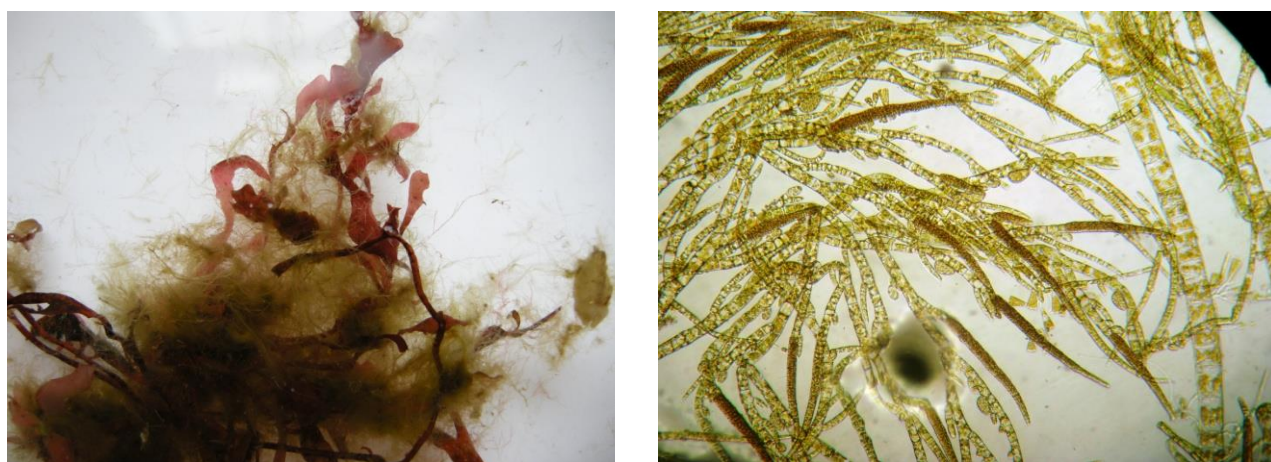


Рисунок 2.4.5 – Толерантний вид *Ectocarpus siliculosus* епіфітуючий на *Coccotylus truncatus*

Таким чином, в західній частині ФПЗ спостерігається картина зміни S/W_{3Dp} по сезонах: в липні відбувається деяке поліпшення екологічної ситуації «задовільний стан» тобто зменшення значення цього показника з подальшим незначним збільшенням знову до «поганого» (S/W_{3Dp} : 52,6; 36,1; 49,0 м²/кг).

Таблиця 2.4.7 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з центральної частини ФПЗ (ст. 9), зафіксована у квітні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, кг/м ² | S/W_p , м ² /кг |
|--------------------------------|------------------------|--|------------------------------|
| <i>Phyllophora crispa</i> | 15 | 0,591 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 15 | 0,569 | 13,7 |
| <i>Spermothamnion strictum</i> | 50 | 0,055 | 134,0 |
| S/W_{3Dp} | | | 52,6 |

Таблиця 2.4.8 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з центральної частини ФПЗ (ст. 9), зафіксована у липні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, кг/м ² | S/W_p , м ² /кг |
|--------------------------------|------------------------|--|------------------------------|
| <i>Phyllophora crispa</i> | 15 | 0,251 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 15 | 0,399 | 13,7 |
| <i>Spermothamnion strictum</i> | 50 | 0,032 | 134,0 |
| S/W_{3Dp} | | | 52,6 |

Таблиця 2.4.9 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з центральної частини ФПЗ (ст. 9), зафіксована у серпні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, кг/м ² | S/W_p , м ² /кг |
|--------------------------------|------------------------|--|------------------------------|
| <i>Phyllophora crispa</i> | 15 | 1,691 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 15 | 1,791 | 13,7 |
| <i>Spermothamnion strictum</i> | 50 | 0,005 | 134,0 |
| S/W_{3Dp} | | | 52,6 |

Станція 9 розташована на глибинах близько 40 м. Тут відзначається стабільна не дуже сприятлива ситуація – «поганий стан» протягом усього періоду

спостережень (S/W_{3Dp} : 52,6; 52,6; 52,6 $m^2 \cdot kg^{-1}$). На великих глибинах в палеоложі Дніпра скупчуються біогенні елементи, що надходять з усього річкового стоку. Сюди доходять, в тому числі, і евтрофовані води Дунаю.

Таблиця 2.4.10 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з центральної частини ФПЗ (ст. 10), зафіксована у квітні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, kg/m^2 | S/W_p , m^2/kg |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| <i>Phyllophora crista</i> | 5 | 0,391 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 5 | 0,256 | 13,7 |
| <i>Polysiphonia sanguinea</i> | 80 | 0,015 | 84,3 |
| S/W_{3Dp} | | | 36,1 |

Таблиця 2.4.11 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з центральної частини ФПЗ (ст. 10), зафіксована у липні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, kg/m^2 | S/W_p , m^2/kg |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| <i>Phyllophora crista</i> | 5 | 0,244 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 5 | 0,349 | 13,7 |
| <i>Polysiphonia sanguinea</i> | 80 | 0,042 | 84,3 |
| S/W_{3Dp} | | | 36,1 |

Таблиця 2.4.12 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з центральної частини ФПЗ (ст. 10), зафіксована у серпні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, kg/m^2 | S/W_p , m^2/kg |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| <i>Phyllophora crista</i> | 5 | 0,134 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 5 | 0,280 | 13,7 |
| <i>Polysiphonia sanguinea</i> | 80 | 0,036 | 84,3 |
| S/W_{3Dp} | | | 36,1 |

Судячи із зміни показників S/W_{3Dp} по сезонах ситуація на станції 10 значно краща – «задовільний стан» на протязі всього періоду спостережень (S/W_{3Dp} : 36,1; 36,1; 36,1 m^2/kg).

Таблиця 2.4.13 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з північної частини ФПЗ (ст. 11), зафіксована у квітні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, кг/м ² | S/W _p , м ² /кг |
|-----------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|
| <i>Phyllophora crispa</i> | 5 | 0,078 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 5 | 0,124 | 13,7 |
| <i>Cladophora vadorum</i> | 80 | 0,004 | 80,2 |
| S/W _{3Dp} | | | 34,6 |



Рисунок 2.4.6 – Толерантний вид *Cladophora vadorum*, судячи зі всього, лежить на ґрунті серед філофор, не прикріплюючись до них

Таблиця 2.4.14 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з північної частини ФПЗ (ст. 11), зафіксована у липні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, кг/м ² | S/W _p , м ² /кг |
|------------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|
| <i>Phyllophora crispa</i> | 5 | 0,071 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 5 | 0,718 | 13,7 |
| <i>Polysiphonia elongata</i> | 50 | 0,058 | 60,0 |
| S/W _{3Dp} | | | 27,9 |

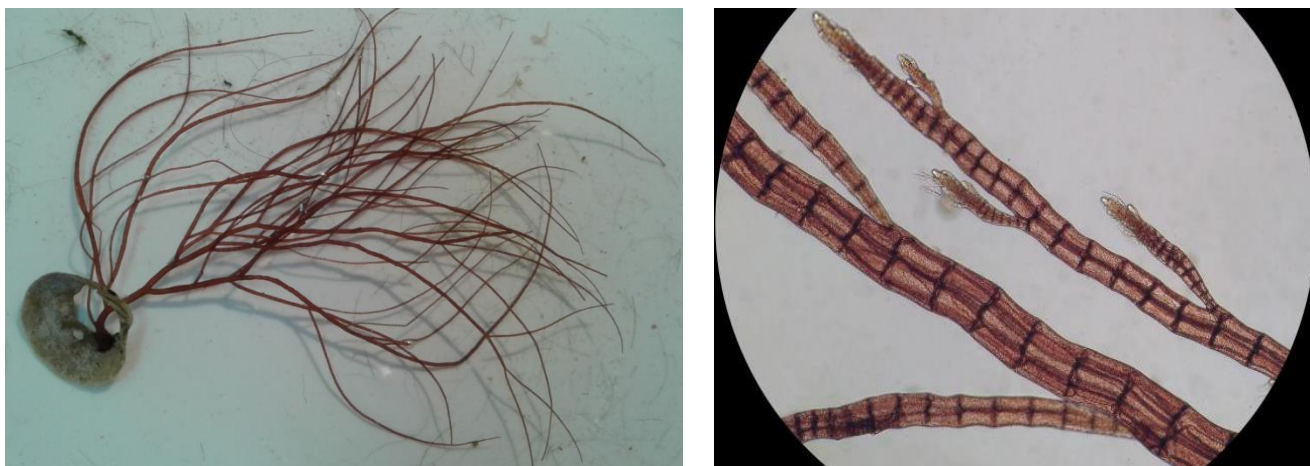


Рисунок 2.4.7 – Толерантний вид *Polysiphonia elongata*, в умовах ФПЗ кріпиться до стулок двостулкових моллюсків

Таблиця 2.4.15 – Структурно-функціональна організація домінуючих видів фітоспільноти з північної частини ФПЗ (ст. 11), зафіксована у серпні 2017 р.

| Домінуючі види | Проективне покриття, % | Середня біомаса популяції, кг/м ² | S/W _p , м ² /кг |
|-----------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|
| <i>Phyllophora crista</i> | 5 | 0,103 | 10,2 |
| <i>Coccotylus truncatus</i> | 5 | 0,162 | 13,7 |
| <i>Cladophora vadorum</i> | 80 | 0,027 | 80,2 |
| S/W _{3Др} | | | 34,6 |

Північна частина ФПЗ кардинально відрізняється від інших ділянок спостереження: третім видом-домінантом в квітні і серпні виступає зелений нитчастий макрофіт *Cladophora vadorum*. Масовому розвитку цього виду сприяє деяке опріснення (стік Дніпра). Екологічна ситуація на протязі всього періоду спостережень тут найсприятливіша (S/W_{3Др}: 34,6; 27,9; 34,6 м²/кг). Поліпшення в липні ESC до «доброго стану» відбувається за рахунок розвитку і домінування більшої нитчастої червоної водорості *Polysiphonia elongata*, у якій досить низький S/W_p – 60,0 м²/кг.

У таблиці 2.4.16 зведені середні значення індексів питомої поверхні популяцій трьох домінантів в динаміці – по районах і місяцях.

Таблиця 2.4.16 – Середнє значення коефіцієнтів питомої поверхні популяцій трьох домінантів в динаміці

| №№ станцій (частина Філофорного поля) | S/W _{3Dp} по місяцях | | |
|--|-------------------------------|--------|---------|
| | Квітень | Липень | Серпень |
| Ст. 4 – західна частина | 52,6 | 36,1 | 49,0 |
| Ст. 9 – центральна частина | 52,6 | 52,6 | 52,6 |
| Ст. 10 – центральна частина | 36,1 | 36,1 | 36,1 |
| Ст. 11 – північна частина | 34,6 | 27,9 | 34,6 |

Примітка 1. Поганий стан $6 \leq (S/W)_{3Dp} \leq 60$.

Примітка 2. Задовільний стан: $1 \leq (S/W)_{3Dp} \leq 45$.

Примітка 3. Добрий стан: $15 \leq (S/W)_{3Dp} \leq 30$.

На рисунку 2.4.8 відображені ці індекси в прив'язкою до районів Філофорного поля.

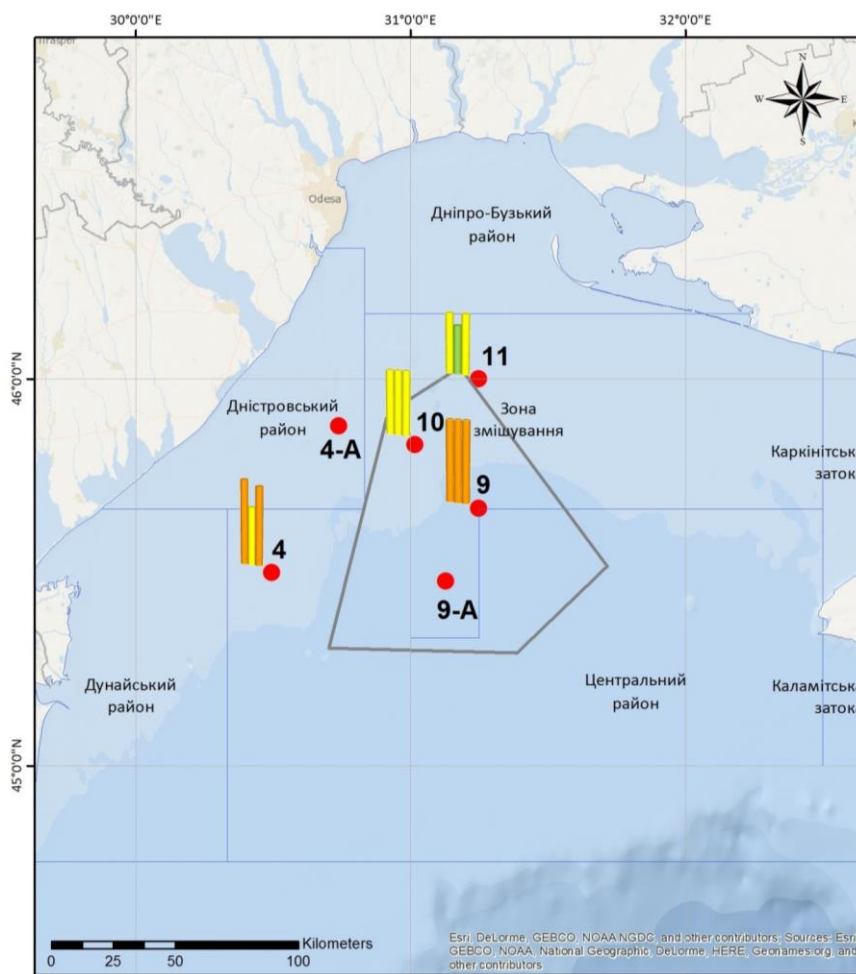


Рисунок 2.4.8 – Середнє значення S/W_{3Dp} для різних частин ФПЗ

2.4.3 Морфометрична диференціація *Phyllophora crisper* та *Coccotylus truncatus*

Серед чорноморських філофор найбільш високу екологічну мінливість має *Phyllophora crisper*. Надзвичайно висока пластичність, відома еврибiонтність цього виду обумовлюють широку мінливість морфологічних ознак, що ускладнює діагностику внутрішньовидових таксонів. Основним чинником, що викликає анатомічну і морфометричну диференціацію у *Ph. crisper*, є глибина її зростання. Встановлено, що серед заростей прикріпленою *Ph. crisper* виділяються дві чітко розмежовані групи рослин. Одні рослини мають рунисту форму; у них вкорочена довжина черешка, сегментів і всього слані, потовщені і розширені стовбур і пластина; від материнських сегментів відходить в різному напрямку велике число дочірніх сегментів, і внаслідок інтенсивного кушіння порушено дихотомічне розгалуження таломат. У інших рослин, навпаки, стовбур і сегменти вузькі, дуже витягнуті, за рахунок чого і слань набуває видовжену форму. Обидві групи утворюють як самостійні, так і змішані популяції. Спільно вони зростають на глибині від 15 м до 20 м, а окремо – на глибині від 3 м до 15 м (кущиста форма) і від 20 м до 40 м (витягнута форма) [17].

В ході досліджень виявлено такі форми *Ph. crisper* (рисунки 2.4.9 – 2.4.11).

До кінця 60 і 70 років XIX століття [17] другий домінуючий на ФПЗ вид *Coccotylus truncatus* зростав на великих глибинах, від 27 м до 50 м. Ситуація змінилася до кінця сторіччя – вид став зміщатися на мілководдя. Припускається, що поширення цього виду у більш мілководні ділянки Поля пов'язано зі зміною температурного режиму придонних вод у бік зниження, викликаного повсюдним зменшенням прозорості води від 4 раз до 10 разів, що, у свою чергу, викликало підйом нижньої границі зони фотосинтезу. Вочевидь, що змінені гідрологічні умови стали однією з головних причин розширення ареалу цього виду у межах поля Зернова [26].



Рисунок 2.4.9 – Три форми *Ph. crispa* (західна частина ФПЗ ст. 4, глибина 19 м)



Рисунок 2.4.10 – Витягнута форма *Ph. crispa* (центральна частина ФПЗ ст. 9, глибина 37 м)



Рисунок 2.4.11 – Кущиста форма *Ph. crispa* (північна частина ФПЗ глибина 30 м, ст. 11)

C. truncatus в 2017 році відзначений у всіх досліджуваних районах ФПЗ. У відібраних пробах були присутні різновікові таломи (рисунки 2.4.12 – 2.4.13).



а) трьохрічний талом;



б) талом віком шість років.

Рисунок 2.4.12 – Зовнішній вид *Coccotylus truncatus* з центральної частини Філофорного поля (ст. 10, липень)



а) однорічні таломи *S. truncatus*
епіфітуючі на *Ph. crista*



б) дворічний талом



в) трьохрічний талом

Рисунок 2.4.13 – Молоді таломи *S. truncatus* з західної частини Поля
(ст. 4, серпень)

Старі пагони *S. truncatus* завжди грубі, темні, вузькі, так як у них руйнуються краї пластин і залишається тільки потовщена стеблевідна частина з невеликим розширенням до вершини. Всі однорічні пагони розташовуються одним ярусом у вигляді віяла. Ярусна структура одновікових пагонів добре простежується і у більш старих частинах слані, завдяки чому легко визначити вік рослини [17].

Для цього виду на багатьох станціях відзначено виростання на одній стулці мідії особин різного віку (і, відповідно розміру), серед яких великий відсоток становить особини цього і минулого року, що вказує на хороше поновлювання виду.

3 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ СТАНУ ЕКОСИСТЕМИ ФІЛОФОРНОГО ПОЛЯ ЗЕРНОВА ПІД ВПЛИВОМ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

3.1 Математична модель екосистеми північно-західного шельфу Чорного моря

Біоценози ФПЗ розташовані в межах акваторії ПЗЧМ і відповідно пов'язані потоками речовин та енергії із всіма іншими біоценозами та біотопами шельфу. В роботі [27] представлені результати моделювання екосистеми ПЗЧМ за допомогою загальної екологічної моделі оцінки ступеню ризику (AQUATOX), яка є у вільному доступі на веб-ресурсі [28]. AQUATOX описує всі процеси шельфових екосистем, які зазнають вплив річкового стоку, що представлено на рисунку 3.1 [29].

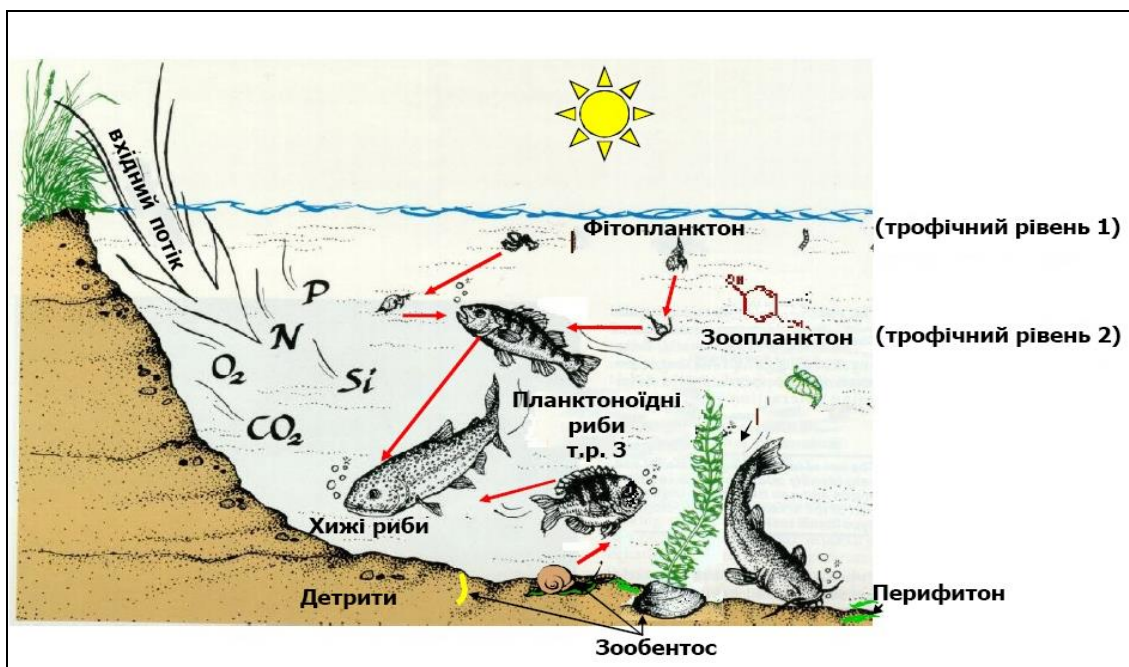


Рисунок 3.1 – Основні компоненти водного середовища [29]

Модель AQUATOX здатна показати прогноз екологічних наслідків від забруднювачів, таких як органічні речовини та відкладення, а також хімікатів, токсикантів та нафтопродуктів в водних екосистемах. Вона розглядає декілька трофічних рівнів, включаючи водорості, планктон, перифітон, фітопланктон, зообентос. Основні екологічні процеси, що дозволяє змоделювати AQUATOX, представлені на рисунку 3.2.

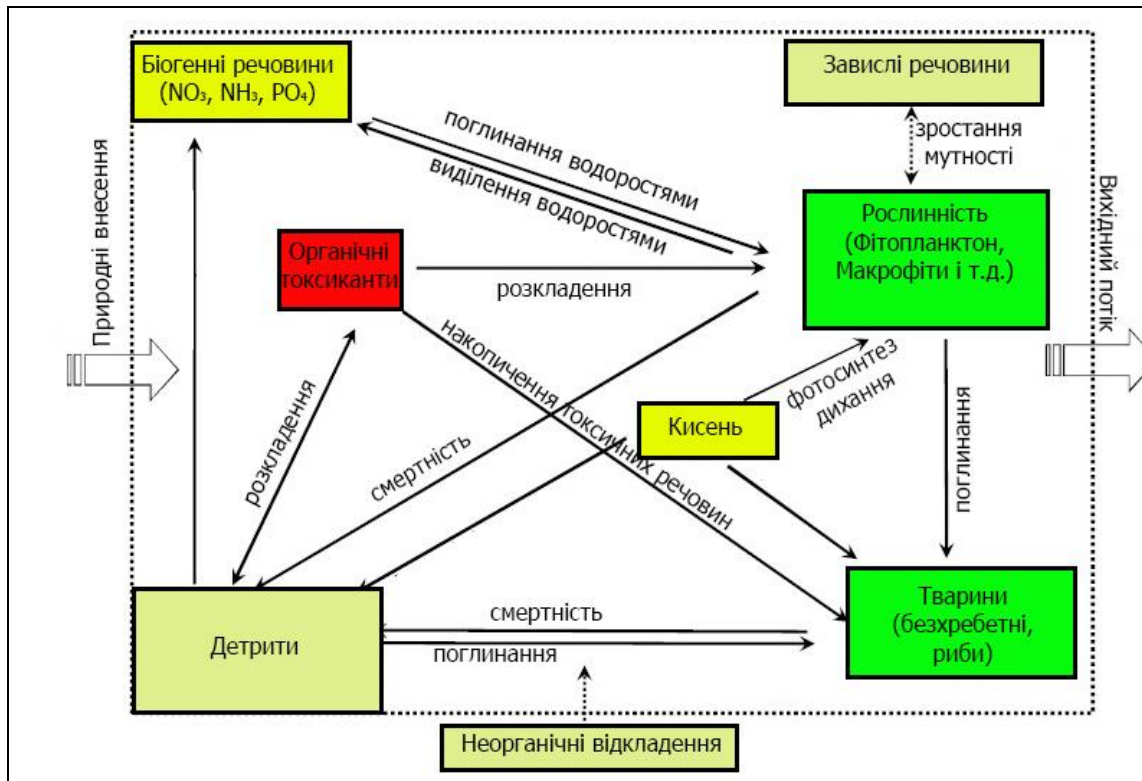
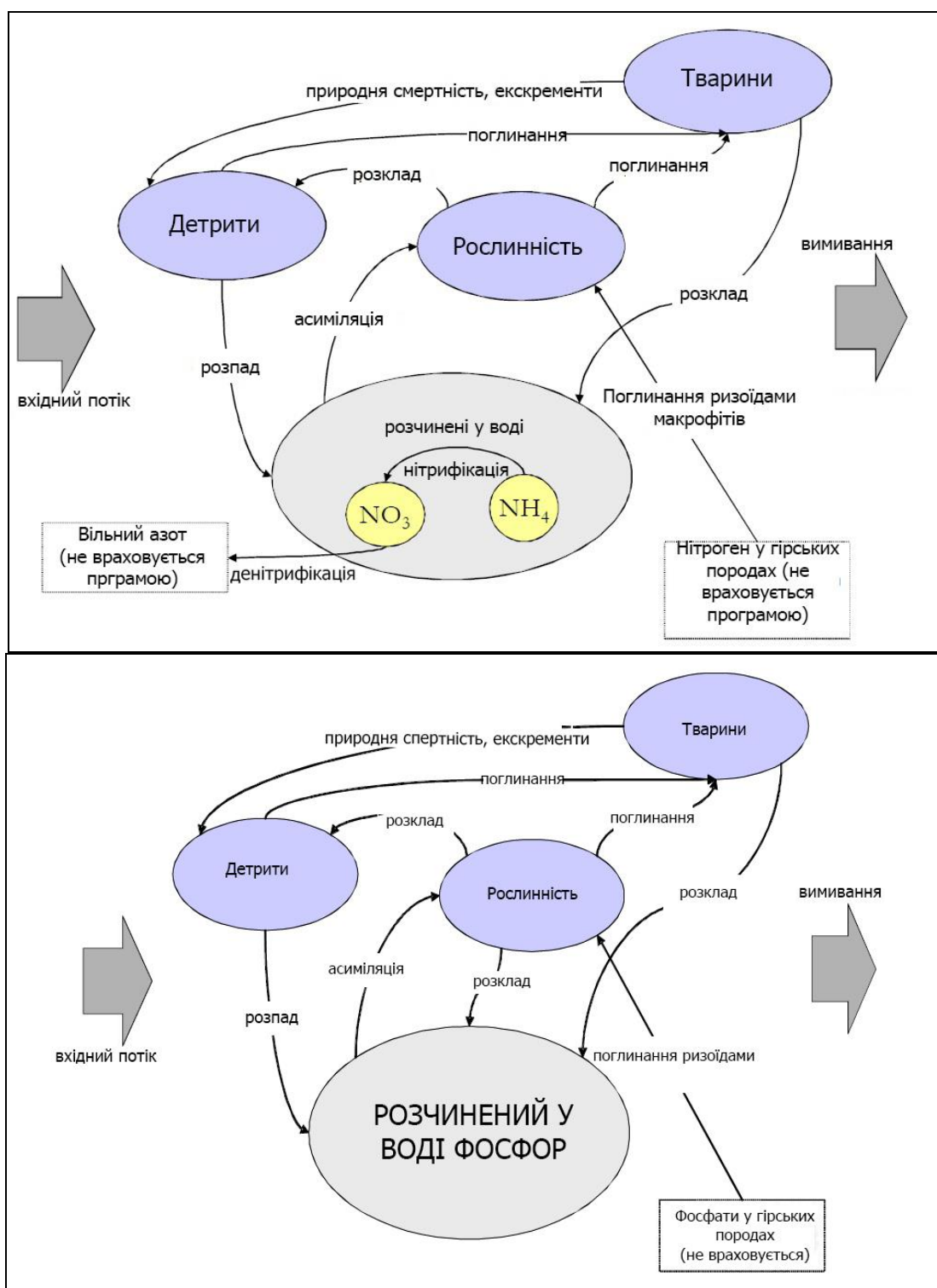


Рисунок 3.2 – Екологічні процеси що моделює AQUATOX [29]

AQUATOX враховує практично весь цикл обігу біогенних речовин у водному середовищі (рисунок 3.3) [29].

AQUATOX дозволяє моделювати гідрофізичні характеристики окремих шарів води та змінні умови у кожному шарі, а також дозволяє здійснити розрахунки для динаміки різних типів біоценозів, так, щоб можна було передбачити послідовні зміни на протязі сезону. Основні види організмів, врахованих в математичній моделі екосистеми ПЗЧМ, представлені в таблиці 3.1.



а) азот;

б) фосфор.

Рисунок 3.3 – Цикл біогенних речовин в AQUATOX

Таблиця 3.1 – Основні види організмів, врахованих в математичній моделі екосистеми північно-західний шельфу (ПЗШ) Чорного моря

| Організми різного трофічного рівня | Назва організму характерного для ПЗШ | Назва організму, або його аналогу у бібліотеці AQUATOX |
|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Фітопланктон | Діатомові водорості | Diatom |
| | Зелені водорості | Greens |
| | Синьо-зелені водорості | Bl-Greens |
| | Дінофітові водорості | Dinoflagellate |
| | Золотисті водорості | Chrysophyta |
| Зоопланктон | Веслоногі рачки | Copepoda |
| | Гіллястовусі рачки | Cladocera |
| | Коловертки | Rotifera |
| | Хижий зоопланктон | Predatory Zooplankton |
| Бентос | Поліхети | Polychaete |
| | Амфіподи | Amphipod |
| | Мідії | Mussel |
| | Гастроподи | Gastropod |
| Макрофіти | Філофора | Phyllophora |
| Риби | Хамса | Anchovy (Hamsa) |
| | Шпрот | Sprats |
| | Ставрида | Horse-mackerel |
| | Мерланг | Whiting |
| | Осетер | Sturgeon |
| | Бичок | Bullhead |
| | Барабуля | Mullus |
| Калкан | Kalkan | |

Модель представляє двошарову систему, яка відповідає гідрологічній структурі ПЗЧМ. Верифікація моделі була проведена в роботі [27] на базі даних УкрНЦЕМ, отриманих протягом останнього десятиліття. В таблиці 3.2 представлені результати оцінки адекватності модельних розрахунків.

Статистичний зв'язок приймається значущим, якщо вона задовольняє параметрам, приведеним в таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Результати оцінки точності модельних розрахунків

| Показник | σ | S | S/ σ |
|----------------------|----------|--------|-------------|
| NO ₃ | 0.0505 | 0.0050 | 0.21 |
| S, % | 2.39 | 0.5258 | 0.22 |
| PO ₄ | 0.0131 | 0.0004 | 0.23 |
| O ₂ , | 2.15 | 0.5160 | 0.24 |
| NH ₄ | 0.0382 | 0.0092 | 0.25 |
| Дінофітові | 1.6060 | 0.2409 | 0.35 |
| Зелені | 0.3266 | 0.1176 | 0.56 |
| Синьо-зелені | 0.6802 | 0.4081 | 0.60 |
| Діатомові | 0.6877 | 0.5226 | 0.70 |
| Сумарний зоопланктон | 0.0808 | 0.0574 | 0.71 |

Таблиця 3.3 – Критерії оцінки якості статистичних зав'язків

| Кількість членів ряду, n | $\frac{S}{\sigma}$, один. | Категорія якості |
|----------------------------|----------------------------|------------------|
| ≤ 15 | $\leq 0,40$ | Добра |
| Те саме | від 0,41 до 0,70 | Задовільна |
| $15 < n < 25$ | $\leq 0,45$ | Добра |
| Те саме | від 0,46 до 0,75 | Задовільна |
| ≥ 25 | $\leq 0,50$ | Добра |
| Те саме | від 0,51 до 0,80 | Задовільна |

У таблиці 3.2 та 3.3 включені наступні параметри.

Середньоквадратичне відхилення, яке визначається для аналізованого ряду значень концентрації речовини по формулі 3.1:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(C_j)^2 - \frac{(\sum C_j)^2}{n}}{n-1}}, \quad (3.1)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення;

C_m – значення концентрації речовини, одержане по рівнянню моделі за тими даними витрати води у водотоці, при яких була зафіксована C_j .

Середньоквадратична погрішність результатів перевірочних розрахунків значень концентрації речовини по знайденому рівнянню регресії, яка визначається по формулі 3.2:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(C_j - C_m)^2}{n - 2}}, \quad (3.2)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення;

C_m – значення концентрації речовини, одержане по рівнянню моделі за тими даними витрати води у водотоці, при яких була зафіксована C_j .

3.2 Постановка завдання

Розглянемо основні чинники, що впливали та впливають стан біоценозу філофори в межах Філофорного поля Зернова. Це наступне:

а) основним негативним фактором для донних біоценозів ФПЗ була промисловий видобуток *Phyllophora crispera*. Безперервне видобування протягом десятиліть здійснювалось методом драгування, який передбачає використання системи кільцевого трала Кітрана. Трал Кітрана складається з троса значної довжини, на якому закріплювалось кілька невеликих драг [30].

Крім того, донний траловий промисел шпрота, який отримав інтенсивний розвиток, починаючи з середини 70 років минулого століття, проводився на глибинах від 30 м до 130 м, де знаходились біоценози мідій, фазеоліни, а також філофори на півні ФПЗ.

Основними негативними наслідками донних траленій є фізичне знищення донних організмів тралами [31].

Існує інформація про вплив промислового видобутку на філофору [32] *Phyllophora crispera* (= *Ph. nervosa*), слоєвище яких ймовірно періодично були фрагментовані під час промислового збирання водоростей. У цій частині ФПЗ ценопопуляція філофори була на межі вимирання. На периферії Поля філофора не заготовлювалась, тому слоєвища могли досягати великих розмірів від 25 см до 30 см;

б) зменшення прозорості морської води призводить до зменшення фізіологічної активності макрофітів ФПЗ і зменшення запасів філофори.

Донні тралення викликають взмучення мілкодисперсних відкладів (пелітові фракції) з подальшим замуленням значних просторів донної поверхні. Останній чинник є найбільш шкідливим для водних організмів. Великі маси завислих у воді часток можуть бути перенесені течіями на великі відстані від 150 км до 200 км і осаджуватись на територіях тисячі квадратних кілометрів [31].

Однією з причин відсутності фізіологічної активності і скорочення запасів філофори є зменшення прозорості морської води через завислі речовини, що осідають на водорості, створюючи ефект «темного мішку». Влітку основним чинником, що обмежує фотосинтез філофори є світло на фоні низької температури і недостатнього насичення киснем води в місцях зростання водоростей. Проявом наслідків несприятливих умов освітленості на полі Зернова є низька активність фотосинтезуючої філофори, в результаті чого кисневий баланс стає негативним, що веде до гіпоксії та створення сірководних зон [33].

Існує гіпотеза, що причиною зменшення запасів філофори стало вторгнення вод Дунаю в акваторію ФПЗ. Як показали гідрологічні дослідження, негативний вплив на філофору оказує не тільки зменшення солоності, а і принесенням у значної кількості завислих речовин. Тобто створюються екстремальні умови для зростання донної рослинності [34].

На основі даних, отриманих для морфометрії слоєвищ і його продукції, вплив вод Дунаю на філофору проявляється до середини поля Зернова [35].

Існує ще одна причина зниження запасів філофори – різке зростання вантажних суднових потоків в районі ФПЗ. Якщо проходить судно тоннажністю від 70 тис. т до 100 тис. т в районі глибин від 20 м до 22 м, в результаті впливу гвинтів взмучуються пелітові фракції, що переносяться на великі відстані. Підтвердження впливу «суднового чинника», який має катастрофічні наслідки для ФПЗ, здійснено в результаті досліджень оптичних властивостей товщі води [36].

Евтрофікація вод північно західної частини моря приводить до гіпоксійних та аноксійних зон [37];

в) на сьогодні спостерігається масовий розвиток нитчастих водоростей практично на всій акваторії ФПЗ. Це можна пояснити надходженням біогенних елементів з річковим стоком Дністра, Дніпра, Дунаю, а також з Каркінітської затоки. І крім того, пухкі донні відкладення цього району містять велику кількість біогенних речовин, які вимиваються і надходять в товщу води, тим самим викликаючи розвиток нитчастих водоростей з великою питомою поверхнею [38]. Величини проективного покриття донної поверхні нитчастими водоростями сягають до 80 %.

Таким чином, до основних факторів негативного впливу на стан філофори поля Зернова відносяться:

- фізичне пошкодження в результаті донних тралень;
- зменшення прозорості води, як в результаті надходження завислих речовин з річковим стоком і виносу з узбережжя, так і в результаті процесів, пов'язаних з евтрофікацією;
- виникнення гіпоксійних зон;
- масовий розвиток нитчастих водоростей.

Необхідно відзначити, що даний вплив оказується на фоні кліматичних змін, які передбачають зміни в температурному режимі води, солоності морської води в результаті збільшення опадів в регіоні та змін в гідродинамічних характеристиках ПЗЧМ.

3.3 Аналіз результатів математичного моделювання

На базі моделі, наведеної у попередньому розділі, виконано низку чисельних експериментів для аналізу впливу природних та антропогенних факторів на стан біоценозу філофори. В таблиці 3.4 наведені характеристики кожного з експериментів для двох сценаріїв: «оптимістичного» та «песимістичного».

Оптимістичний передбачає у якості норми для температури морських вод, солоності, біогенних речовин та рН взяті середньомісячні данні для ПЗЧМ [39].

Таблиця 3.4 – Характеристика змін в значеннях показників природних та антропогенних факторів впливу на стан екосистеми ФПЗ у відсотках від існуючого стану

| Показник | Оптимістичний сценарій | Песимістичний сценарій |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| Температура, °С | +9 | +12 |
| Солоність, % | -9 | -20 |
| Біогенні речовини, % | -20 | +100 |
| Фізичне пошкодження філофори, % | – | +20 |
| Кількість завислих речовин, % | -20 | +50 |

В таблиці 3.5 представлені результати змін в біомасі філофори поля Зернова для оптимістичного та песимістичного сценаріїв.

Таблиця 3.5 – Зміни в біомасі філофори за модельними розрахунками по відношенню до існуючого стану, у %

| Показник | Існуючий стан | Оптимістичний сценарій | | Песимістичний сценарій | |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| | г/м ² сухої ваги | г/м ² сухої ваги | % відхилення від існуючого стану | г/м ² сухої ваги | % відхилення від існуючого стану |
| Середнє арифметичне значення | 50 | 71 | 42 | 34 | -31 |
| Медіана | 28 | 47 | 67 | 19 | -33 |
| Мінімальне значення | 0,36 | 0,42 | 16 | 0,26 | -27 |
| Максимальне значення | 144 | 189 | 31 | 98 | -32 |
| Середньоквадратичне відхилення | 54 | 71 | 34 | 37 | -31 |

В результаті модельних експериментів були отримані результати по змінам в біомасі філофори ФПЗ для оптимістичного сценарію, який передбачає зменшення негативних тенденцій у природних факторах, які виникають при зміні клімату, а також зменшення антропогенного впливу на евтрофованість вод та на прозорість морської води. При розвитку за оптимістичним сценарієм прогнозується збільшення біомаси філофори на 67 %.

За песимістичним сценарієм зростає вплив на філофору факторів, пов'язаними із зміною клімату (збільшення температури атмосферного повітря і відповідно морської води, зменшення солоності в результаті збільшення атмосферних опадів), збільшення впливу річкового стоку на евтрофованість моря, а також на прозорість морської води. Песимістичний сценарій також передбачає незаконний траловий вилов риби, який фізично пошкоджує 20 % філофори ФПЗ. При розвитку за песимістичним сценарієм прогнозується зменшення біомаси філофори на 33 %.

ВИСНОВКИ

У планктонному альгоценозі ФПЗ в весняно-літній період 2017 року було відмічено від 58 видів до 92 видів і різновидів мікроводоростей, що відносилися до 7 (9) великих таксонів: Bacillariophyta (35 % – 34 %), Dinophyta (47 % – 33 %), Chlorophyta (8 % – 3 %), Cyanophyta (2 %), Chrysophyta (17 % – 7 %), Cryptophyta (7 % – 3 %), Euglenophyceae (2 %), Dictyochophyceae (1 %), Prasinophyceae (1 %) і Flagellata (3 %). У літній період, в фітопланктоні число видів зросло в 1,6 раз; в 2 рази зростала число дінофітових, в 3,5 рази – зелених, при цьому, майже в половину зменшувалася кількість золотистих.

Планктонний альгоценоз в районі ФПЗ щодо належності до різних екологічних груп переважно характеризувався як морської планктонний (71 % – 78 % видів). До морських бентичних належали 9 % – 16 % видів, морських бенто-планктонних або тихопелагічних – 1 % – 2 % видів, солоноватоводно-морських планктонних – 2 % – 3 %, прісноводно-солоноватоводних планктонних – 3 %, прісноводних планктонних – 3 % – 7 %, прісноводних бентичних – 2 %. Збільшення частки морських бентичних форм пов'язано з нестабільною вітровою складовою в період досліджень і попаданні бентосних діатомей в верхні шари.

Максимальне видове різноманіття було відзначено в липні (92 види мікроводоростей). В цей же період були зафіксовані максимальні кількісні показники на двох станціях (ст. 4 і ст. 11), схильних до впливу вод Дністра і Дунаю.

У верхньому перемішаному шарі в липні в період «цвітіння» кокколітофоріди *Emiliana huxleyi*, була зареєстрована максимальна чисельність виду (1 782 тис. кл/л), при температурі морської води 21,70 °С і солоності 15,45 ‰. Максимальна біомаса фітопланктону за весь період дослідження була зареєстрована на 11 станції (3 805 мг/м³), під час «цвітіння» крупноклітинної діатомеї *Pseudosolenia calcar-avis*, біомаса якої склала 3 539,47 мг/м³.

Таким чином, в сучасний період фітопланктон ФПЗ характеризується значним видовим розмаїттям представників переважно морського генезису, з домінуванням планктонних форм. Відзначено, що в літній період ФПЗ, серед усіх районів північно-західної частини Чорного моря, характеризується найбільшою видовою різноманітністю дінофітових мікроводоростей, які, в свою чергу, є індикаторами низькою трофності вод. Знахідки нових і рідкісних видів мікроводоростей роблять цей район моря цікавим в таксономічних відношенні.

Зоопланктонне угруповання ФПЗ в цілому показало середнє видове різноманіття, велику чисельність з по більшості переважаючою кормовою часткою. Індекс Шеннона для цієї акваторії склав 1,27 за квітень, 0,55 за червень та 1,72 за серпень. В середньому за рік цей показник склав 1,18.

Протягом всього періоду дослідження зообентосу, показники індексу АМБІ варіювали в межах 1,808 – 3,103, що відповідає слабо порушеному стану. Показники індексу Шеннона також знаходилися в діапазоні, що характеризує високий екологічний статус. Таким чином, угруповання макрозообентосу центральної частини ПЗЧМ характеризується високим біорізноманіттям та добрим екологічним станом.

В акваторії ФПЗ у 2017 році виявлено 26 видів донних макрофітів (Rhodophyta – 15 видів, Phaeophyta – 6 видів, Chlorophyta – 5 видів). Відзначено нові знахідки для акваторії заказника: бурі макрофіти *Myriactula rivulariae*, *Sphacelorbis nanus* (виявлений тільки на черепашковому субстраті). Останній вид відзначений на всіх станціях, є ендеміком заказника і занесений до Червоної книги України. Крім того, в заростях *Polysiphonia sanguinea* в незначних кількостях виявлена червона нитчаста водорість *Lophosiphonia obscura*, яка зростала на акваторії Поля в 70 роках минулого століття.

Проведено спробу районування акваторії ФПЗ за показником середнього значення коефіцієнтів питомої поверхні популяцій трьох домінантів. Для кожної станції по місяцях розраховані середні значення цих коефіцієнтів.

В західній частині ФПЗ (ст. 4) спостерігається картина зміни S/W_{3Dp} по сезонах: в липні відбувається деяке поліпшення екологічної ситуації «задовільний

стан» – зменшення значення цього показника з подальшим незначним збільшенням знову до «поганого стану».

В центральній частині Поля (ст. 9) на глибинах біля 40 м відзначається стабільна не дуже сприятлива ситуація – «поганий стан» протягом усього періоду спостережень. На великих глибинах в палеоложі Дніпра скупчуються біогенні елементи, що надходять з усього річкового стоку. Сюди доходять, в тому числі, і евтрофовані води Дунаю.

Судячи із зміни показників S/W_{3DP} по сезонах ситуація на менших глибинах в центральній частині ФПЗ значно краща – «задовільний стан» на протязі всього періоду спостережень.

Північна частина ФПЗ кардинально відрізняється від інших ділянок спостереження: третім видом-домінантом в квітні і серпні виступає зелений нитчастий макрофіт *Cladophora vadorum*. Масовому розвитку цього виду сприяє деяке опріснення (стік Дніпра). Екологічна ситуація на протязі всього періоду спостережень тут найсприятливіша. Поліпшення в липні ESC до «доброго стану» відбувається за рахунок розвитку і домінування більшої нитчастої червоної водорості *Polysiphonia elongata*, у якій досить низький S/W_p – 60,0 м²/кг.

Загалом отримані у 2017 році дані сідчать про необхідність постійного моніторингу акваторії ФПЗ, за можливості впродовж всього року (щосезонно), та за більш щільною сіткою станцій відбору проб. Ця рекомендація має бути врахована при розробці програм державного моніторингу довкілля.

Біоценози ФПЗ розташовані в межах акваторії ПЗЧМ і відповідно пов'язані потоками речовини та енергії із іншими біоценозами та біотопами шельфу.

До основних факторів негативного впливу на стан філофори поля Зернова відносяться:

- фізичне пошкодження в результаті донних траленій;
- зменшення прозорості води, як в результаті надходження завислих речовин з річковим стоком і виносу з узбережжя, так і в результаті процесів, пов'язаних з евтрофікацією;
- виникнення гіпоксійних зон;

– масовий розвиток нитчастих водоростей.

Необхідно відзначити, що даний вплив оказується на фоні кліматичних змін, які передбачають зміни в температурному режимі води, солоності морської води в результаті збільшення опадів в регіоні та змін в гідродинамічних характеристиках ПЗЧМ.

У роботі представлені результати моделювання ФПЗ за допомогою системи AQUATOX. За допомогою математичної моделі виконано чисельні експерименти для аналізу впливу природних та антропогенних факторів на стан біоценозу філофори за двома сценаріями: «оптимістичного» та «песимістичного».

Отримані результати по змінам в біомасі філофори ФПЗ для оптимістичного сценарію, який передбачає зменшення негативних тенденцій у природних факторах, які виникають при зміні клімату, а також зменшення антропогенного впливу на евтрофованість вод та на прозорість морської води. При розвитку за оптимістичним сценарієм прогнозується збільшення біомаси філофори на 67 %.

За песимістичним сценарієм зростає вплив на філофору факторів, що пов'язані із зміною клімату (збільшення температури атмосферного повітря і відповідно морської води, зменшення солоності в результаті збільшення атмосферних опадів), із збільшенням впливу на евтрофованість моря, а також на прозорість морської води. Песимістичний сценарій також передбачає незаконний траловий вилов риби, який фізично пошкоджує 20 % філофори ФПЗ. При розвитку за песимістичним сценарієм прогнозується зменшення біомаси філофори на 33 %.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Про оголошення природної акваторії Чорного моря ботанічним заказником загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» [Електронний ресурс] : указ Президента України від 21 листопада 2008 р. № 1064/2008. – Режим доступу : <http://www.president.gov.ua/documents/8604.html> – Загол. з екрану

2 Положення про Ботанічний заказник загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» [Текст] : наказ Мінприроди України від 08.05.2009 № 217 // Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – Київ, 2009. – 5 с.

3 Берлинский Н. А. Влияние изменчивости условий морской среды на динамику Филлофорного поля Зернова [Текст] / Н. А. Берлинский, Ю. М. Деньга, А. В. Матвеев, О. С. Подуст, Ю. И. Попов, И. П. Третьяк // Вісник ОНУ. Серія : Географічні та геологічні науки. – 2014. – Т. 19, Вип. 2. – С. 40-57

4 List of names of marine organisms, including information on synonymy [Electronic resource] / David Berlind Editor in Chief ProgrammableWeb.com WoRMS; – World Register of Marine Species. – Режим доступу : <http://www.marinespecies.org>. – 10.10.2017. – Title from the screen

5 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.

6 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.

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

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

8 Мурина В. В. Определитель пелагических личинок многощетинковых червей Polychaeta) Чёрного моря [Текст] / В. В. Мурина. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – 67 с.

9 Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России [Текст] : в 2 т. / под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалохина. – М. : Товарищество научных изданий КМКБ, 2010. – Т. I. – Зоопланктон. – 495 с., ил.

10 Тевяшова О. Е. Сбор и обработка зоопланктона в рыбоводных водоёмах. Методическое руководство (с определителем основных пресноводных видов) [Текст] / О. Е. Тевяшова Пархоменко А. В., Коротков А.Г. – Ростов-на-Дону : ФГУП «АзНИРХ», 2009. – 84 с.

11 Губанова А. Копеподы Чёрного моря [Электронный ресурс] / А. Губанова, Д. Алтухов. – Режим доступа : <http://4seas.at.ua/publ/1-1-0-6>. – 10.11.2017. – Заглавие с экрана

12 Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию [Текст] / А. Ф. Алимов. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 152 с.

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

14 Киселева М. И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Черного и Азовского морей [Текст] / М.И. Киселева. – Россия : Апатиты, 2004. – 409 с.

15 Численко Л. Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела (морской мезобентос и планктон) [Текст] / Л. Л. Численко. –Л. : Наука, 1968. – 104 с.

16 Калугина А. А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники [Текст] / А. А. Калугина-Гутник ; в кн. : Морские подводные исследования. – М. : Наука, 1969. – С. 105-113

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

18 Козлов В.Е. Основа ботанической микротехники [Текст] / В. Е. Козлов, Н. А. Наумов. – М. : Сов. наука, 1954 – 312 с.

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

20 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

21 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. – 13.10.2017. – Title from the screen

22 Червона книга України. Рослинний світ [Текст] / за ред. Я.П. Дідуха. – Київ : Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.

23 Pianka E. R. On r and k selection [Text] / E. R. Pianka // American Naturalist. – 1970. – Vol. 104, № 940. – P. 592–597

24 Minicheva G. Black Sea monitoring guidelines. Macrophytobenthos [Electronic resource] / G. Minicheva, D. Afanasyev, A. Kurakin. – Режим доступа : http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2017/01/Macrophytes_Manual-mainAnx123Mar2015-fin-PA3.pdf. – 12.02.2017. – Title from the screen

25 Пианка Э. Эволюционная экология [Текст] / Э. Пианка. – М. : Мир, 1981. – 399 с.

26 Калугина-Гутник А. А. Структура ценопопуляции *Phyllophora brodiaei* на Филлофорном поле Зернова в июле – августе 1989 г. [Текст] / А. А. Калугина-Гутник, И.К. Евстигнеева // Экология моря. – 1993. – Вып. 44. – С. 57-64

27 Діагноз стану екосистеми північно-західного шельфу Чорного моря на базі математичного моделювання [Текст] : звіт про НДР (заключний) / Науков-дослідна установа «Український науковий центр екології моря» ; кер. В. М. Коморін ; виконав. І. Г. Орлова [та інш.]. Одеса, 2014 – 102 с. – Бібліогр. с. 99-102. – № ДР 0114U004499. – Інв. № 7187.

28 Environmental Modeling Community of Practice / AQUATOX Basic

Information [Electronic resource] – Режим доступа :
<http://water.epa.gov/scitech/datait/models/aquatox/about.cfm#1>. – 02.10.2017. – Title from the screen

29 Park, R. A. AQUATOX: Modeling environmental fate and ecological effects in aquatic ecosystems [Text] / R. A. Park, J. S. Clough, M. C. Wellman. // Ecological Modelling. – 2008. – Vol. 213, Issue 1. – P. 1-15

30 Коробков В. А. Подводная технология [Текст] / В. А. Коробков, В. С. Левин, А. В. Лукошков. – Ленинград : Издательство «Судостроение». – 1981. – 240 с.

31 Болтачев А. Р. Траловый промысел и его влияние на донные биоценозы Черного моря / А. Р. Болтачев // Морський екологічний журнал. – 2006. – Т. V, № 3 – С. 45-56

32 Гордеева И. К. Состояние популяции черноморской *Phyllophora nervosa* (DC.) Grev. в районе промысла / И. К. Гордеева // Промысловые водоросли и их использование : сб. науч. тр. ВНИРО. – М., 1981. – С. 97-101

33 Пархоменко А. В. Влияние абиотических факторов на интенсивность фотосинтеза черноморской филлофоры в летний период / А. В. Пархоменко, А. Г. Коротков // Экология моря.– 1999. – Т. 48. – С. 53-57

34 Беляев Б. И. Освещенность водной толщи на северо-западном шельфе Черного моря в районах Каркинитского залива и Филлофорного поля Зернова / Б. И. Беляев // Экол. моря. – 1993. – Вып. 43. – С. 75-90

35 Калугина-Гутник А. А. Морфобиологическая и продукционная характеристика слоевищ *Phyllophora nervosa* и *Ph. brodiaei* на Филлофорном поле Зернова в 1986 и 1989 гг. / А. А. Калугина-Гутник, И. К. Евстигнеева // Экология моря. – 1993. – Т. 44. – С. 70-79

36 Сибирцова Е. Н. Некоторые возможности интенсификации судоходства для экосистемы Черного моря / Е. Н. Сибирцова, Ю. Н. Токарев, И. С. Чуприна // Вестник Прикаспия. – 2016. – №2 – С. 42-48

37 Берлинский Н. А. О развитии гипоксии в северо-западной части Черного моря в современный период / Н. А. Берлинский, Ю. И. Богатова, Г. П. Гаркавая //

Наук. зап. Терноп. педуніверситету. Серія : Біологія. Спеціальний випуск : Гідроекологія. – 2001. – Т. 15, № 4. – С. 114-116

38 Миничева Г. Г. Фитобентос Большого и Малого филофорных полей как отражение современного экологического состояния северо-западной части Черного моря / Г. Г. Миничева, М. Н. Косенко, А. В. Швец // Морський екологічний журнал. – 2009. – Т.VIII, № 4. – С. 24-40

39 Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря : довідковий посібник / І. Д. Лоева, І. Г. Орлова, М. Ю. Павленко, В. В. Український [та ін.]; заг. ред. І. Д. Лоева. – Київ : КНТ, 2008. – 616 с. : іл., табл.

ДОДАТОК А
ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД ФІТОПЛАНКТОНУ ФІЛОФОРНОГО ПОЛЯ
ЗЕРНОВА У 2017 Р.

Таблиця А.1 – Видовий склад планктонних мікрowodоростей ФПЗ
навесні і влітку 2017 р.

| Види | Місяць | | | Екологічна група |
|---|--------|-----|------|------------------|
| | IV | VII | VIII | |
| BACILLARIOPHYTA | | | | |
| <i>Amphora crassa</i> Gregory, 1857 | – | + | – | M-b |
| <i>A. hyalina</i> Kützing, 1844 | – | + | – | M-b |
| <i>Amphora</i> sp. | – | + | – | M-b |
| <i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeby, 1937 | – | + | + | M-p |
| <i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg, 1839 | + | + | + | M-t |
| <i>Chaetoceros insignis</i> Proshkina-Lavrenko, 1955 | – | + | – | M-p |
| <i>C. lacinosus</i> Schütt, 1895 | + | + | – | M-p |
| <i>C. similis</i> P.T. Cleve, 1896 | – | + | – | M-p |
| <i>C. simplex</i> Ostenfeld, 1901 | – | + | – | M-p |
| <i>C. socialis</i> Lauder, 1864 | – | + | + | M-p |
| <i>Cocconeis costata</i> Greg. | + | – | + | M-b |
| <i>C. pediculus</i> Ehrenberg, 1838 | – | + | + | M-b |
| <i>C. scutellum</i> (Grunow in Van Heurck) P.T. Cleve, 1896 | + | – | + | M-b |
| <i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Greville) Ostenfeld, 1915 | + | – | – | M-p |
| <i>Cyclotella caspia</i> Grunow 1878 | + | + | + | M-p |
| <i>C. meneghiniana</i> Kützing 1844 | – | + | – | S-p |
| <i>Cyclotella</i> sp. | – | + | – | M-p |
| <i>Cymbopleura</i> sp. | + | – | – | M-b |
| <i>Diatoma tenuis</i> C.A. Agardh, 1812 | + | – | – | P-b |
| <i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow in Van Heurck, 1883 | + | – | – | M-p |
| <i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smith) Reimer, 1975 | – | + | – | M-b |
| <i>Halamphora coffeaeformis</i> (Ag.) Levkov | – | + | – | M-b |
| <i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow, 1880-1885*** | – | + | – | M-p |
| <i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867 | – | + | + | M-b |
| <i>Navicula lanceolata</i> (C.A. Agardh) Ehrenberg, 1838 | + | – | + | M-b |
| <i>N. pennata</i> var. <i>pontica</i> Mer. | + | + | + | S-p |
| <i>Navicula</i> sp. | + | + | + | M-b |
| <i>Nitzschia holsatica</i> Hustedt, 1930 | – | – | + | M-b |
| <i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson in Kützing) Ralfs in Pritchard, 1861 | – | – | + | M-p |
| <i>Nitzschia tenuirostris</i> Mereschkowsky | – | – | + | M-p |
| <i>Nitzschia</i> sp. | + | + | + | M-b |

Продовження таблиці А.1

| | | | | |
|---|---|---|---|-----|
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) P.T. Cleve, 1873 | – | – | + | M-b |
| <i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström, 1986 | – | – | – | M-p |
| <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (P.T. Cleve, 1897) Heiden, 1928 | – | + | + | M-p |
| <i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex P.T. Cleve, 1897) Hasle, 1993 | – | + | – | M-p |
| <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström, 1986 | – | + | + | M-p |
| <i>Skeletonema costatum</i> (Greville) P.T. Cleve, 1878 | + | + | – | M-p |
| <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow, 1880 | + | + | – | M-p |
| <i>Synedra</i> sp. | + | + | + | M-b |
| <i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round, 1986 | + | + | – | M-b |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow, 1862) Van Heurck, 1896 | – | + | – | M-p |
| <i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow in P.T. Cleve, Grunow) Ostenfeld, 1901 | – | – | + | M-p |
| <i>T. parva</i> Proshk.-Lavr., 1955 | + | + | – | M-p |
| <i>Thalassiosira</i> sp. | – | + | + | M-p |
| DINOPHYTA | | | | |
| <i>Akashiwo sanguinea</i> (K.Hirasaka) G.Hansen, Ø.Moestrup | – | + | – | M-p |
| <i>Achradina pulchra</i> Lohmann, 1903 | + | – | + | M-p |
| <i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour, 1925) Balech, 1985 | – | + | – | M-p |
| <i>A. klebsii</i> Kofoid, Swezy, 1921 | – | – | + | M-p |
| <i>A. operculatum</i> Claparède, Lachmann, 1859 | – | + | – | M-b |
| <i>Alexandrium</i> sp. | + | + | – | M-p |
| <i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i> (Ehrenberg) Sournia, 1966 | – | + | + | M-p |
| <i>C. tripos</i> (O.F.Müller) Nitzsch, 1817 | – | + | + | M-p |
| <i>Cochlodinium helicoides</i> Lebour, 1925*** | – | + | – | M-p |
| <i>Dinophysis acuminata</i> Claparède, Lachmann, 1859 | + | + | | M-p |
| <i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent, 1881 | – | – | + | M-p |
| <i>D. fortii</i> Pavillard, 1923*** | – | + | – | M-p |
| <i>Dinophysis norvegica</i> Claparède, Lachmann, 1859 | – | – | + | M-p |
| <i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881 | + | + | + | M-p |
| <i>Glenodinium paululum</i> Lindemann | – | + | + | M-p |
| <i>Glenodinium pilula</i> (Ostenfeld) Schiller | – | – | + | M-p |
| <i>Glenodinium</i> sp. | + | + | – | M-p |
| <i>Cochlodinium citron</i> Kofoid, Swezy, 1921*** | + | – | – | M-p |
| <i>Gonyaulax minima</i> Matzenauer, 1933 | – | + | – | M-p |
| <i>G. polygramma</i> Stein, 1883 | – | – | + | M-p |
| <i>G. spinifera</i> (Claparède, Lachmann, 1859) Diesing, 1866 | – | – | + | M-p |
| <i>Gymnodinium najadeum</i> Schiller, 1928 | – | + | + | M-p |
| <i>Gymnodinium simplex</i> (Lohmann, 1911) Kofoid, Swezy, 1921 | – | + | – | M-p |
| <i>Gymnodinium wulffii</i> Schiller, 1933 | + | + | + | M-p |
| <i>Gymnodinium</i> sp. | + | + | + | M-p |
| <i>Gyrodinium cornutum</i> (Pouchet, 1885) Kofoid, Swezy, 1921 | – | + | + | M-p |

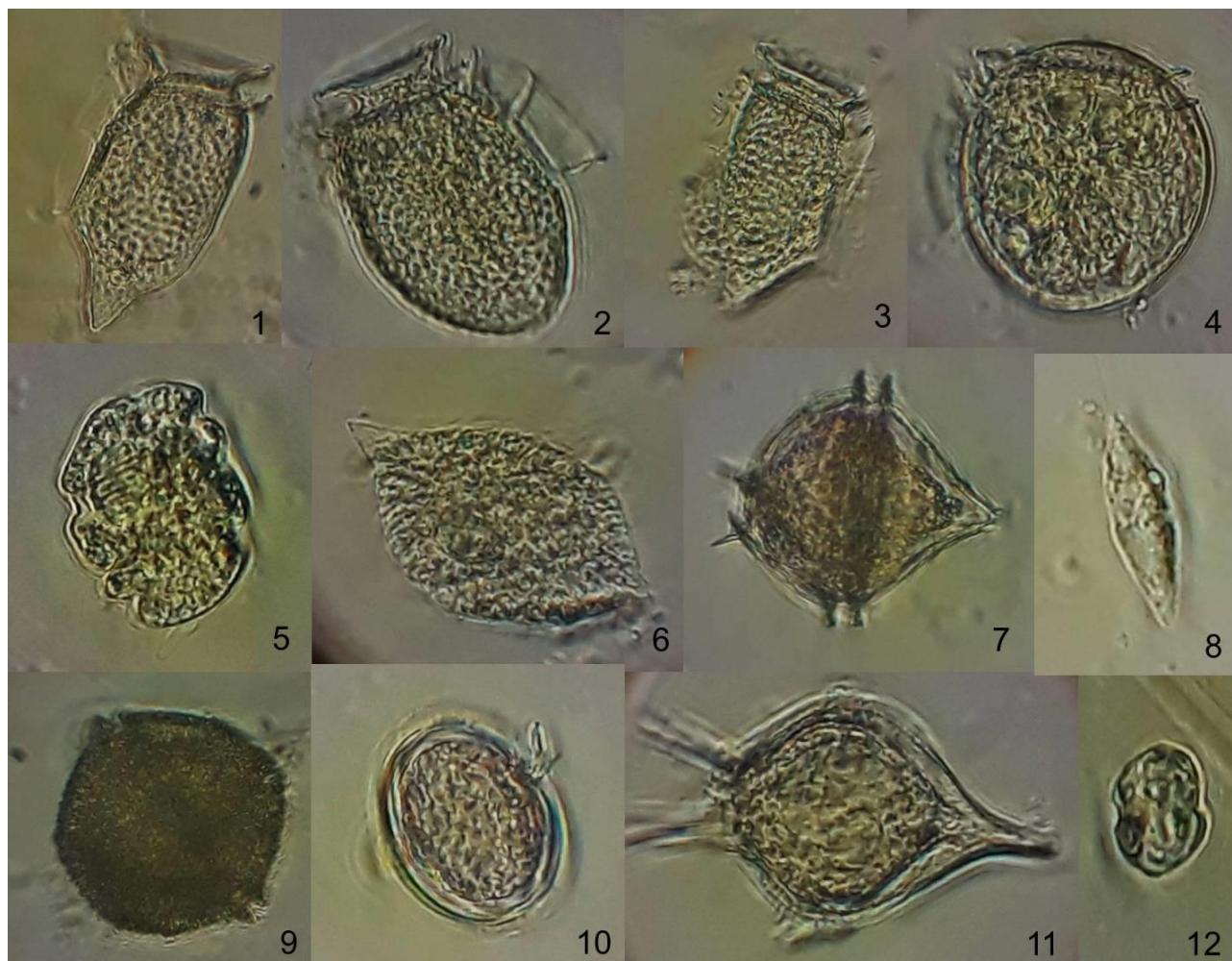
Продовження таблиці А.1

| | | | | |
|--|---|---|---|------|
| <i>G. fusiforme</i> Kofoid , Swezy, 1921 | – | + | + | M-p |
| <i>G. lachryma</i> (Meunier, 1910) Kofoid, Swezy, 1921**** | + | + | + | M-p |
| <i>G. pingue</i> (Schütt, 1895) Kofoid , Swezy, 1921 | – | + | + | M-p |
| <i>G. spirale</i> (Bergh, 1881) Kofoid et Swezy, 1921 | + | – | + | M-p |
| <i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehr.) Stein | + | + | + | M-p |
| <i>Katodinium</i> sp. *** | – | + | – | M-p |
| <i>Levanderina fissa</i> (Levander) Ø.Moestrup, P.Hakanen, G.Hansen, N.Daugbjerg & M.Ellegaard, 2015 | + | – | – | M-p |
| <i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein, 1883) Dodge, 1989 | – | + | + | M-p |
| <i>Phalacroma rotundata</i> (Claparède , Lachmann) Kofoid, Michener, 1911**** | – | + | – | M-p |
| <i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld, 1901) Dodge, 1975 | + | + | + | M-p |
| <i>P. micans</i> Ehrenberg, 1834 | – | + | + | M-p |
| <i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen, 1904) Balech, 1974 | + | + | + | M-p |
| <i>P. brevipes</i> (Paulsen, 1908) Balech, 1974**** | – | + | + | M-p |
| <i>P. crassipes</i> (Kofoid, 1907) Balech, 1974 | + | + | – | M-p |
| <i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg, 1841) Balech, 1974 | – | – | + | M-p |
| <i>P. granii</i> (Ostenfeld, 1906) Balech, 1974 | – | + | + | M-p |
| <i>P. pellucidum</i> Bergh, 1882 | + | – | – | M-p |
| <i>P. steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech, 1974 | – | + | + | M-p |
| <i>Protoperidinium</i> sp. | – | + | + | M-p |
| <i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) LoebL. | – | + | + | M-p |
| <i>Tripes furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez, 2013 | – | + | + | M-p |
| <i>Tryblionella compressa</i> (J.W.Bailey) M.Poulin, 1990 | – | + | + | M-p |
| <i>Unruhadinium penardii</i> (Lemmermann) Gottschling in Gottschling et al., 2017 | + | + | + | PS-p |
| CRYPTOPHYTA | | | | |
| <i>Hillea fusiformis</i> Schill. | + | + | + | M-p |
| <i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex G.Novarino, I.A.N.Lucas , S.Morrall, 1994* | + | + | + | M-p |
| <i>Plagioselmis</i> sp. | + | – | – | M-p |
| CHLOROPHYTA | | | | |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze 1898 | – | + | – | P-p |
| <i>Desmodesmus communis</i> (Hegewald) Hegewald | – | – | + | P-p |
| <i>Hyaloraphidium contortum</i> Pascher & Korshikov, 1931 | – | + | + | P-p |
| <i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) K. Möbius, 1894 | + | + | + | P-p |
| <i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969 | + | + | + | P-p |
| <i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard, 1979 | – | – | + | P-p |
| <i>Oocystis borgei</i> J. Snow, 1903 | – | + | – | P-p |
| <i>Raphidocelis danubiana</i> (Hindák) Marvan, Komárek & Comas, 1984 | – | + | – | P-p |
| <i>Tetraselmis inconspicua</i> Butcher, 1959 | – | + | + | M-p |
| CHRYSOPHYTA | | | | |
| <i>Acanthoica quattropsina</i> Lohmann, 1903 | – | – | + | M-p |
| <i>Apedinella radians</i> (Lohmann) Campbell, 1973 | + | + | – | M-p |
| <i>Dinobryon faculiferum</i> (Will.) Will.** | + | – | – | M-p |

Кінець таблиці А.1

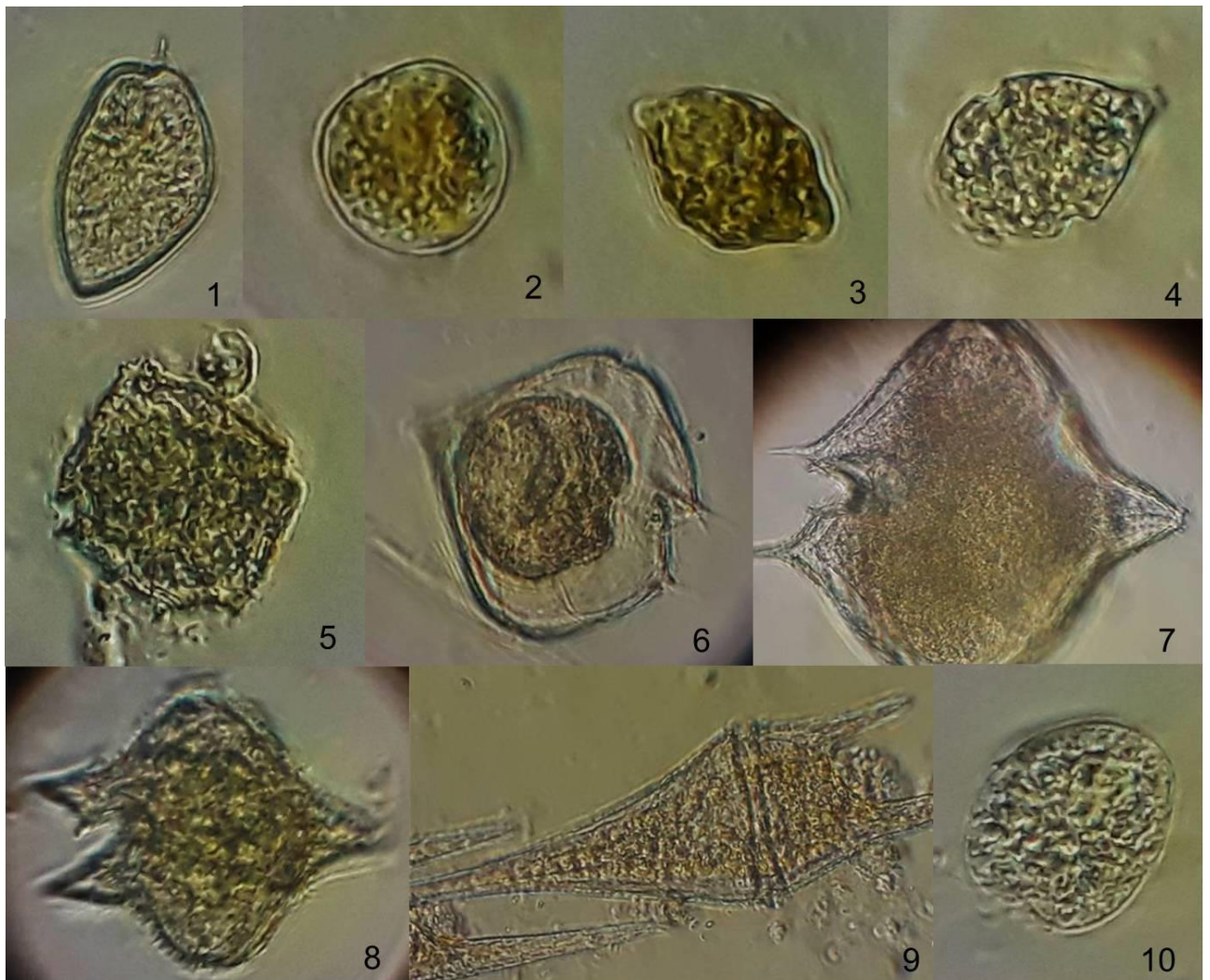
| | | | | |
|--|----|----|----|------|
| <i>D. balticum</i> (Schütt) Lemm. | + | – | + | M-p |
| <i>Coccolithus</i> sp. | + | – | – | M-p |
| <i>Emiliana huxleyi</i> (Lohm.) Hay et Mohler | + | + | + | M-p |
| <i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vors** | + | + | + | M-p |
| <i>Pontosphaera nigra</i> (J.Schiller) J.Schiller, 1930 | + | – | – | M-p |
| <i>Pontosphaera</i> sp.I | + | + | – | M-p |
| <i>Pontosphaera</i> sp.II | + | – | – | M-p |
| <i>Prymnesium parvum</i> N. Carter, 1937 | – | + | | M-p |
| <i>Prymnesiophyceae</i> gen. sp. | – | + | + | M-p |
| <i>Syracosphaera dentata</i> Lohmann, 1902 | + | – | – | M-p |
| <i>S. mediterranea</i> Lohmann, 1902 | + | – | – | M-p |
| DICTYOPHYCEAE | | | | |
| <i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg, 1839 | – | + | + | M-p |
| PRASINOPHYCEAE | | | | |
| <i>Pterosperma jorgensenii</i> J.Schiller, 1925 | – | + | – | M-p |
| CYANOPHYTA | | | | |
| <i>Jaaginema kisselevii</i> (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988 | + | + | + | PS-p |
| <i>Glaucospira laxissima</i> (G.S.West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014 | – | + | – | PS-p |
| EUGLENOPHYCEAE | | | | |
| <i>Eutreptia lanowii</i> Steuer, 1904 | – | – | + | M-p |
| FLAGELLATA | | | | |
| <i>Diaphanoeca grandis</i> Ellis, 1930* | + | – | – | M-p |
| <i>Flagellata</i> sp. | + | + | + | M-p |
| <i>Flagellata</i> sp. | – | + | – | M-p |
| <i>Paulinella ovalis</i> (A.Wulff) P.W.Johnson, P.E.Hargraves & J.M.Sieburth, 1988 | – | + | + | M-p |
| Всього | 58 | 92 | 64 | |
| <p>Примітка: Екологічна група: Мр – морські планктонні, Мб – морські бентичні, М-т – морські бенто-планктонні або тіхопелагічні види, Sp – солоноватоводно-морські планктонні, PS-p – прісноводно-солоноватоводні планктонні, Pp – прісноводні планктонні, Pб – прісноводні бентичні.</p> <p>* – Види, нові для ПЗЧМ шельфу Чорного моря.</p> <p>** – Види, нові для Чорного моря.</p> <p>*** – Рідкісні види.</p> | | | | |

ДОДАТОК Б
 БІОРІЗНОМАНІТТЯ МІКРОВОДОРСТЕЙ ФІЛОФОРНОГО
 ПОЛЯ ЗЕРНОВА



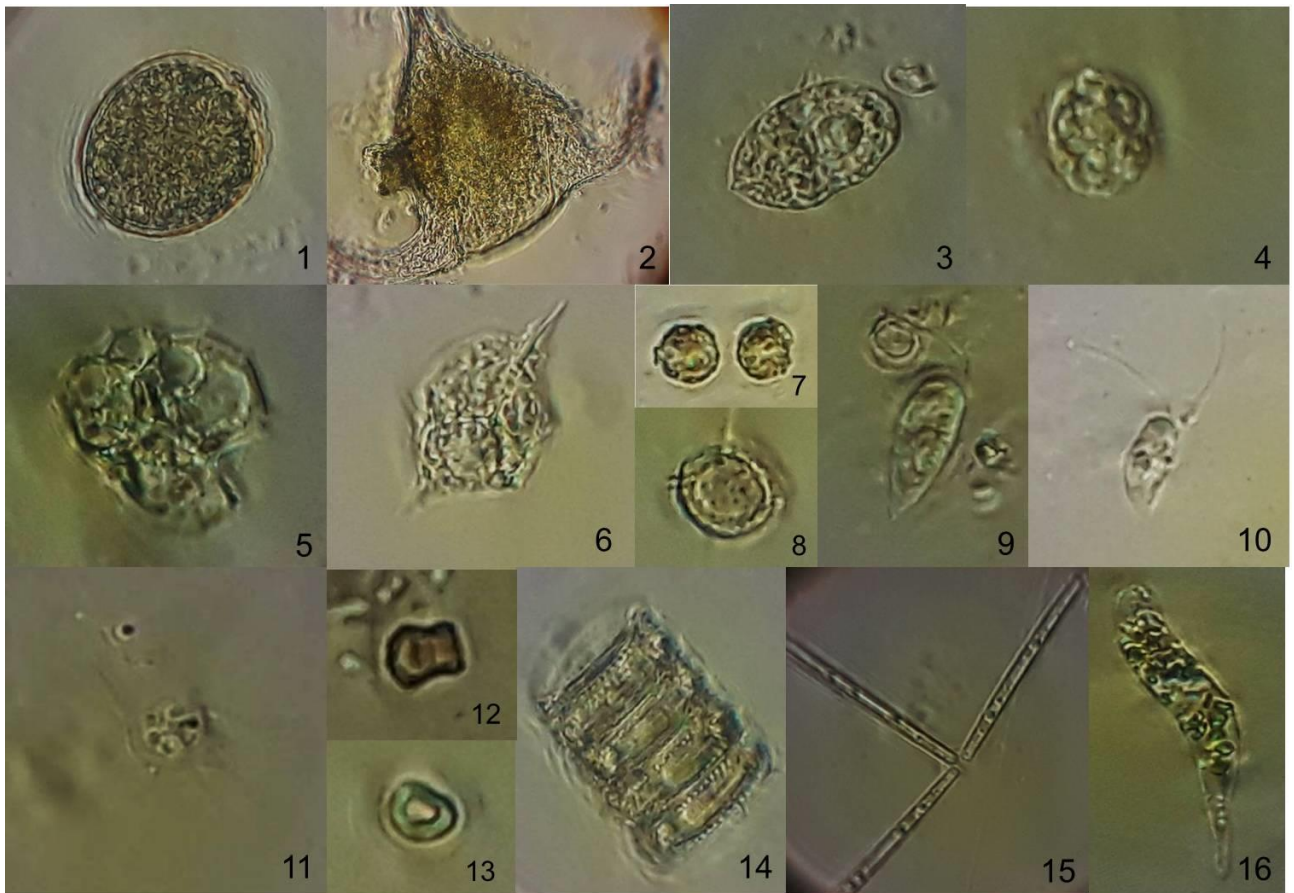
Примітка. 1 *Dinophysis caudata*; 2 *Dinophysis acuminata*; 3 *Dinophysis norvegica*; 4 *Phalacroma rotundata*; 5 *Cochlodinium helicoides*; 6 *Gyrodinium fusiforme*; 7 *Protoperidinium granii*; 8 – *Gyrodinium cornutum*; 9 *Lingulodinium polyedrum*; 10 *Diplopsalis lenticula*; 11 *Protoperidinium steinii*; 12 *Gymnodinium wulfii*.

Рисунок Б1 – Дінофітові водорості



Примітка. 1 *Prorocentrum micans*; 2 *Prorocentrum cordatum*; 3 *Heterocapsa triquetra*; 4 *Scrippsiella trochoidea*; 5 *Protoperidinium brevipes*; 6 *Protoperidinium pellucidum*; 7 *Protoperidinium crassipes*; 8 *Protoperidinium divergens*; 9 *Tripos furca*; 10 *Akashiwo sanguinea*.

Рисунок Б2 – Дінофітові водорості:



Примітка 1. Дінофітові водорості: 1 *Tryblionella compressa*; 2 *Ceratium tripos*; 3 *Gyrodinium pingue*; 4 *Achradina pulchra*.

Примітка 2. Золотисті водорості: 5 *Ebria tripartita*; 6 *Dictyocha speculum*; 7 *Emiliana huxleyi*; 8 *Acanthoica quattrosplina*; 11 *Apedinella radians*; 12 *Ollicola vangoorii*.

Примітка 3. Кріптофітові водорості: 9 *Plagioselmis prolonga*; 10 *Hillea fusiformis*.

Примітка 4. Зелені водорості: 13 *Kirchneriella lunaris*.

Примітка 5. Діатомові водорості: 14 *Paralia sulcata*; 15 *Thalassionema nitzschioides*.

Примітка 6. Евгленові водорості: 16 *Eutreptia lanowii*.

Рисунок БЗ – Планктонні водорості Філофорного поля