

УДК 504.4.054.001.5; 504.4.06.001.5, 504.4.054.001.5; 504.4.06.001.5, 504.58

КП 87.19.03

№ держреєстрації 0119U103494

Інв.№

Міністерство енергетики та захисту довкілля України
НДУ «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ» (УкрНЦЕМ)
65009, м.Одеса, Французький бульвар, 89. тел. (0482) 63 66 22, факс (0482) 637322
e-mail: aceem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор УкрНЦЕМ

канд. геогр. наук.,

старш. наук. співроб.

_____ В.М.Коморін

«___» _____ 2020р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ СТАНУ БІОЦЕНОЗІВ ТА БІОРІЗНОМАНІТТЯ МОРСЬКИХ
ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ У 2019 РОЦІ

Керівник НДР,
начальник ВНД та ОМБ,
канд.біол.наук

С. П. Ковалишина

2019

Рукопис закінчено 26 грудня 2019 р.

Результати цієї роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол
від 23 січня 2020 року № 1

СПИСОК АВТОРІВ

| | | |
|---|-------|--|
| Керівник НДР, начальник.ВНД та ОМБ, канд.біол.наук | _____ | С. П. Ковалишина (вступ; реферат; розділи 1-6, висновки) |
| Виконавці: Наук. співроб. ВНД та ОМБ, канд.біол. наук | _____ | Г. В. Теренько (розділ 2.1, 2.2) |
| Наук. співроб. ВНД та ОМБ | _____ | М. О. Грандова (розділ 2, висновки) |
| Пров. наук. співроб. сектору охорони морських біоценозів, док. біол. наук, проф. | _____ | Ф. П. Ткаченко (розділ 3.3; висновки) |
| Наук. співроб. МІАЦ, канд. біол. наук | _____ | О. О. Семенова (розділ 4) |
| Наук.співроб. сектору методів біотестування та біоіндикації | _____ | В. О. Ткаченко (розділ 6) |
| Зав. сектором ГБД | _____ | М. В. Набокін (розділ 2.6, 2.7, 5, висновки) |
| Наук. співроб. ВНД та ОМБ | _____ | О. Г. Качалов (розділ 3.1) |
| Наук. співроб. МІАЦ, канд. біол. наук | _____ | Т. В. Чужекова (розділ 3, висновки) |
| Наук. співроб.ВНД таОМБ | _____ | О. В. Зотова (розділ 2.4, 2.5) |
| Пров. фахівець сектору гідробіологічних досліджень | _____ | О. Ф. Катічева (розділ 3.1) |

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 95 стор., 36 рис., 21табл., 40 посилань.

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

Об'єкт дослідження – планктонні і бентосні угруповання гідробіонтів морів України.

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

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

В звіті наведені результати спостережень за гідробіологічною складовою екосистем морського середовища морів України у 2019 році, за екологічними критеріями та видами-індикаторами проведена оцінка стану біоти. Відзначено структурні зміни в угрупованнях гідробіонтів та визначено їх стан. Здійснено моделювання процесів впливу екстрагованих забруднювачів донних відкладень морського середовища у лабораторних умовах на популяцію мікроводорості. Активний розвиток кокколітофорид, а саме *Emiliana huxleyi*, а також ночесвітки *Noctiluca scintillans* свідчать про підвищений рівень евтрофування та вказують на нестабільну екологічну ситуацію у досліджуваних акваторіях у літній період. В додатку А представлена карта – схема станцій досліджень у північно – західній частині Чорного моря, додатках - В, С наведено список зареєстрованих видів фітопланктону, макрзообентосу, в додатку Д список публікацій з теми.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ.... | 6 |
| ВСТУП..... | 7 |
| 1 ГІДРОБІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 8 |
| 1.1 Вихідні дані гідробіологічного моніторингу акваторій ПЗЧМ..... | 8 |
| 1.2 Методи досліджень..... | 11 |
| 2 СТАН ПЛАНКТОННОГО УГРУПОВАННЯ..... | 15 |
| 2.1 Біорізноманіття фітопланктону ПЗЧМ | 15 |
| 2.2 Якісні та кількісні показники фітопланктону ПЗЧМ..... | 18 |
| 2.3 Оцінка екологічного стану морських вод ПЗЧМ за показниками фітопланктону..... | 26 |
| 2.4 Мінливість значень вмісту фотосинтетичних пігментів в морських водах ПЗЧМ..... | 28 |
| 2.5 Оцінка екологічного стану морських вод за показниками хлорофілу а..... | 32 |
| 2.6 Біорізноманіття та кількісні показники зоопланктону ПЗЧМ..... | 36 |
| 2.7 Оцінка екологічного стану акваторії ПЗЧМ за кількісними показниками зоопланктону..... | 42 |
| 3 СТАН БЕНТОСНОГО УГРУПОВАННЯ..... | 46 |
| 3.1 Біорізноманіття та кількісні показники зообентосу ПЗЧМ..... | 46 |
| 3.2 Оцінка екологічного стану морських вод ПЗЧМ за показниками зообентосу..... | 48 |
| 3.3 Біорізноманіття та кількісні показники фітобентосу ПЗЧМ..... | 54 |
| 4 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДИ ТА ДОНИХ СУБСТРАТІВ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ..... | 56 |
| 4.1 Матеріал та методи..... | 56 |
| 4.2 Аналіз екологічного стану води та донних субстратів методом біотестування..... | 59 |
| 5 ОЦІНКА МОРСЬКИХ ВОД ПЗЧМ ЗА КОМПЛЕКСНИМИ МЕТОДАМИ E-TRIX ТА BEAST..... | 68 |

| | |
|--|----|
| 5.1 Методика проведення оцінки за комплексними методами E-TRIX та BEAST..... | 68 |
| 5.2 Оцінка за комплексними методами E-TRIX та BEAST..... | 71 |
| 6 Біорізноманіття зооугруповань Азовського моря..... | 77 |
| ВИСНОВКИ..... | 79 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ..... | 82 |
| Додаток А Карта – схема точок відбору проб у північно – західній частині Чорного моря..... | 87 |
| Додаток В Список зареєстрованих видів фітопланктону..... | 88 |
| Додаток С Список зареєстрованих видів макрозообентосу | 93 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

НДР – науково-дослідна робота;

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

ПЗЧМ – північно – західна частина Чорного моря;

УкрНЦЕМ – Український науковий центр екології моря;

ЄС – Європейський Союз;

СБО – станція біологічної очистки;

H– індекс видового різноманіття за Шенноном;

N – чисельність гідробіонтів;

AcDev – допустиме відхилення від RefCon (Deviation);

AcStat – значення параметру за спостереженням (Actual status);

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

AZTI – програмне забезпечення ;

B – біомаса гідробіонтів;

E-E-TRIX – індекс оцінки трофності морських вод (Environment trophic index);

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

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

Target – цільова концентрація параметру (Eutrophication quality objective);

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

ВСТУП

Важливою екологічною характеристикою стану морського довкілля в цілому та його біологічної складової є біорізноманіття. В шельфових водах водних екосистем спостерігається особливо велике різноманіття гідробіонтів, рівень якого відображає їх екологічний стан. З метою уніфікації екологічної політики Європейського Союзу (ЄС) та України щодо морського довкілля було виділено індикатори біологічних угруповань планктону та бентосу та визначено добрий екологічний стан (ДЕС) щодо різних районів моря [1]. Критерії ДЕС ґрунтуються на існуючих зобов'язаннях та розробках у рамках діючого законодавства ЄС, включаючи Директиву 2000 / 60 / ЄС та Директиву 2000 / 56 / ЄС [2, 3], що встановлює рамки дій Співтовариства у сфері управління водними ресурсами, що застосовується до прибережних вод, а також Директиву Ради 92 / 43 / ЄС. [4] про збереження природних оселищ та дикої тварин та флори, Директиву 2009 / 147 / ЄС [5] про збереження диких птахів, та ряду інструментів, розроблених в рамках спільної політики рибальства, з урахуванням, при необхідності, накопиченої інформації та розроблених підходів в рамках регіональних конвенцій. Ці критерії лягли в основу оцінок морського довкілля, означених у Постанові КМУ № 758 від 19 вересня 2018 року [6], на базі яких проведено оцінку стану біологічних угруповань пелагіалі та бенталі.

В Українському науковому центрі екології моря (УкрНЦЕМ) були проведені дослідні роботи по оцінці стану гідробіонтів на популяційному (біоценотичному) рівні в різних районах Чорного моря, в ході яких досліджено стан планктонних і бентосних угруповань морських екосистем. Для оцінки водного середовища, крім біологічних методів, також використано інтегральний показник оцінки стану водного середовища - індекс оцінки трофності морських вод (E-TRIX) та комплексний метод BEAST.

1 ГІДРОБІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Гідробіологічні дослідження північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) для оцінки якості екосистем морського середовища за біологічними методами проводилися з метою виконання оцінки та діагнозу стану гідробіонтів різних районів морів України. Біорізноманіття є важливішою екологічною характеристикою стану морського середовища у цілому і її біологічної складової. Рівень біорізноманіття екосистеми відображає її екологічний стан. Біоценотичний і загально екологічний підхід до оцінки якості екосистем морського середовища за біологічними методами враховує показники загального біорізноманіття, таксономічного і видового багатства біоценозів гідробіонтів пелагіалі і бенталі.

1.1 Вихідні данні гідробіологічного моніторингу акваторій ПЗЧМ

УкрНЦЕМ у 2019 р. проводив екологічний моніторинг у прибережних водах одеського регіону та експедиційні дослідження ПЗЧМ, схема розташування станцій прибережного моніторингу наведена на рисунку 1.1, а координати станцій та їх об'єктна і функціональна прив'язка представлені в таблиці 1.1.

В межах Одеського регіону гідробіологічний моніторинг проводився на підставі регулярних спостережень, з періодичністю раз на тиждень, на станціях в районі мису Малого Фонтану і Аркадія, раз у сезон (весна – червень і осінь – вересень) на станціях в районах порту Южний, пляжу Лузанівка, Нафтогавань, порту Одеса, пляжів Дельфін, санаторію Чкалова, дача Ковалевського.

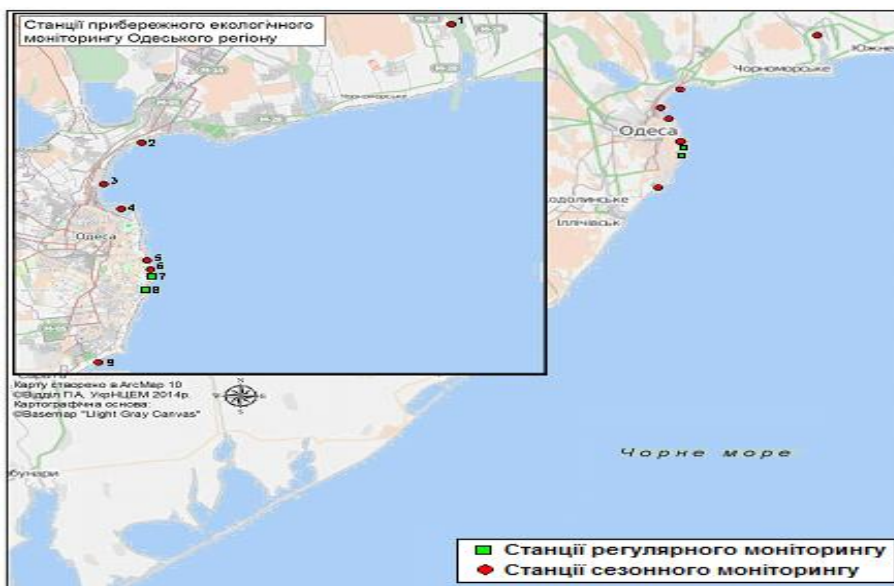


Рисунок 1.1 – Схема розташування станцій гідробіологічного моніторингу Одеського регіону у 2019 році

Таблиця 1.1 – Мережа станцій прибережного екологічного моніторингу, що виконував УкрНЦЕМ в 2019 році

| Но- мер стан- ції | Координати | | Об'єктна та функціональна прив'язка |
|----------------------------|---------------------|--------------------|---|
| | Широта, північна | Довгота, східна | |
| 1 | 46° 38.79' | 031° 00.42' | Порт Южний, Аджаликський лиман. Моніторинг імпактних зон. |
| 2 | 46° 32.93' | 030° 45.52' | Пляж Лузанівка. Моніторинг рекреаційних зон. |
| 3 | 46° 30.87' | 030° 44.12' | Нафтогавань. Моніторинг імпактних зон. |
| 4 | 46° 29.65' | 030° 44.96' | Порт Одеса. Моніторинг імпактних зон. |
| 5 | 46° 27.10' | 030° 46.16' | Пляж Дельфін. Моніторинг рекреаційних зон. |
| 6 | 46° 26.64' | 030° 46.33' | Пляж санаторію Чкалова. Моніторинг рекреаційних зон. |
| 7 | 46° 26.03' | 030° 46.07' | Мис Малий Фонтан. Моніторинг рекреаційних зон. |
| 8 | 46° 26.00' | 030° 46.03' | Пляж Аркадія. Моніторинг рекреаційних зон. |
| 9 | 46° 22.04' | 030° 43.89' | Дача Ковалевського. Моніторинг рекреаційних зон і впливу стоку станції біологічної очистки. |

Кількість гідробіологічних проб у 2019 році наведена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Кількість гідробіологічних проб у 2019 році

| Станція відбору проб | Фітопланктон | Фотосинтетичні пігменти | Зоопланктон | Мейобентос | Макрозообентос | Макрофітобентос | Мікрофітообентос | Біотестування |
|-------------------------------|--------------|-------------------------|-------------|------------|----------------|-----------------|------------------|---------------|
| Мис Малий Фонтан | 42 | 42 | 32 | 2 | 2 | 22 | 8 | 5 |
| Аркадія | 42 | 42 | 33 | 2 | 2 | 18 | 2 | 2 |
| Альпклуб | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| Р-н сан. ім. Чкалова | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 26 | 2 | 4 |
| Дельфін | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 11 | 2 | 2 |
| Дача Ковалевського | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 17 | 4 | 2 |
| Порт (Мор.вокзал) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 | 5 |
| Григоріївський лиман | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 19 | 8 | 5 |
| Лузанівка | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| Нафтогавань | | | - | | | 10 | 1 | 1 |
| ПЗЧМ | 76 | 76 | 35 | 30 | 36 | 66 | 23 | 10 |
| Відкриті частини Чорного моря | 40 | 40 | 33 | | | | 3 | 10 |
| Річка Дунай | | | - | | | | 3 | - |
| Всього | 214 | 214 | 147 | 39 | 45 | 193 | 68 | 49 |

У рамках досліджень в ПЗЧМ протягом 2019 року було здійснено 2 рейси у досліджувані райони (навесні та восени), таким чином розглянувши стан біоценозів у різні сезони. Карта – схема району дослідження наведена у додатку А.

Також проведено аналіз за результатами біотестування на одноклітинній водорості *Dunaliella salina* Teod, вихідними даними були отримані матеріали влітку та восени 2019 року. Об'єктами досліджень були донні відкладення псевдоліторалі одеських пляжів ПЗЧМ, різні за характером антропогенного навантаження.

Проби донних відкладень для біотестування відбирали у наступних прибережних районах:

- пляжу дачі Ковалевського (скид господарсько-побутових стоків);
- пляжу санаторію Чкалова (скид санаторних стоків), район біостанції Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова (ОНУ);
- пляжу Дельфін (скид дренажних вод);
- Одеського порту (проведення портових операцій), район пляжу Ланжерон;
- пляжу Лузанівка (значне рекреаційне навантаження).

1.2 Методи досліджень

Проби фітопланктону в залежності від району дослідження концентрували осадовим методом після 4-тижневої експозиції [7, 8] та експрес-методом [9].

«Живу краплю» води розглядали під мікроскопом після згущення (метод зворотної фільтрації, ядерний фільтр 1,5 мкм). Вихідний об'єм проб становив від 1л до 4 л, об'єм згущених проб – від 20 мл до 40 мл. Камеральну обробку проб фітопланктону виконано за допомогою світлових мікроскопів БИОЛАМ Р-12 та МИКМЕД-2 із використанням визначників ботанічної флори, рекомендованої для Чорного та Азовського морів. Підрахунок клітин масових видів водоростей виконано в камерах Ножотта об'ємом від 0,04мл до 0,05 мл (1-2 аліквоти), підрахунок видів, що рідко зустрічаються, проведено у камері Ножотта об'ємом 0,26 мл (по 2 аліквоти). Біомасу

планктону визначено за апроксимованим об'ємом (сира біомаса)[9]. Розрахунки об'ємів клітин мікроводоростей, сумарної чисельності, сирої біомаси всіх гідробіонтів, формалізованих індексів видового складу планктонних співтовариств (за Шенноном,) були виконані за стандартними методами [7] - [9].

Проби води для визначення пігментів відбирали пластиковою ємністю від 10 л до 12 л із поверхневих шарів води, які зливали у 5-літрові каністри (темні, з нейтральної пластмаси) та доставляли у лабораторію впродовж 0,5 години. Визначення пігментного складу фітопланктону для прибережних акваторій виконано відповідно до ГОСТ 17.1. 04.02.1990 «Вода. Методика спектрофотометричного визначення хлорофілу-а [10]. Морську воду об'ємом від 0,5 л до 2 л відфільтровували під тиском (насос вакуумний ВН-461) на мембранний фільтр «Sartorius» (діаметр пор 0,45 мкм), який вкрито рівномірно за товщиною вуглекислим магнієм $MgCO_3$. Після фільтрації фільтр із осадом висушували та поміщали в центрифужну пробірку, заливали 90 % ацетоном і експонували у темряві протягом години перед центрифугуванням. Спектр оптичної щільності екстракту реєстрували за допомогою фотоколориметру КФК-3 (кювета 1 см) двічі: до та після підкислення 2 % розчином HCL в ацетоні на довжинах хвиль 750; 665; 647; 480; 430 нм. Одночасно з визначенням концентрації хлорофілу-а визначали концентрації інших пігментів: феофітину, хлорофілу-а, b і c_1+c_2 , сумарну концентрацію каротиноїдів, а також пігментний індекс.

Індекс E-TRIX, розраховано за методикою Воленвайдера [11]. Оцінка трофності та якості вод Одеського узбережжя проводилась на підставі розрахунків індексу E-TRIX за даними кожного вимірювання, з подальшим їх просторовим і часовим усередненням для більш надійного визначення категорії трофності вод.

Відбір проб зоопланктону в прибережжі здійснювався за допомогою сітки Апштейна з діаметром вхідного отвору 37 см, розміром вічка мірошникового гасу – 150 мкм. В експедиціях, коли глибина потребувала взяття проб на різних горизонтах, використовували малу сітку Джеді

(діаметр вхідного отвору – 37 см, розмір вічка мірошникового гасу – 150 мкм). Великі желетілі організми планктону перед фіксацією вибрано та підраховано окремо [7]. Проби фіксували 4%-ним розчином формальдегіду. Ідентифікацію організмів зоопланктону проводили у камері Богорова-Расса за допомогою світлового мікроскопа МБС-9 з використанням визначників фауни Чорного та Азовського морів [12], [13], [14], інших визначників [15], [16], [17], деяких наукових статей та інших джерел [18]. Біомаса визначалася за допомогою рівняння алгометричного росту [19].

Дослідження донної рослинності в Одеському регіоні проводилися за загальноприйнятою у гідроботаніці методикою [20]. Відбір проб водоростей-макрофітів в Одеському регіоні проводили на 7 вздовжберегових станціях: пляж Лузанівка, пляж Дельфін, мис Малий Фонтан, пляж санаторію ім. Чкалова, біля дренажного спуску санаторію ім. Чкалова, пляж Аркадія, СБО «Південна» та біля причалу ПСЖ (Аджаликський лиман).

Розмір облікової рамки – 0,01 м², повторність – 5-10-кратна. Проективне покриття і домінанти фітоценозів визначали візуально. Водорості-макрофіти і вищі водні рослини ідентифікували за відомими визначниками [21], [22], [23]. Зібрані зразки водоростей документували шляхом виготовлення гербарію і фотографуванням.

У прибережних акваторіях проби макрозообентосу відбирали рамкою 10 см² x 10 см² з площею захвату 0,01 м². В експедиційних дослідженнях на ПЗЧМ проби відбирались дночерпаком «Van Veen», з площею захвату 0,1 м². Усі проби відбирали у двох повторах. Відбір проб макрозообентосу та їх подальша камеральна обробка в умовах берегової лабораторії проводилась відповідно до стандартних методів [7]. Видова належність організмів макрозообентосу визначалась з використанням відповідних визначників [12] - [16], [24] - [27].

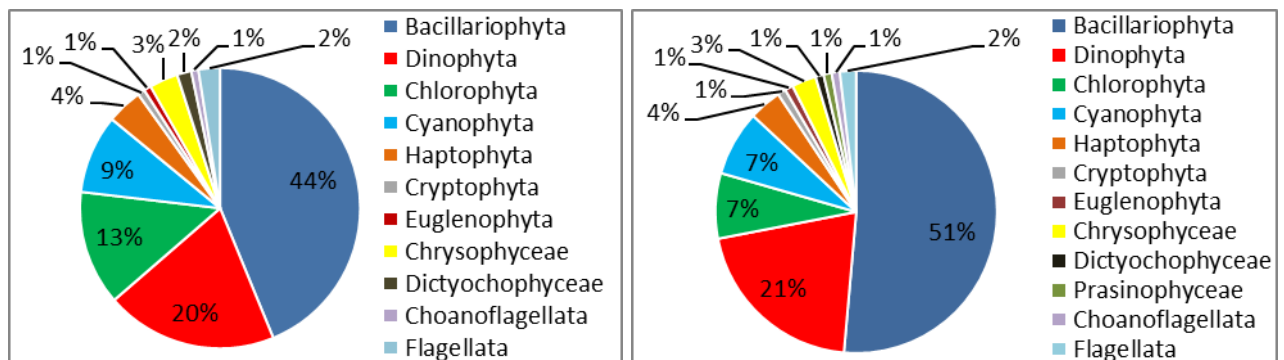
Відібрані проби макрозообентосу промивали відфільтрованою морською водою крізь систему бентосних сит, мінімальний діаметр ячеї котрих був 0,5 мм. Гідробіологічний аналіз проб здійснювали відразу. Для визначення дрібних форм та біомаси гідробіонтів проби фіксували 4 %

розчином формаліну на період до 30 діб. Важення гідробіонтів проводили на електронних вагах с точністю до 0,01 г. Гідробіологічний аналіз проб макрозообентосу визначав наступні біологічні параметри: видова належність організмів, їх чисельність $-N$ (екз·м⁻²), біомаса – B (г·м⁻²).

2 СТАН ПЛАНКТОННОГО УГРУПОВАННЯ

2.1. Біорізноманіття фітопланктону ПЗЧМ

Аналіз отриманих даних показав, що у 2019 році в альгоценозі прибережної зони Одеського регіону відкритої акваторії (Аркадія), був відмічений 121 вид і різновид мікрободоростей, що відносяться до 11-ти систематичних відділів фітопланктону: Bacillariophyta (44 %), Dinophyta (20 %), Chlorophyta (13 %), Cyanophyta (9 %), Haptophyta (4 %), Chrysophyta (3 %), Cryptophyta (1 %), Euglenophyta (1 %), Dictyochophyceae (2 %), Choanoflagellata (1 %) і Flagellata (2 %) (рис.2.1-А).



А

Б

А– район Аркадія;

Б – район мису Малий Фонтан.

Рисунок 2.1 - Таксономічна характеристика фітопланктонного угруповання одеського регіону у 2019 р.

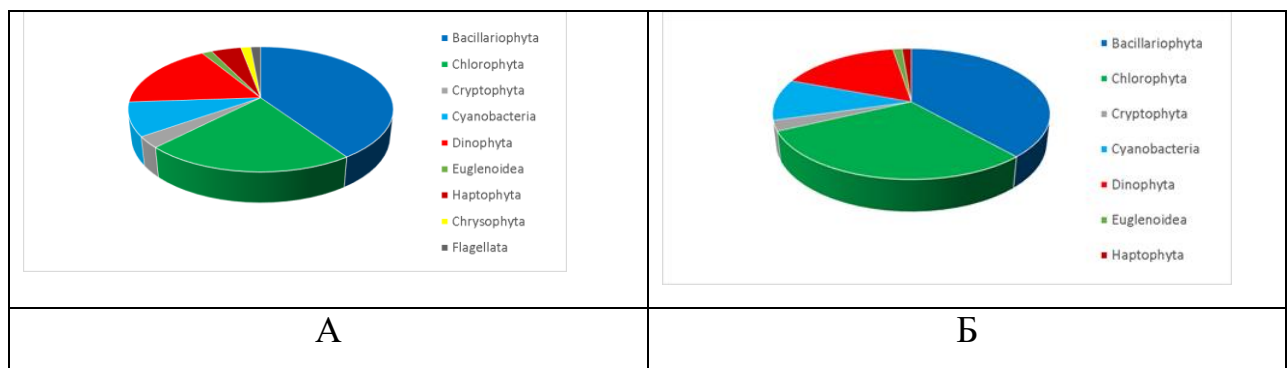
Найбільшою видовою різноманітністю характеризувались діатомові (53 види) та динофітові (24 види), меншою різноманітністю представлені - зелені (16), золотисті (4), синьозелені (11), евгленові (1), гаптофітові (5), криптофітові (1), діктіохофітові (2), хоанофлагелляти (1), флагелляти (3).

В альгоценозі напівзакритої акваторії (мис Малий Фонтан) було відмічено 107 видів і різновидів мікрободоростей, що відносяться до 12-ти

систематичних відділів фітопланктону – Bacillariophyta (51 %), Dinophyta (21 %), Chlorophyta (7 %), Cyanophyta (7 %), Chrysophyta (3 %), Euglenophyta (1 %), Dictyochophyceae (1 %), Choanoflagellata (1 %), Prasinophyceae (1 %), Flagellata (2 %) (див. рис.2.1-Б). Найбільшою видовою різноманітністю характеризувались діатомові (55 видів) та динофітові (22), зелені (8), синьозелені (8), меншою різноманітністю володіли - гаптофітові (4), золотисті (3), криптофітові (1), евгленові (1), діктіохофітові (1), прازیнофітові (1), хоанофлагелляти (1), флагелляти (2).

Вища видова різноманітність в Аркадії пояснюється відсутністю хвилеломів, більшим водообміном з відкритою частинами моря і, як наслідок, великою наявністю в альгоценозі видів морського генезису. Однак, на обох станціях формувався діатомово-динофітовий комплекс видів.

У весняному фітопланктону Дунайського регіону було знайдено 69 таксонів мікрводоростей, що відносилися до 9 відділів: Bacillariophyta (28), Chlorophyta (15), Dinophyta (12), Cyanobacteria (6), Haptophyta (3), Chrysophyta (1), Cryptophyta (2), Euglenozoa (2), Flagellata (1) (рис. 2.2).



А – навесні, 2019 р.;

Б – восени, 2019 р..

Рисунок 2.2 – Таксономічна структура фітопланктону Дунайського регіону у 2019 році

Таким чином, спостерігався діатомово-зелений комплекс видів у весняному періоді Дунайського регіону, із значним внеском мікрводоростей прісноводного та прісноводно-солонуватоводного генезису. Доля цих

мікроводоростей у поверхневому горизонті та у товщі води була значно вищою, ніж у придонному горизонті.

В осінньому фітопланктоні Дунайського регіону було зареєстровано 78 таксонів мікроводоростей, що відносилися до 7 відділів: Bacillariophyta (30), Chlorophyta (23), Dinophyta (13), Cyanobacteria (8), Haptophyta (1), Cryptophyta (2), Euglenozoa (1) (див. рис. 2.2). Як і навесні, спостерігався діатомово-зелений комплекс видів, із значним внеском мікроводоростей прісноводного та прісноводно-солонуватоводного генезису.

В фітопланктоні Дністровського регіону восени було зареєстровано 40 таксонів мікроводоростей, що належали до 7 відділів: Bacillariophyta (9), Dinophyta (14), Chlorophyta (4), Cyanobacteria (5), Haptophyta (3), Cryptophyta (2), Euglenozoa (3) (рис. 2.3).

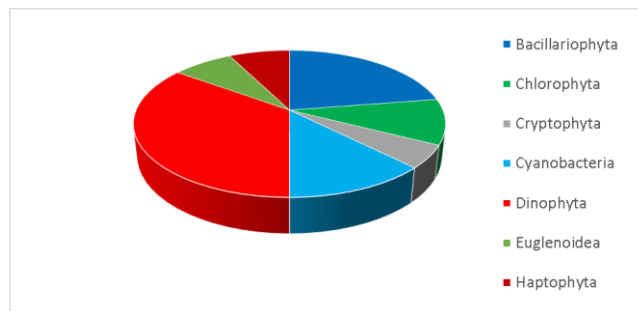


Рисунок 2.3 – Таксономічна структура фітопланктону Дністровського регіону восени 2019 року

Таким чином, в районі спостереження формувалася діатомово-динофітовий комплекс видів, серед яких частка видів прісноводного генезису була значно менша, ніж у Дунайському регіоні, а доля видів морського генезису – вища, насамперед за рахунок значного різноманіття морських динофітових. Це може пояснюватися меншою водністю Дністра та, відповідно, меншим впливом трансформованих річкових вод на прилеглі морські екосистеми.

В межах регіону мішаних вод ПЗЧМ дослідження проводилися у ботанічному заказнику «Філофорне поле Зернова» та поблизу острова Зміїний. У пробах було зареєстровано 73 таксони мікроводоростей, що

відносилися до 9 відділів: Bacillariophyta (12), Chlorophyta (6), Dinophyta (39), Cyanobacteria (2), Haptophyta (7), Chrysophyta (1), Cryptophyta (3), Euglenozoa (2), Flagellata (1), що відображено на рисунку 2.4.

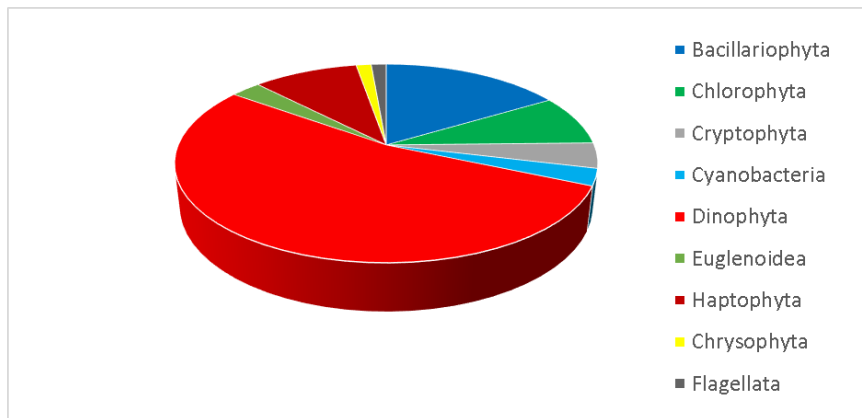


Рисунок 2.4 – Таксономічна структура фітопланктону регіону мішаних вод ПЗЧМ восени 2019 року

Таким чином, у регіоні мішаних вод ПЗЧМ формувався динофітово-діатомовий комплекс видів з переважанням мікрowodоростей морського генезису.

2.2 Якісні та кількісні показники фітопланктону ПЗЧМ

Дослідження кількісних показників фітопланктону прибережної зони Одеського регіону в 2019 році показало дуже низькі їх середньорічні значення, порівняно з попередніми роками. Так, середньорічна чисельність складала $369 \text{ тис. кл} \cdot \text{л}^{-1}$, (що в 1,6 разів менше, ніж в 2018 році), а біомаса – $424 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, що в 2,0 разів менше, ніж в 2018 році, що відображено на рисунку 2.5. У 2019 році, як і протягом 8 років, в акваторії Одеського регіону зберігалась тенденція зниження кількісних показників фітопланктону.

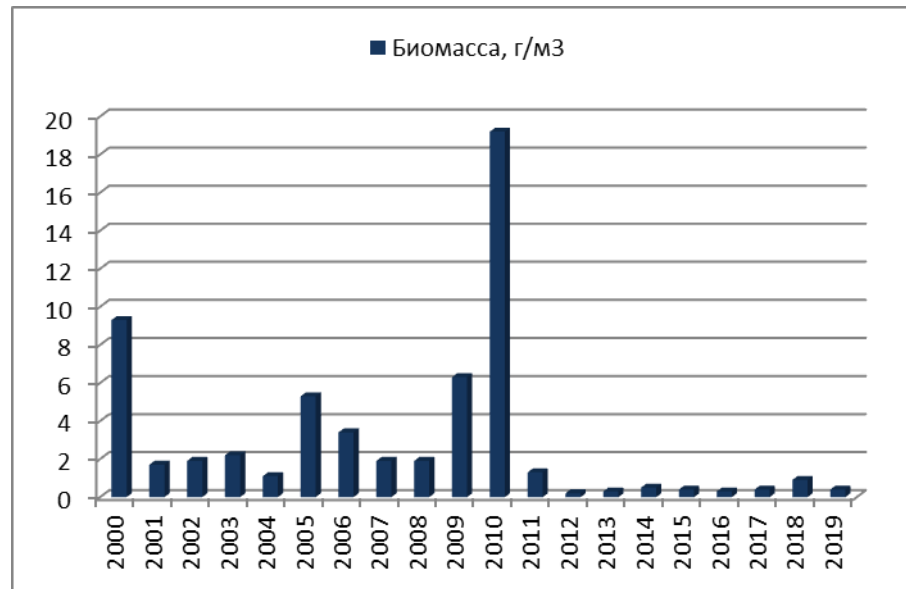
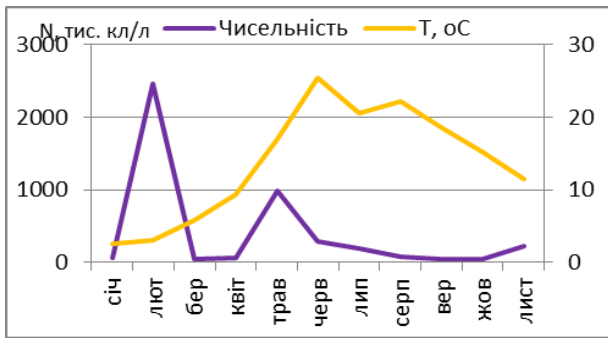


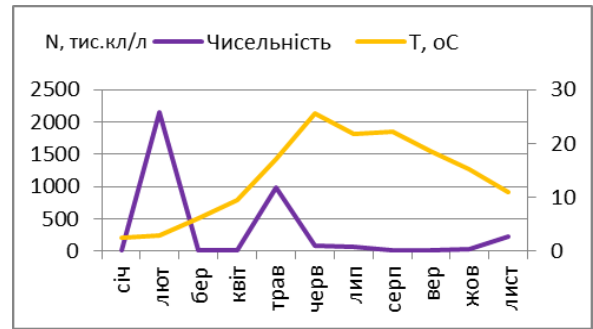
Рисунок 2.5 - Довгоперіодні зміни середньорічної біомаси фітопланктону Одеського регіону

Сезонна сукцесія фітопланктону протягом 2019 р. чітко не простежувалась на жодній зі станцій. Винятком був зимовий період, що пов'язано з впливом стоку Дніпро-Бузького лиману, з яким в одеський регіон потрапили води, збагачені мінеральними сполуками та види фітопланктону прісноводного генезису. Так, на початку лютого на обох станціях спостерігали зимове «цвітіння» фітопланктону, яке було сформоване масовим розвитком 4 видів мікроводоростей, що відносяться до трьох відділів фітопланктону – діатомових, зелених і динофітових, що відображено на рисунку 2.6. Домінантою була діатомова *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl., чисельність якої становила $953 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$, біомаса – $262 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Субдомінантами були солонуватоводна діатомова *Stephanodiscus hantzschii* Grun. ($484 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$; $118 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), прісноводна зелена *Monoraphidium contortum* (Thur.) Komár.-Legner. ($261 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$; $8 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) і прісноводна динофітова *Chimonodinium lomnickii* (Wolosz.) Crav. et al. ($395 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$; $6,4 \text{ г} / \text{м}^3$).

Ще один невеликий спалах чисельності відзначався на початку травня, за рахунок розвитку дрібноклітинної ціанобактерії *Merismopedia punctata* Meyen і зеленої *M. contortum* – $1248 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$, $29 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, при температурі морської води $14,0 \text{ }^\circ\text{C}$ і солоності $13,63 \text{ ‰}$.



А

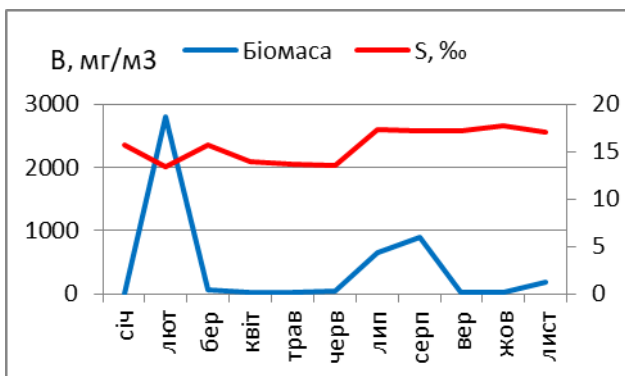


Б

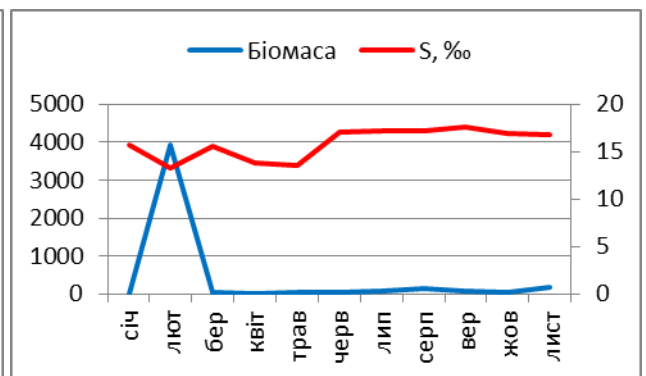
А – мис малий Фонтан;
Б – Аркадія.

Рисунок 2.6 - Кількісні показники чисельності (10^3 кл·л⁻¹) і температури (°C) морської води прибережної зони Одеського регіону у 2019 році

Зміна біомаси мікробіодоростей протягом року та солоності вод на реперних станціях відображено на рисунку 2.7.



А



Б

А – мис малий Фонтан;
Б – Аркадія

Рисунок 2.7 – Кількісні показники біомаси ($г \cdot м^{-3}$) і солоності (‰) прибережної зони Одеського регіону у 2019 році

Зимове «цвітіння» чотирьох видів одночасно визначало найбільш високі за рік, за винятком літнього аномального «цвітіння» *Nodularia*, кількісні показники фітопланктону: загальна чисельність фітопланктону 6 лютого склала $2 \text{ млн. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$, біомаса – $6,81 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$, при мінімальних за весь

період досліджень температурі морської води 3,0 °С і солоності 9,27 ‰. У цей період, в водах одеського регіону спостерігали максимальні значення мінеральних сполук: фосфору фосфатного ($\text{P}_{\text{PO}_4^{3-}}$) 36,75 мкг · л⁻¹, азоту нітратного ($\text{N}_{\text{NO}_3^-}$) 27,5 мкг · л⁻¹, азоту нітритного ($\text{N}_{\text{NO}_2^-}$) 2,22 мкг · л⁻¹ та кремнію (Si) 2419 мкг · л⁻¹.

Другий незначний спалах біомаси був відзначений в липні і серпні у відкритій акваторії Аркадія, за рахунок вегетації крупноклітинного динофітового планктону, зокрема, представників роду *Prorocentrum*, *Gyrodinium*, *Dinophysis*, *Ceratium*, *Triplos* і *Peridinium* – 133 тис. кл. · л⁻¹, 775 мг · м⁻³, при температурі морської води 21,4 °С і солоності 17,27 ‰.

На початку червня 2019 року в Одеському регіоні спостерігали аномальне «цвітіння» *Nodularia spumigena*, яка є широко поширеним евригалінним видом нитчастої ціанобактерії (Cyanoprokaryota). Зустрічається в планктоні та бентосі солонуватих, солоних і ультрагалінних континентальних водойм, в опріснених морських акваторіях. Звичайний збудник «цвітіння» води Балтійського моря. Перший випадок масового розвитку даного виду ціанопрокаріот в акваторії ПЗЧМ був відзначений в липні 2010 р [29, 30], другий локальний спалах було зареєстровано наприкінці травня 2015 г. [28].

Види *Nodularia spp.* токсичні для людини і тварин. Вони виробляють гепатотоксичні нодулярини (NOD) та інші біологічно активні пептиди, такі як спумігени і нодулопептіни.

Особливістю ниток даної популяції *Nodularia* була підвищена пігментація клітин, які мали темно-зелене забарвлення, а також, більш велику ширину ниток, ніж в попередні роки. Середня ширина трихоми становила 13,86 мкм (9–12 мкм – ширина трихоми *Nodularia* у 2010 р), їй відповідала ширина вегетативної клітини, середня довжина клітини становила 3,56 мкм (3–5 мкм ширина клітин Нодулярії у 2010 р).

Характерними рисами даного «цвітіння» води, викликаного масовим розвитком ціанобактерії *N. spumigena*, були:

- його раптовість – напередодні «цвітіння» 5 червня 2019 р в пробах морської води, відібраних в кінці пірсу двох пляжів затоки, нитки даного виду нами не виявлялися. Навпаки, в пробах були присутні види морського генезису – *Diplopsalis lenticula* Bergh, *Chaetoceros tenuissimus* Meunier, *C. thronsdonii* (Marino, Montresor et Zingone) Marino et al., (24,6 °C; 13,79 ‰);
- постійна наявність в пробах «шишковидних» клітин з моменту першого «цвітіння» *Nodularia* в 2010 р, ідентифікувати які вдалося тільки в період масового розвитку *Nodularia* в 2019 р ними виявилися її акінети [ріс. 1, ж, з];
- передувала «цвітінню», аномально висока температура морської води наприкінці травня, початку червня (23,0–24,6 °C);
- достатня забезпеченість морського середовища біогенними елементами напередодні «цвітіння»: концентрація фосфору фосфатного $P_{PO_4}^{3-}$ в морській воді становила від 6,9–10,0 мкг · л⁻¹, азоту нітритного $N_{NO_2^-}$ від 1,66–1,96 мкг · л⁻¹; азоту нітратного $N_{NO_3^-}$ від 23,10–40,10 мкг · л⁻¹.
- переважання слабких і легких вітрів, що сприяли поширенню популяції *Nodularia* по всій акваторії Одеського регіону.

Масовий розвиток *N. spumigena* в перших числах червня 2019 року надавало морській воді сіро-жовте забарвлення. Біомаса *Nodularia* 6 червня (пляж санаторію «Біла Акація») на урізі води становила 1064 г · л⁻¹, вміст хлорофілу «а» в клітинах – 381 мкг · л⁻¹. Тут же, на відстані 150 м від урізу води, біомаса становила 2149 г · м⁻³, вміст хлорофілу «а» 434 мкг · л⁻¹. Максимальна біомаса була отримана 8 червня в районі станції біологічної очистки «Південна» (СБО «Південна») на урізі води – 4713 г · м⁻³. Так само, значні показники біомаси *Nodularia* були відзначені в районі Дачі Ковалевського – 2029 г · м⁻³ (23,7 °C; 14,0 ‰).

Восени 2019 при дослідженні фітопланктону гарячих точок Одеського регіону було знайдено 91 таксон мікроводоростей, що належали до 10 відділів: Bacillariophyta (46), Dinophyta (28), Chlorophyta (1), Cyanobacteria (6), Haptophyta (3), Xanthophyta (1), Cryptophyta (2), Euglenozoa (1), Dictyochophyta (1), Protozoa (1), що відображено на рисунку 2.8. В одеському регіоні ПЗЧМ були обстежені станції від смт. Коблево до смт. Затока, та охоплювали п'ять різних водних тіл – TW21 (транзитні води), CW4 (мезогалінні, відкриті, мілкі, пісок), CW5 (мезогалінні, відкриті, мілкі мул-пісок), CW6 (мезогалінні, закриті, мілкі, глина-мул) та CW7 (мезогалінні, відкриті, мілкі мул-пісок). Восени в Одеському регіоні формувався діатомово-динофітовий комплекс видів, характерний для цієї пори року.

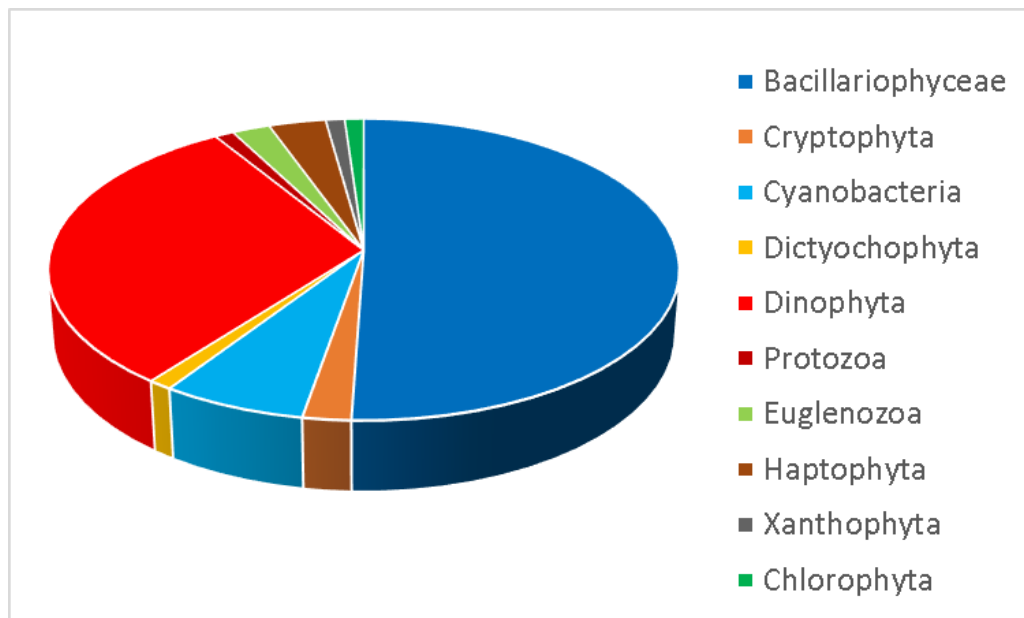


Рисунок 2.8 – Таксономічна структура фітопланктону Одеського регіону восени 2019 року

Чисельність коливалась від 22 тис. кл. · л⁻¹ до 9,2 млн. кл. · л⁻¹, біомаса – від 28 мг · м⁻³ до 2,8 мг · м⁻³. Середні показники чисельності та біомаси у різних водних тілах показані на рисунку 2.9.

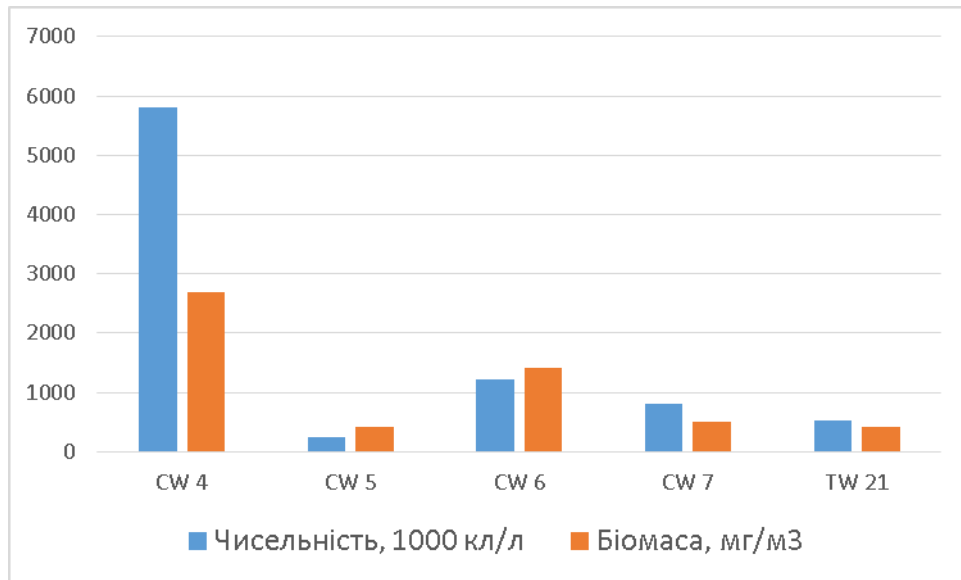


Рисунок 2.9 – Кількісні показники фітопланктону в Одеському регіоні восени 2019 року

Як видно, найвищі значення кількісних показників спостерігались у водному тілі CW7, що можна пояснити впливом Дністровських вод, які привносять в прилеглі морські акваторії значну кількість біогенів.

В Дунайському регіоні навесні чисельність змінювалась від 45 до 261 тис. кл. · л⁻¹, найбільш високі показники спостерігались у придонному горизонті станції 6 та у поверхневому горизонті станції 8, за рахунок сумісного розвитку морської діатомової *Pseudo-nitzschia delicatissima* (P.T. Cleve, 1897) Heiden, 1928, зеленої прісноводної *Binuclearia lauterbornii* (Schmidle) Proschkina-Lavrenko, 1966 та дрібних джгутикових нествановленого генезису. Середня чисельність становила 127 тис. кл. · л⁻¹. Біомаса коливалась від 44 до 584 мг · м⁻³, середня біомаса складала 169 мг · м⁻³. Найвищі показники біомаси спостерігались в придонному горизонті на найбільш віддаленій від гирла станції за рахунок водоростей морського генезису, насамперед *Chaetoceros curvisetus* P.T. Cleve, 1889.

Восени чисельність фітопланктону в Дунайському регіоні коливалась від 30 тис. кл. · л⁻¹ до 22,7 млн. кл. · л⁻¹. Найбільш високі показники чисельності спостерігались в поверхневому горизонті на станції 14, розташованій в прибережній частині Дунайського регіону поблизу Старостамбульського

гирла, за рахунок «цвітіння» двох мікрководоростей прісноводного генезису - дрібної ціанобактерії *Merismopedia minima* Beck, 1897, чисельність якої майже досягала $17 \text{ млн. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$ при невеликій біомасі ($18 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), та дрібної діатомової *Stephanodiscus hantzschii* Grunow, 1880, чисельність якої становила $1436 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$ при біомасі $605 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Середня чисельність становила $3245 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$. Біомаса змінювалась від 55 до $1535 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Найбільш високі показники біомаси були зареєстровані у поверхневому горизонті на станції 8, розташованій більш моритіше виходу Потаповського гирла, завдяки розвитку великої колоніальної зеленої водорості *Monactinus simplex* (Meyen) Corda 1839, біомаса якої досягала $1398 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Середня біомаса становила $544 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Восени в Дністровському регіоні чисельність фітопланктону змінювалась від 252 до $9240 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$, із середньою чисельністю $3071 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$, біомаса – від 240 до $2818 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, середня біомаса становила $1687 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Найвищі показники як чисельності, так і біомаси були зареєстровані на станції 11, розташованій в прибережній частині Дністровського регіону поблизу смт. Затока, де в поверхневому горизонті спостерігалось «цвітіння» прісноводно-солонатоводної мікрководорості *Jaaginema kisselevii* (Anissimova) Anagnostidis & Komárek 1988 (чисельність $8,5 \text{ млн. ниток} \cdot \text{л}^{-1}$ при біомасі $841 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), а у придонному горизонті – морської динофітовою *Prorocentrum micans* Ehrenberg, 1834 (біомаса $1,17 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ при чисельності $112 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$).

У Дніпро-Бугському регіоні чисельність фітопланктону коливалась від 40 до $9640 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$, із середньою чисельністю $1963 \text{ тис. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$, біомаса – від 149 до $2533 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, середня біомаса становила $700 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Найбільш високі кількісні показники спостерігались у поверхневому горизонті станції 20, розташованій в районі м. Очаків, за рахунок активного розвитку чотирьох прісноводних та прісноводно-солонатоводних ціанобактерій *Jaaginema kisselevii* (Anissimova) Anagnostidis & Komárek 1988 (кількість ниток $5,017 \text{ млн} \cdot \text{л}^{-1}$), *Glaucospira laxissima* (G.S.West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014 (кількість ниток $1,05 \text{ млн} \cdot \text{л}^{-1}$), *Dolichospermum spiroides* Klebahn, 1895

(чисельність $1,925$ млн. кл. \cdot л⁻¹) та *Nodularia spumigena* Mertens in Jürgens, 1822 (біомаса 872 мг \cdot м⁻³), з яких перші три досягали рівня «цвітіння» за чисельністю, а остання майже досягала його за біомасою.

В межах регіону мішаних вод ПЗЧМ чисельність фітопланктону змінювалась від 23 до 60 тис. кл. \cdot л⁻¹, із середньою чисельністю 34 тис. кл. \cdot л⁻¹, біомаса – від 26 до 2876 мг \cdot м⁻³, при середній біомасі 634 мг \cdot м⁻³. Найвищі значення кількісних показників спостерігались на станції 17, розташованій в південно-східній частині ФПЗ. Максимум чисельності спостерігався у поверхневому горизонті за рахунок розвитку дрібної морської кокколітофори *Emiliana huxleyi* (Lohmann) Hay, Mohler, 1967, максимум біомаси – на глибині 27 м завдяки розвитку представників морських динофітових роду *Neoceratium*.

2.3 Оцінка екологічного стану морських вод ПЗЧМ за показниками фітопланктону

Згідно з Постановою КМУ про моніторинг [6] та Водною Рамковою Директивою [2] у 2018 році були розроблені критерії ДЕС для біологічної складової морських екосистем [1] та запропонована шкала оцінки якості вод за цими критеріями за кількісними показниками фітопланктону – загальною біомасою, індексом Менхеника та часткою співвідношення біомаси діатомових та динофітових (у весняний період). Кількісні показники фітопланктону та оцінку за цими критеріями представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Оцінка екологічного стану різних типів вод Одеського регіону за показниками фітопланктону восени 2019 року

| Водне тіло | Показник | | Загальна оцінка екологічного стану |
|------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|
| | Середня біомаса | Індекс Менхеник | |
| CW 4 | 2698 | 0,01 | дуже поганий |
| CW 5 | 411 | 0,05 | добрий |
| CW 6 | 1423 | 0,01 | поганий |
| CW 7 | 511 | 0,01 | помірний |
| TW 21 | 411 | 0,01 | помірний |

Таким чином, в Одеському регіоні найгірший екологічний стан за показниками фітопланктону спостерігався у водному тілі CW 4, де під впливом Дністровських вод розвивалося «цвітіння» прісноводно-солонатоводної мікроводорості *Jaaginema kisselevii* (Anissimova) Anagnostidis & Komárek 1988. Поганий екологічний стан спостерігався також у водному тілі CW 6. В інших водних тілах екологічний стан відзначався як «помірний» та «добрий». Однак слід відмітити, що показники фітопланктону можуть швидко змінюватися, і для повноцінного аналізу стану морського середовища потрібні цілорічні спостереження та оцінка за багаторічними даними.

В таблиці 2.2 представлена оцінка екологічного стану вод Дунайського регіону за кількісними показниками фітопланктону навесні 2019 року та таблиці 2.3 оцінка екологічного стану морських вод ПЗЧМ за кількісними показниками фітопланктону восени 2019 року

Таблиця 2.2 – Оцінка екологічного стану Дунайського регіону за кількісними показниками фітопланктону навесні 2019 року

| Показник | | | Загальна оцінка екологічного стану |
|------------------------|-----------------|----------------|------------------------------------|
| Середня біомаса | Індекс Менхеник | Індекс Вас:Din | |
| 169 мг·м ⁻³ | 0,05 | 5,9 | помірний |

Як видно з таблиці, за означеними показниками фітопланктону оцінка екологічного стану різних регіонів ПЗЧМ змінюється від «поганий» до «добрий». В цілому, екологічний стан в районі змішаних вод кращий, ніж в

річкових регіонах. Однак, варто відмітити, що показники фітопланктону змінюються значною мірою в залежності від сезону та від року до року.

Таблиця 2.3 – Оцінка екологічного стану ПЗЧМ за кількісними показниками фітопланктону восени 2019 року

| Тип вод | Показник | | Загальна оцінка екологічного стану |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| | Середня біомаса, мг·м ⁻³ | Індекс Менхеник | |
| Мішані води | 634 | 0,090 | добрий |
| Дніпро-Бугський р. | 701 | 0,047 | помірний |
| Дністровський р. | 1687 | 0,020 | поганий |
| Дунайський р. | 544 | 0,051 | добрий |

Таким чином, стан фітопланктонного угруповання ПЗЧМ показує тенденцію до покращання, але продовжує залишатися нестабільним, особливо у зонах впливу річок, де на окремих станціях продовжують відмічатися випадки «цвітіння» води, викликаних спалахом розвитку мікроводоростей як прісноводного та прісноводно-солонуватоводного, так і морського генезисів. Для більш повної оцінки є необхідним проведення цілорічного моніторингу та аналіз екологічного стану акваторії за багаторічними спостереженнями.

2.4 Мінливість значень вмісту фотосинтетичних пігментів в морських водах ПЗЧМ

Дослідження на станції пляжу Аркадія показали, що протягом 2019 року середньомісячні значення хлорофілу α змінювався від 0,83 мкг·л⁻¹ до 6,56 мкг·л⁻¹ (при загальній мінливості від 0,69 мкг·л⁻¹ до 14,29 мкг·л⁻¹). На станції мису Малий Фонтан цей показник змінювався від 0,66 мкг·л⁻¹ до 4,91 мкг·л⁻¹ (при загальній мінливості від 0,646 мкг·л⁻¹ до 14,27 мкг·л⁻¹). Аналіз

середньомісячних значень вмісту основного фотосинтетичного пігменту хлорофілу α виявив наявність трьох основних максимумів цього показника на фоні загального тренду до його зниження протягом 2019 року. Піки концентрації хлорофілу α для обох акваторій, що досліджувались, характеризувалися синхронністю, що представлено на рисунку 2.10.

При цьому значення хлорофілу α на станції Аркадія були більшими ніж на станції м. Малий Фонтан. Виключенням стали два осінні місяці 2019 року, коли середньомісячні значення хлорофілу α для станції мису Малий Фонтан були дещо вищими.

Максимальні значення хлорофілу на обох станціях виявлені на початку лютого – відповідно $14,3 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ та $14,27 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. Ці піки відповідають зимовому розвитку фітопланктону, що викликав «цвітіння» води» і ймовірно спричинений внаслідок стоку Дніпро-Бузького лиману.

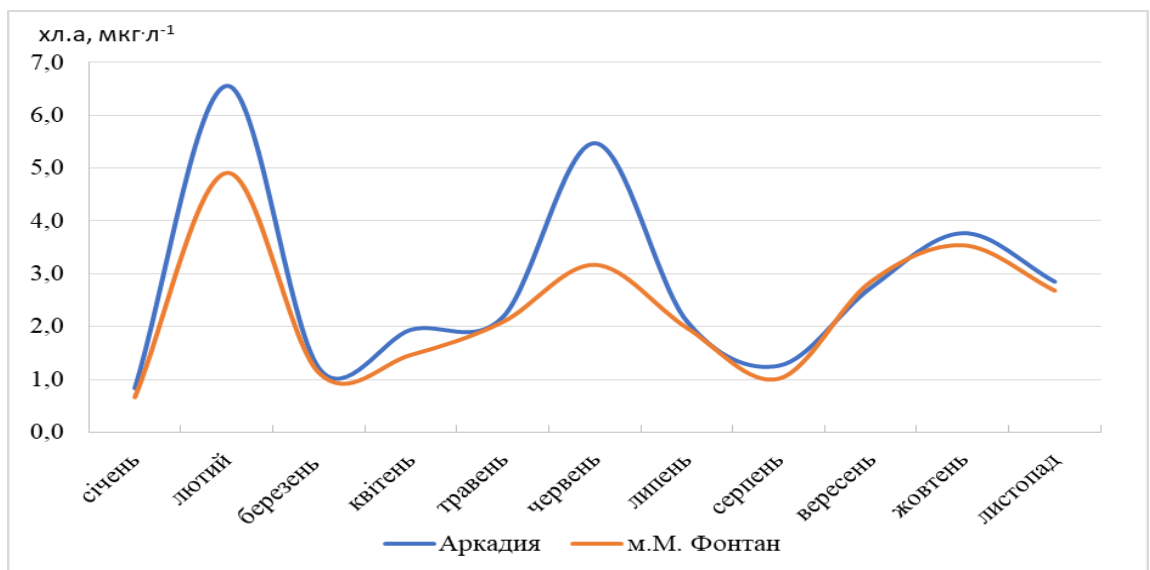


Рисунок 2.10 – Мінливість середньомісячних значень вмісту хлорофілу α на ст. Аркадія та м. Малий фонтан у 2019 році

На рисунку 2.11 відображена мінливість хлорофілу α та солоності води.

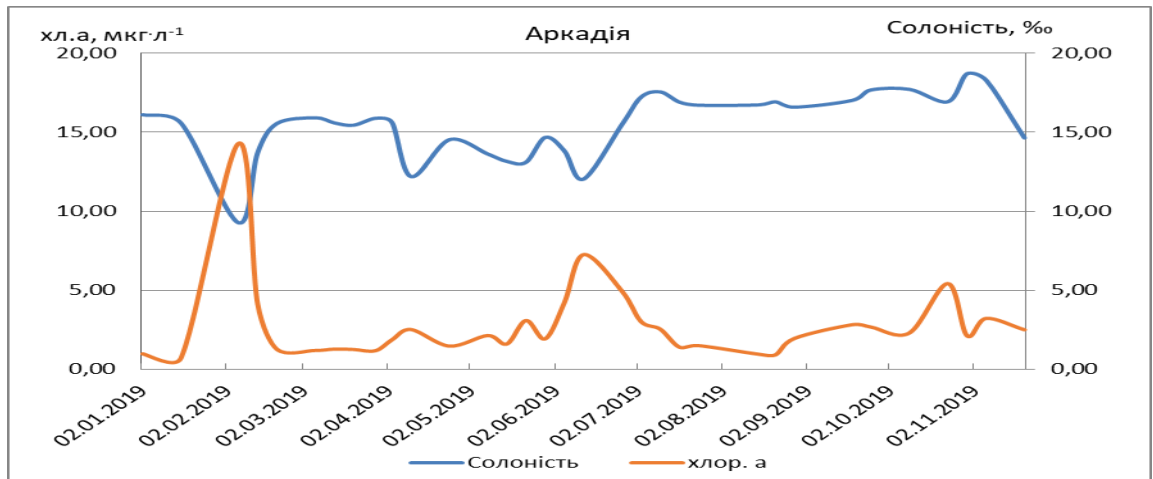


Рисунок 2.11 – Мінливість хлорофілу α та солоності на станції Аркадія у 2019 році

На початку червня 2019 року також спостерігалось підвищення значень хлорофілу α (до $7,3 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ на станції Аркадія і $,6 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ на станції Малий Фонтан). В цей час в Одеському регіоні відбувалось «цвітіння» ціанофітової водорості *Nodularia spumigena*.

На початку лютого можна побачити зниження солоність та зростання показників хлорофілу α , що обумовлено стоком Дніпро-Бузького лиману та цвітінням води. Протягом 2019 року відмічалось ще два максимуми хлорофілу α , на початку літа та у жовтні, під час яких також знижувалася солоність. На рис. 2.11 бачимо синхронність випадків коливання рівнів солоності та хлорофілу α що може вказувати на наявність зворотної кореляції між цими показниками.

Максимальна для акваторії, що досліджувалась, середньосезонна концентрація хлорофілу α ($3,7 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) виявлена в районі станція Аркадія. Сезонний максимум концентрації хлорофілу α в акваторії м. Малий фонтан також спостерігався в зимовий період і сягав значення $2,8 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, що представлено на рисунку 2.12.

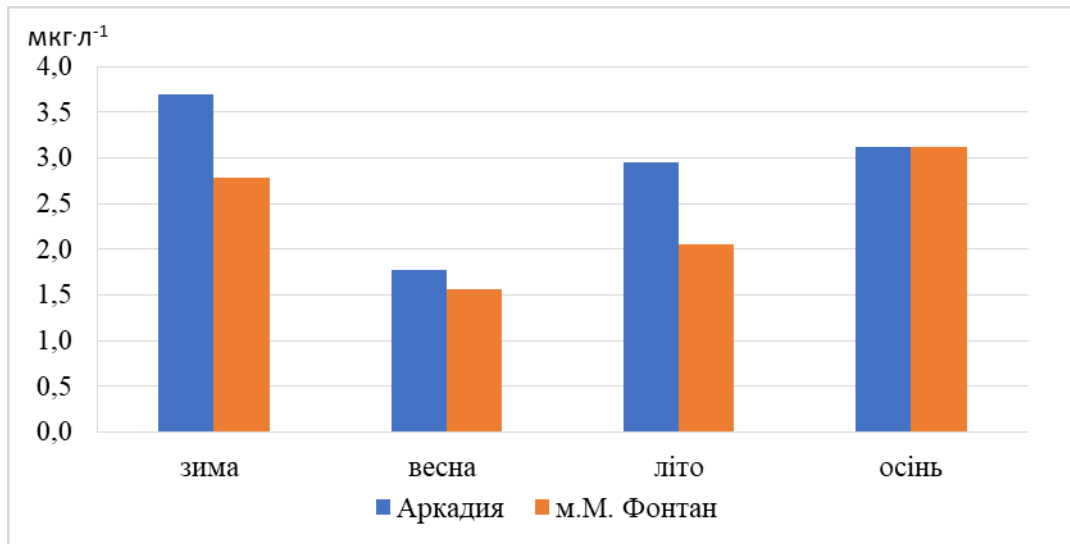


Рисунок 2.12 – Середньосезонні значення хлорофілу α в прибережній зоні Одеського регіону (ст. Аркадія, м. Малий Фонтан) у 2019 році

Навесні на обох станціях формувались мінімальні середні показники хлорофілу α (1,8 мкг·л⁻¹ в районі станції Аркадія та 1,6 мкг·л⁻¹ в акваторії Малий Фонтан).

На Станції Аркадія у 2018 році середньомісячні показники хлорофілу α були найбільшими навесні та влітку - 3,5 мкг·л⁻¹ та 4,1 мкг·л⁻¹ відповідно, а взимку та восени були найбільшими в 2019 році на станції Аркадія (3,7 мкг·л⁻¹ та 3,1 мкг·л⁻¹ відповідно), що представлено на рисунку 2.13.

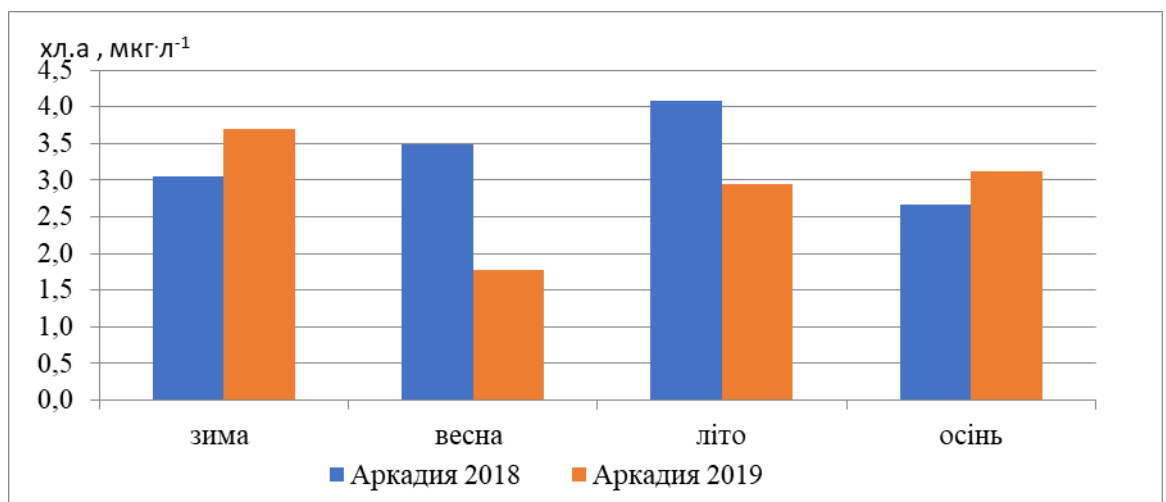


Рисунок 2.13 – Мінливість середньосезонних значень вмісту хлорофілу α на ст. Аркадія в 2018, 2019 рр.

На станції мис Малий Фонтан середні показники взимку 2018 р. майже

не відрізнялись від 2019 р. та були $2,9 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ та $2,8 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ відповідно. Найбільший середньосезонний показник хлорофілу α був навесні 2018 року та суттєво відрізнявся від показника 2019 року ($3,4 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ та $1,6 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ відповідно). Восени, навпаки, у 2019 році було велике значення концентрації хлорофілу α - $3,1 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, а в 2018 році - $2,1 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, що відображено на рисунку 2.14.

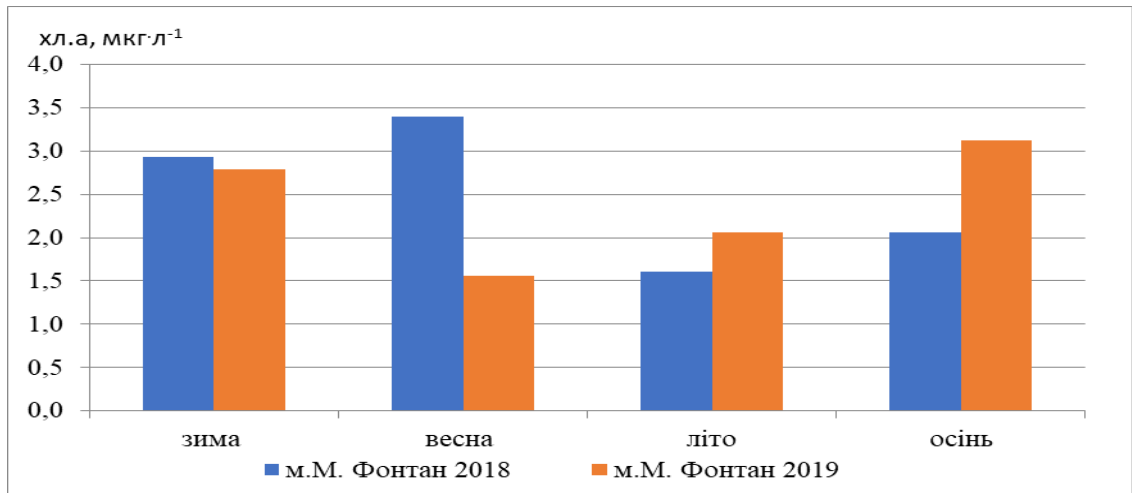


Рисунок 2.14 – Мінливість середньосезонних значень вмісту хлорофілу α на ст. м. Малий Фонтан в 2018, 2019 рр.

2.5 Оцінка екологічного стану морських вод за показниками хлорофілу а

Для проведення оцінки була використана класифікація, розроблена в звіті [1], критерії представлено у таблиці 2.4.

Оцінка середньосезонних значень концентрації хлорофілу α показала, що екологічного статус на моніторингових станціях пляж Аркадія та мис Малий Фонтан протягом різних сезонів відповідав категорії «Середній». Виключення – зимовий сезон на ст. Аркадія, що відповідав в цей період категорії «Поганий», результати оцінки представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Шкала категорій оцінки екологічного стану законцентрацією хлорофілу α [$\text{мкг}\cdot\text{л}^{-1}$] для прибережного пелагічного середовища (згідно [1])

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

Таблиця 2.5 – Оцінка екологічного стану на основі середньосезонних значень концентрації хлорофілу α ($\text{мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) на моніторинговій станції пляж "Аркадія" та мисі Малий Фонтан

| Сезон | пляж Аркадія | мис Малий Фонтан |
|-------|--------------|------------------|
| Зима | 3,7 | 2,8 |
| Весна | 1,8 | 1,6 |
| Літо | 2,9 | 2,1 |
| Осінь | 2,4 | 2,7 |

Сезонний моніторинг десяти точок, розташованих уздовж узбережжя Одеського регіону ПЗЧМ від смт. Коблево до с. Затока поряд з Дністровським лиманом, який охоплює чотири різні водні масиви – CW5 (мезогалінні, відкриті, мілкі мул-пісок), CW6 (Мезогалінні, закриті, мілкі, глина-мул) CW7 (мезогалінні, відкриті, мілкі мул-пісок) та TW21(транзитні води).

Екологічний стан в водних тілах CW5 прибережного моніторингу Одеського регіону в жовтні був «Добрий». Водні тіла CW6 та TW21 відповідали категорії «Середній». І тільки стан тіла CW7 був найгіршим і відносився до категорії «Поганий». Тіло CW7 розташовано у Коблево, на базі відпочинку і піддається рекреаційному навантаженню, результати оцінки представлено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Оцінка екологічного стану на основі значень концентрації хлорофілу α (мкг·л⁻¹) восени в водних тілах, 2019 р.

| Тип вод | Хлорофіл α | Оцінка |
|---------|-------------------|----------|
| CW5 | 1,33±0,21 | Добрий |
| CW6 | 2,44±1,19 | Середній |
| CW7 | 4,7 | Поганий |
| TW21 | 2,73 | Середній |

В 2019 року протягом серпня-вересня було здійснено дослідження акваторії ПЗЧМ. Дослідження проводилися у Дніпровському, Дністровському, Дунайському регіонах та на території ботанічного заказника «Філофорне поле Зернова» в межах регіону мішаних вод ПЗЧМ, результати оцінки екологічного стану вод за показниками хлорофілу α представлено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Оцінка екологічного стану на основі значень концентрації хлорофілу α (мкг·л⁻¹) акваторії ПЗЧМ у 2019 році

| Регіони | Хлорофіл α | Оцінка |
|----------------|-------------------|--------------|
| Дністровський | 3,69±1,88 | Поганий |
| Дунайський | 3,76±3,42 | Поганий |
| Змішані води | 1,39±0,42 | Середній |
| Дніпро-Бузький | 7,83±7,83 | Дуже поганий |

В 2019 році Дністровський та Дунайський регіони характеризувались «поганим» екологічним станом, Дніпро-Бузький регіон «дуже поганим», це ймовірно обумовлено «цвітінням» мікродоростей в означений період. Змішані води характеризувались «середнім» екологічним станом. Однак, варто відмітити, що показники змінюються значною мірою в залежності від сезону, та від року до року. Так, якщо розглянути стан акваторії за останні 6

років, то екологічний стан більшості акваторій можна оцінити як «Середній», а екологічний стан Мішаної зони як «добрий» та «відмінний» [1].

Це свідчить про необхідність проведення більш повних спостережень та доповнення баз даних концентрації хлорофілу α для відкритих районів моря для розробки сезонних шкал категорій оцінки екологічного стану. Для районів річкового впливу екологічний статус послідовно погіршувався від категорії «поганий» для Дністровського та Дунайського району до категорії «Дуже поганий» для Дніпро-Бузького регіону.

2.6 Біорізноманіття та кількісні показники зоопланктону ПЗЧМ

Протягом 2019 року у всіх досліджуваних акваторіях було ідентифіковано 58 таксонів організмів морського, солонуватоводного та прісноводного комплексів. Основу різноманіття склали копеподи (*Acartia clausi*; *Acartia tonsa*; *Calanus euxinus*; *Centropages ponticus*; *Centropages spinosus*; *Paracalanus parvus* ; *Pseudocalanus elongatus*; *Eurytemora velox*; *Oithona davisae*; *Oithona similis* *Cyclopina gracilis*; *Canuella purplexa*; *Ectinonosoma sp.*; *Harpacticus sp.*; *Metis ignea*; *Laophontidae sp.*; *Thalestris longimana*). Також різноманітними були кладоцери (*Bosmina longirostris*; *Cercopagis pengoi*; *Cornigerius maeoticus*; *Evadne spinifera*; *Leptodora kindtii*; *Moina micrura*; *Penilia avirostris*; *Pleopis polyphemoides*; *Pseudoevadne tergestina*; *Podonevadne trigona*), але за рахунок солонуватоводних та прісноводних організмів, що спостерігалися лише поблизу місць витоку великих річок. Серед інших було виділено 9 таксонів меропланктону (*Ascidacea sp. larvae*; *Balanus sp. .*; *Bivalvia sp. .*; *Decapoda sp.*; *Gastropoda sp., larvae*; *Pisces sp. .*; *Phoronis euxinokola larvae*; *Alitta succinea larvae*; *Spio filicornis larvae*), 6 таксонів коловерток (*Asplanchna priodonta*; *Brachionus caliciflorus*; *B. c. amphiceros*; *B. quadridentatus*; *Synchaeta baltica*; *Filinia longisetta*) також по більшості прісноводних та 13 таксонів інших організмів (*Ammonia beccari*; *Hydrachnidia (Acari) gen. sp.*; *Oicopleura dioica*; *Parasagitta settoza*; *Noctiluca scintillans*; *Cumacea gen. sp.*; *Amphipoda gen. sp.*; *Nematoda sp.*; *Beroe ovata*; *Aurelia aurita*; *Pleurobrachia pileus*; *Tintinoidea gen. sp.*; *Insecta gen. sp.*). Таксономічний склад мезозоопланктону у прибережній зоні Одеського морського регіону протягом 2019 року відображено на рисунку 2.15.

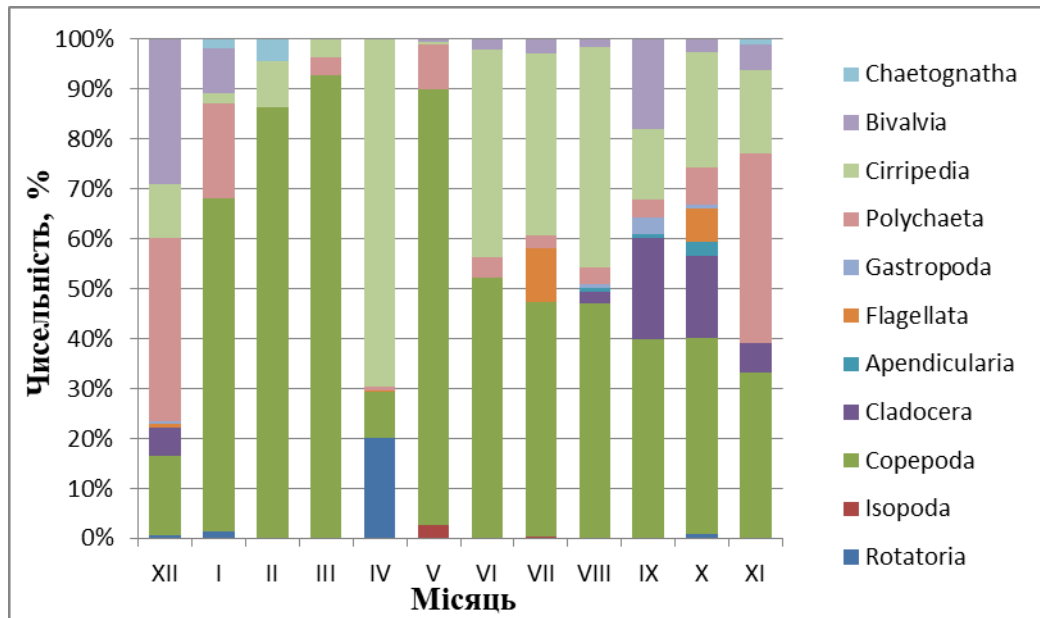


Рисунок 2.15 – Вклад різних таксонів у формування чисельності мезозoopланктону в Одеському регіоні у 2019 році

Зима характеризувалася малими чисельністю та біомасою. В пробах одинично відмічалися копеподи родів *Acartia*, *Centropages* та *Oithona*, копеподи родини *Harpacticoida* та організми меропланктону. Весна почалася у квітні із зростанням температури води вище 10°C, продемонструвавши збільшення розмаїття, появу ротіфер родів *Asplanchna* та *Synchaeta*, зростання частки солонуватоводних та прісноводних видів, а також загальної біомаси мезозoopланктону. Тоді ж відбувся весняний максимум розвитку мезозoopланктону (101,071 мг·м⁻³). У травні-червні спостерігалось скорочення частки солонуватоводних видів, збільшення частки копепод родини *Calanoida* (здебільшого за рахунок роду *Acartia*). У липні відбулося скорочення біомаси та розмаїття, зменшення частки солонуватоводних видів. В пробах з'являється гетеротрофна динофлагеллята *Noctiluca scintillans*, яка є індикатором евтрофування, однак залишається на відносно невеликому рівні (не більше 133 мг·м⁻³ у шельфовій зоні та не більше 41,197 мг·м⁻³ у літоралі), що свідчить про невисокий рівень органічного забруднення. У вересні чисельність та біомаса починає знову зростати. У жовтні відбувається осінній максимум розвитку мезозoopланктону (194,738 мг·м⁻³), представлений здебільшого копеподами, кладоцерами та організмами меропланктону. З

кінця жовтня чисельність мезозoopланктону починає скорочуватись та у листопаді набуває характерних для зими показників.

Зміна чисельності мезозoopланктону протягом 2019 року в Одеському регіоні відображено на рисунку 2.16.

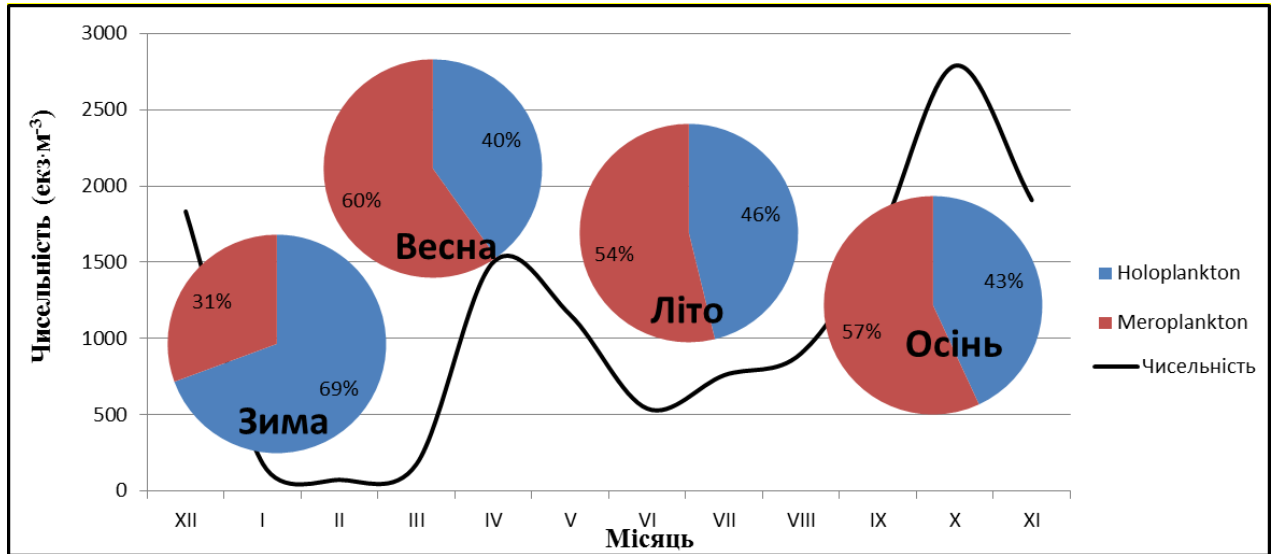


Рисунок 2.16 – Середня чисельність (екз·м⁻³) мезозoopланктону в Одеському регіоні у 2019 році

Зміна біомаси мезозoopланктону протягом 2019 року в Одеському регіоні відображено на рисунку 2.17.

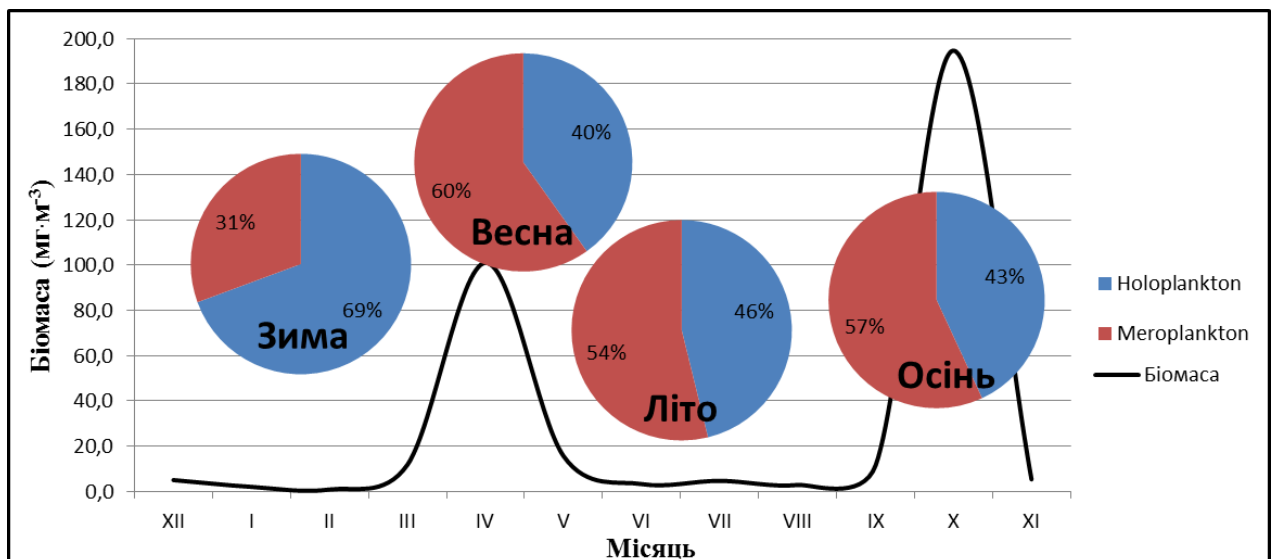


Рисунок 2.17 – Середня біомаса (мг·м⁻³) мезозoopланктону в Одеському регіоні у 2019 році

При характерній для регіону картині розмаїття, мезозoopланктон продемонстрував відносно низькі показники чисельності та біомаси. Середня чисельність та біомаса основних груп мезозoopланктону наведена у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Середня чисельність та біомаса основних груп мезозoopланктону Одеського регіону у 2019 році

| Групи мезозoopланктону | Чисельність, екз.·м ⁻³ | Біомаса, мг·м ⁻³ |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Rotatoria | 27±83 | 0,05±0,151 |
| Isopoda | 3±8 | 0,097±0,3 |
| Copepoda | 427±339 | 2,751±3,37 |
| Cladocera | 86±153 | 1,633±4,141 |
| Apendicularia | 8±21 | 0,052±0,137 |
| Flagellata | 23±57 | 0,426±1,03 |
| Gastropoda | 7±15 | 0,078±0,164 |
| Polychaeta | 156±258 | 0,241±0,384 |
| Cirripedia | 274±297 | 0,375±0,369 |
| Bivalvia | 88±160 | 0,223±0,405 |
| Chaetognatha | 2±5 | 0,095±0,245 |
| Загалом | 1123±837 | 29,944±58,776 |

Так, якщо показники чисельності та біомаси у середньому за 2018 рік склали 5355±6517 екз.·м⁻³ та 35,445±59,691 мг·м⁻³, а у середньому за останні 10 років – 6250±17112 екз.·м⁻³ та 132,63±301,23 мг·м⁻³, то протягом 2019 року вони склали у середньому 1123±837 екз.·м⁻³ та 29,944±58,776 екз.·м⁻³.

Трофічний зоопланктон складався з *Copepoda*, *Cladocera*, *Rotatoria*, представників меропланктону та інших груп зоопланктону. У середньому за рік за чисельністю і біомасою переважали копеподи. Також були численними організми меропланктону – *Cirripedia*, *Bivalvia* та *Polychaeta* та гіллястовусі раки *Cladocera*. Нетрофічний зоопланктон складався в основному з представників желетілих *Aurelia aurita*, *Mnemiopsis ledyi*, *Beroe ovata*, *Pleurobrachia puleus*, *Coryne tubulosa* та *N. scintillans*.

Індекс розмаїття Шеннону змінювався від 1,243 у квітні до 2,302 у січні, що відображено на рисунку 2.18.

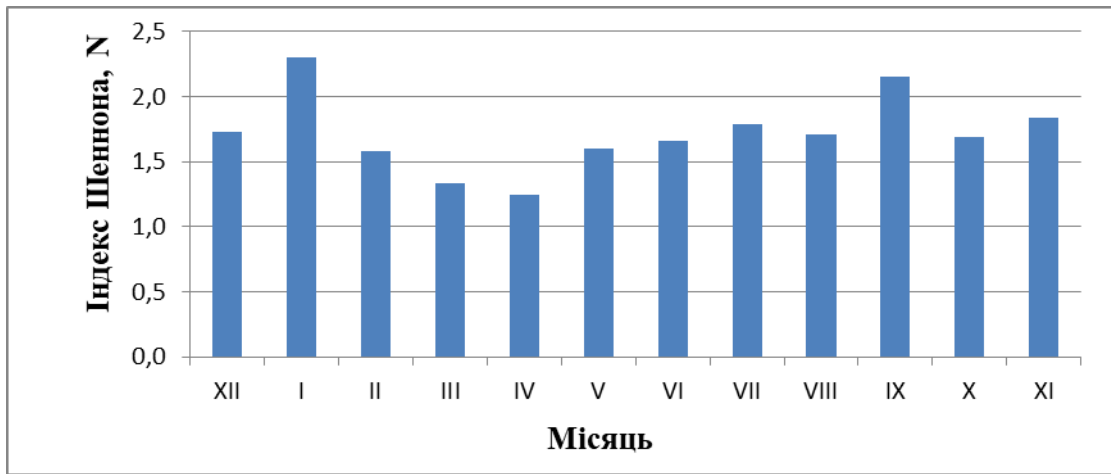


Рисунок 2.18 – Індекс Шеннона (за чисельністю) зоопланктону в Одеському регіоні у 2019 році

Протягом 2019 року не спостерігалось спалахів чисельності окремих видів мезозоопланктону, тому цього року не відмічалось значних коливань в значенні індексу. Це може вказувати на стабільність угруповання. У середньому за рік індекс Шеннону склав $1,719 \pm 0,310$. Це більше, ніж показники 2017 року ($1,124 \pm 0,881$) та 2018 року ($1,355 \pm 0,399$), що може вказувати на покращення стану угруповання.

За систематикою *Noctiluca scintillans* належить до динофітових водоростей, але завдяки відносно великому розміру (0,25-0,95 мм [31]) та гетеротрофному способу харчування екологічно вона ближче до мезозоопланктону. Крім того, *N. scintillans* швидко реагує на зміни у навколишньому середовищі, що дозволяє використовувати її як індикатор стану водойм. Багаторічні зміни вкладу *N. scintillans* в біомасу зоопланктону Одеського регіону відображено на рисунку 2.19.

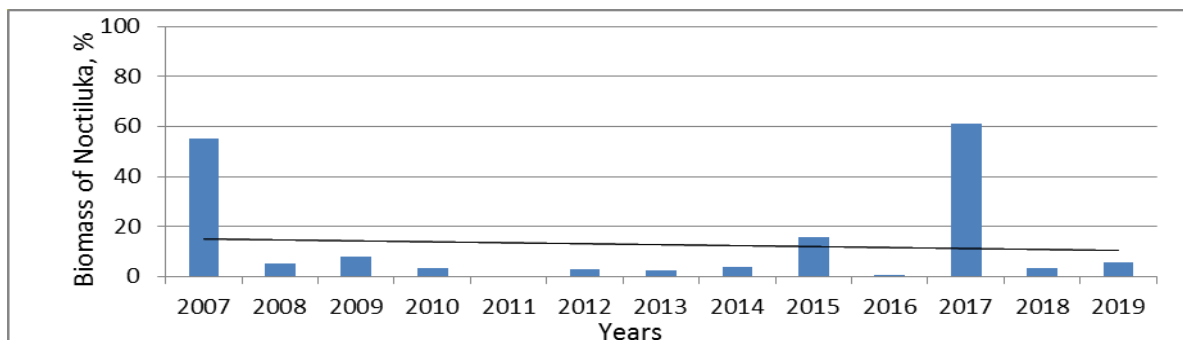


Рисунок 2.19 – Багаторічні зміни вкладу (%) *Noctiluca scintillans* в біомасу зоопланктону в Одеському регіоні

Останні роки частка *N. scintillans* у біомасі мезозoopланктону в Одеському регіоні залишається невисокою та має тенденцію до зниження. Винятком є 2017 рік, коли спостерігався спалах її чисельності. Однак, вже у наступному 2018 році показники біомаси *N. scintillans* повернулися до низьких значень.

Так, у 2007 році за середньорічним значенням біомаса *N. scintillans* складала $51,169 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ та становила 55,02 % у сумарному показнику біомаси зоопланктону, у період з 2008 року до 2015 року коливалася від $0,734 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ до $13,052 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ та залишалася у межах від 2,34 % до 15,82 % від загальної біомаси зоопланктону. У 2017 році спостерігалось різке збільшення чисельності та частки ноктілюки у сумарній біомасі мезозoopланктону, доходючи на короткий період до 233 тис. екз.·м⁻³ або 99,57 % від загальної біомаси. У середньому за 2017 рік біомаса *N. scintillans* складала $5738,631 \pm 18736,223 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ або $61,23 \pm 40,61 \%$ від загальної біомаси мезозoopланктону. У 2018 та 2019 роках біомаса ноктілюки знизилася та складала $2,135 \pm 7,273 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ або $3,31 \pm 10,49 \%$ та $0,430 \pm 1,09 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ або $5,56 \pm 12,85 \%$ відповідно.

Річний хід зміни біомаси *N. scintillans* протягом 2019 року відображено на рисунку 2.20.

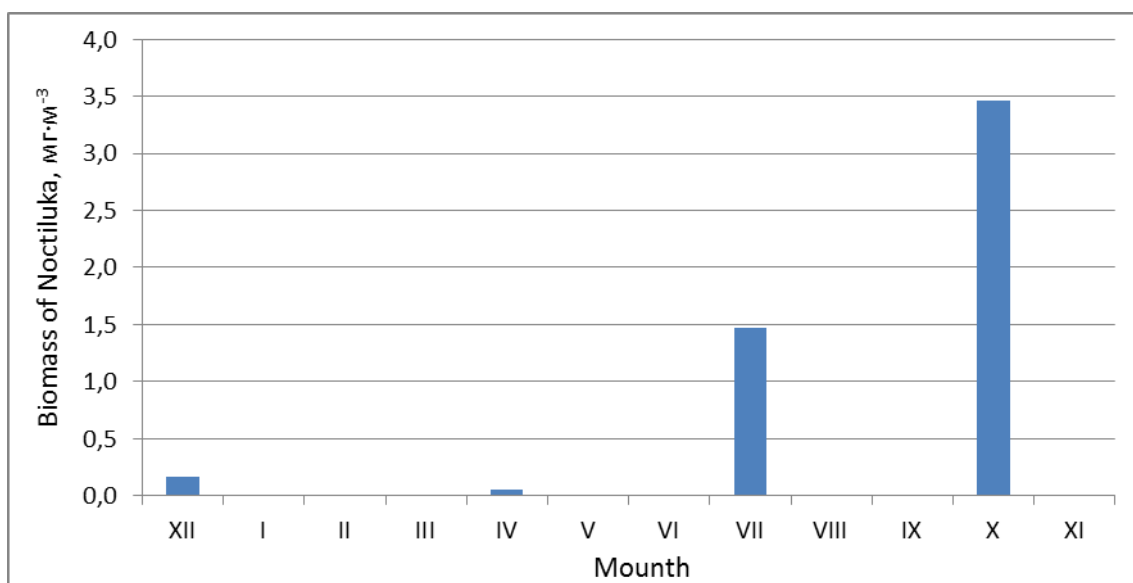


Рисунок 2.20 – Річний хід зміни біомаси ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$) *Noctiluca stintillans* в Одеському регіоні у 2019 році

В цілому за рік стан середовища за часткою Ноктілюки можна охарактеризувати як відмінний, до того ж за багаторічними показниками спостерігається поступове зниження частки ноктілюки у загальній біомасі мезозoopланктону, що вказує на поступове покращення стану акваторії.

2.7 Оцінка екологічного стану акваторії ПЗЧМ за кількісними показниками зоопланктону

У роботах [1, 32] на основі практичних робіт у проектах EMBLAS та MISIS були розроблені та представлені критерії оцінки якості морських вод за біологічною складовою, критерії оцінки якості води за показниками мезозoopланктону представлено у таблиці 2.9

Таблиця 2.9 – Критерії оцінки якості води за показниками мезозoopланктону

| Стан \ Сезон | Відмінний | Добрий | Середній | Поганий | Дуже поганий |
|--|-----------|---------|----------|----------|--------------|
| Загальна біомаса мезозoopланктону, $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$ | | | | | |
| Весна | 400-300 | 300-150 | 150-70 | 70-10 | <10(>400) |
| Літо | 900-600 | 600-350 | 350-200 | 200-40 | <40(>900) |
| Осінь | 350-250 | 250-150 | 150-70 | 70-10 | <10(>350) |
| Біомаса <i>Noctiluca scintillans</i> , $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$ | | | | | |
| Протягом року | <50 | 50-250 | 250-500 | 500-2500 | >2500 |
| Індекс Шеннону | | | | | |
| Протягом року | >3,5 | 3,5-2,5 | 2,5-1,5 | 1,5-1,0 | <1,0 |

Так, за критерієм загальної біомаси стан акваторії протягом року можна оцінити як «Середній», за індексом біорізноманіття Шеннону як

«Середній» та за показником біомаси *N. scintillans* як «Відмінний». Оцінки представлено у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Кількісні показники мезозoopланктону Одеського регіону у 2019 році роки та оцінка екологічного стану

| Показник | Зима | Весна | Літо | Осінь | За рік |
|---|------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Чисельність, екз. · м ⁻³ | 696 ± 986 | 944 ± 687 | 735 ± 182 | 2115 ± 597 | 1122 ± 837 |
| Біомаса, мг · м ⁻³ | 2,681 ± 2,155 | 42,849 ± 50,457 | 3,644 ± 0,970 | 70,603 ± 107,55 | 31,944 ± 58,776 |
| Рівень <i>N.scintillans</i> , мг · м ⁻³ | 0,057 ± 0,098 | 0,019 ± 0,033 | 0,490 ± 0,849 | 1,154 ± 1,998 | 0,430 ± 1,090 |
| Індекс Шеннону | 1,871±0,380 | 1,392±0,186 | 1,721±0,066 | 1,893±0,236 | 1,719±0,31 |

В цілому за рік за показниками мезозoopланктону стан акваторії можна оцінити як «Добрий». Найгірші показники були отримані за критерієм біомаси, однак були позитивні показники за критеріями розмаїття та розвитку *N.scintillans*, що може свідчити про низький рівень евтрофування та стабільний стан спільноти.

Кількісні показники мезозoopланктону у гарячих точках (сезонний моніторинг) та оцінку за ними якості середовища представлено у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Оцінка екологічного стану різних типів вод Одеського регіону у 2019 році

| Тип вод | Показник | | | Загальна оцінка |
|---------|--|---|-----------------|-----------------|
| | Загальна біомаса, мг · м ⁻³ | Біомаса <i>N.scintillans</i> , мг · м ⁻³ | Індекс Шеннону, | |
| CW4 | 107,311 ± 28.610 | 0,000 | 1,822±0.693 | Гарний |
| CW5 | 67,687 ± 27.256 | 0,177 ± 0.250 | 1,864±0.115 | Середній |
| CW6 | 19,348 ± 8.292 | 0,071 ± 0.396 | 1,298 ± 0.1 | Середній |
| CW7 | 97,471 | 0,000 | 1,075 | Середній |
| TW21 | 54,935 | 0,000 | 0,774 | Поганий |

Найкращі показники спостерігалися у водному масиві CW4. У всіх водних тілах спостерігалися низькі показники біомаси, однак низьким був і показник розвитку *N.scintillans*. Показник Шеннону був найгіршим у масиві TW21, яке розташовано у Григорівському лимані на території порту, та піддається антропогенному навантаженню та дії прісноводних теригенних стоків. З іншого боку, водний масив CW4 розташовано в естуарній зоні Дністровського лиману та також піддається дії теригенних стоків, а CW5 піддається значному антропогенному навантаженню, однак показники на них відчутно кращі.

В цілому зоопланктон прибережної зони ПЗЧМ у 2019 році характеризувався поліпшенням показнику розмаїття, характерною картиною домінант, показавши, однак, у порівнянні з минулими роками відносно низькі показники чисельності та біомаси. Та хоча низька біомаса і є показником, що може свідчити про пригнічення угруповання, вона також може свідчити і про низький рівень забруднення органічними сполуками акваторії. На користь останнього каже низький рівень розвитку гетеротрофної динофлагелляти *N.scintillans* та картина біорізноманіття. Це дає можливість стверджувати про помірне поліпшення екологічного стану морської акваторії за показниками зоопланктону. Оцінку екологічного стану ПЗЧМ за кількісними показниками зоопланктону у серпні 2019 року представлено у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Оцінка екологічного стану ПЗЧМ за кількісними показниками мезозоопланктону у серпні 2019 року

| Тип вод | Показник | | | Загальна оцінка |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Загальна біомаса, мг·м ⁻³ | Частка <i>N.scintillans</i> , % | Індекс Шеннону, | |
| Змішані води | 329,188±274,69 | 23,08±54,19 | 2,739±0,286 | Добрий |
| Дніпровський р. | 715,534±153,54 | 0,0 | 2,621±0,255 | Відмінний |
| Дністровський р. | 96,657±4,50 | 0,0 | 2,403±0,280 | Добрий |
| Дунайський р. | 692,334±364,55 | 0,0 | 2,804±0,325 | Відмінний |

Як видно за означеними критеріями екологічний стан морського середовища підпадає під «Добрий» та «Відмінний» за показниками зоопланктону. Однак, варто відмітити, що показники змінюються значною мірою в залежності від сезону та від року до року. Так, якщо розглянути стан акваторії за останні 6 років, то екологічний стан більшості акваторій можна оцінити як «Середній» [1].

В цілому, зоопланктон Чорного моря у 2019 році показав досить стабільну картину, демонструючи кращі показники у порівнянні з минулими роками. В прибережній зоні зареєстровано відносно меншу чисельність та біомасу, у відкритому морі – навпаки біомаса переважала над середньо-багаторічними показниками. Всюди відмічалось відносно більше біорізноманіття. У порівнянні з минулими роками була більша частка солонуватоводних та прісноводних видів. Однак, для більш повної картини є необхідним проведення цілорічного моніторингу та оцінка акваторії за багаторічними спостереженнями.

3 СТАН БЕНТОСНОГО УГРУПОВАННЯ

3.1 Біорізноманіття та кількісні показники зообентосу ПЗЧМ

В складі макрзообентосу відзначено 104 таксонів, найбільшою різноманітністю характеризувались молюски, ракоподібні та багатощетинкові черви, що відображено на рисунку 3.1.

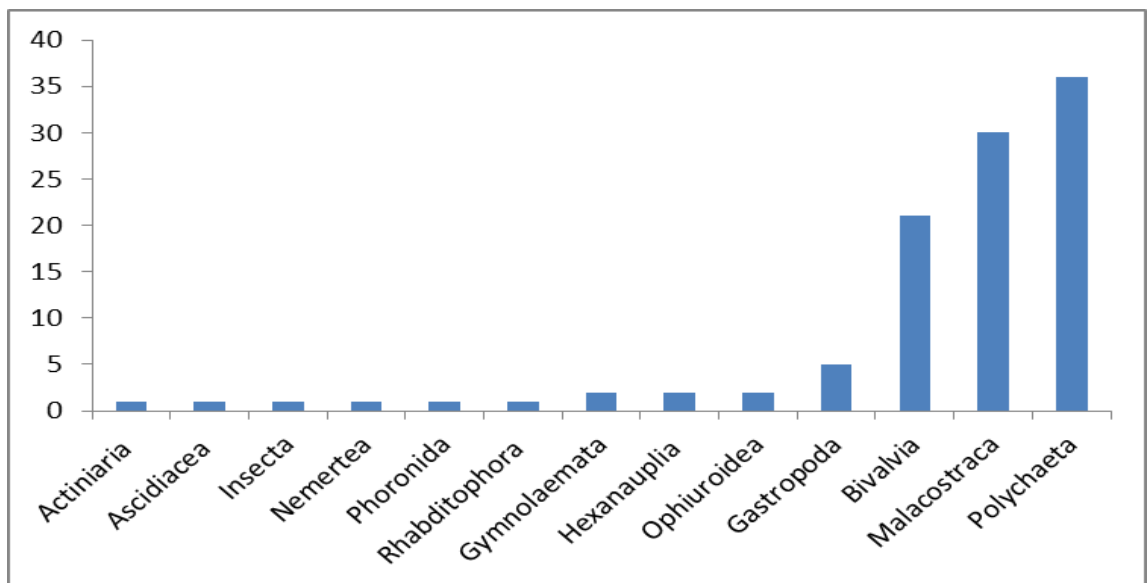


Рисунок 3.1 – Таксономічний склад макрзообентосу українського сектору Чорного моря у 2019 році

Кількість таксонів в пробах становила від 6 до 36. Максимальною зустрічальністю (40 % та більше) характеризувались такі види: *Anadara inaequalis* (Bruguière, 1789), *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758), *Lentidium mediterraneum* (O. G. Costa, 1830), *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, *Microdeutopus gryllotalpa* Costa, 1853, *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Aonides paucibranchiata* Southern, 1914, *Capitella capitata europaea* Wu, 1964, *Harmothoe reticulata* (Claparède, 1870), *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, *Prionospio cirrifera* Wirén, 1883, *Spio filicornis* (Müller, 1776). Чисельність і біомаса варіювали в широких межах від 400 екз·м⁻² до 147504 екз·м⁻² та 0,663 мг·м⁻² - 16400,27 мг·м⁻² відповідно.

В районі ФПЗ відмічено 32 таксони макрзообентосу раногом виду і вище. З них найбільшою різноманітністю відрізнялися Polychaeta - 14, Crustacea - 9, інші групи були представлені менш різноманітно, так на частку Mollusca доводилося - 4 види, Echinodermata - 2, Nemertea, Chordata, Cnidaria - по 1 виду, на рисунку 3.2.

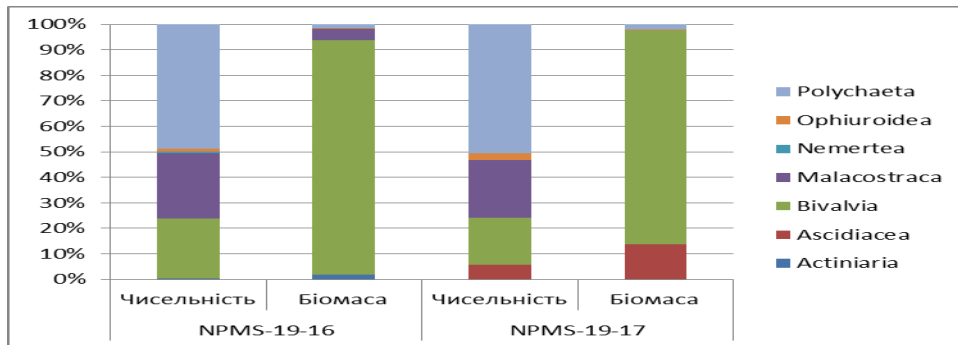


Рисунок 3.2 – Таксономічний склад макрзообентосу в районі ФПЗ у 2019 році

Чисельність складала від 1,8 до 4, 2 екз. · м⁻² (2,8 ± 0,5 екз. · м⁻²), а біомаса від 100 до 480 г · м⁻² (360 ± 102 г · м⁻²), індекс Шеннону 2,9-2,8 одиниць. Доминати за біомасою в угрупованні виявлені фільтратори *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, на частку яких доводилося від 80 до 95 % біомаси угруповання, при цьому їх частка за чисельністю не перевищувала 25 %. Поліхети *Terebellides stroemii* Sars, 1835, *Athanas nitescens* (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814]), *Mysta picta* (Quatrefages, 1865), *Hediste diversicolor* (OF Müller, 1776), *Prionospio cirrifera* Wirén, 1883, *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, *Harmothoe reticulata* (Claparède, 1870) відносяться до трофічної групи зі змішаним типом харчування, збирачі-сейстонофаги додавали до 50 % за чисельністю. Найбільшу частку серед ракоподібних зі всеїдним типом харчування на станції №16 становили *Athanas nitescens* (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814]), а на станції 17 *Caprella acanthifera* Leach, 1814.

У складі мейобентосу ПЗЧМ виявлено 14 таксономічних груп. Обстежені типи ґрунтів – черепашник з домішками мулу та піску, піщаний з

мулом, мул. За чисельністю домінували фораменіфери (Foraminifera) та нематоди (Nematoda) на частку яких сумарно доводилося 69 % багатоклітинного мейобентосу. Внесок 14 % в сумарну чисельність мейобентосу давали остракоди (Ostracoda), гарпактикоїди (Copepoda: Harpacticoida) лише 3 %, інші групи (Kinorhyncha, Halacarida, Turbellaria, Polychaeta, Oligochaeta L., Bivalvia L., Gastropoda L., Amphipoda L., Balanus L.) давали дуже незначний внесок у сумарну чисельність. Максимуми чисельності мейобентосу були зареєстровані на мулистих ґрунтах. Загальна чисельність мейобентосу на мулистому ґрунті майже в два рази вище, ніж на черепашковому і замуленому черепашнику і в три рази вище, ніж на піщаному ґрунті. Домінував форамініферо - нематодний комплекс організмів. Субдомінантою за чисельністю групою були ракоподібні (Harpacticoida та Ostracoda), представлені максимумом на глибинах від 19 м до 28 м (28 %).

3.2 Оцінка екологічного стану морських вод ПЗЧМ за показниками зообентосу

Стан здоров'я навколишнього середовища за показниками макрзообентосу вимірювався за допомогою індексів, встановлених MSFD - AZTI Marine Biotic Index та m-AMBI. Для розрахунку AMBI і m-AMBI використано безкоштовне програмне забезпечення, доступне на www.azti.es, для структурних індексів (Fisher, Brillouin (H), Simpsons (1-D), Margalef (d), Whittaker) - PAST 3.14 (доступно на <http://folk.uio.no/ohammer/past/>), Шеннона (H') \log_2 , Пиелу (J), агрегування - Біорізноманіття PRO PRO (доступно на <http://www.sams.ac.uk> / питер-Ламонт / біорізноманіття про). Багатофакторний аналіз (кластерний аналіз, неметрія MDS, PCA, CCA) та ANOVA були виконані в PAST 3.14 і Statistica 10. Критерії для оцінки бентосних біоценозів представлені в таблиці 3.1 та 3.2. Критичні значення показників для Чорного моря були взяті з технічного звіту щодо

інтеркалібрації за критеріями водної рамочної директиви в частині 3 (Carletti & Heiskanen 2009). Для розрахунку AMBI і m-AMBI використано безкоштовне програмне забезпечення, доступне на www.azti.es, Шеннона (H') \log_2 , агрегування – Biodiversity PRO (доступно на <http://www.sams.ac.uk>).

Таблиця 3.1 – Критерії оцінки екологічного стану бентосних біоценозів

| Стан | ДЕС | | Не-ДЕС | | |
|-----------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Високий | Добрий | Помірний | Бідний | Поганий |
| H' для м'яких ґрунтів | $\geq 3,3$ | 2,5-3,3 | 1,8-2,5 | 1,1-1,8 | $< 1,1$ |
| H' для піщаних і змішаних ґрунтів | ≥ 4 | 3,1-4 | 2,2-3,1 | 1,3-2,2 | $< 1,3$ |
| AMBI | 0,2 - 1,2 | 1,2 - 3,3 | 3,3 - 4,3 | 4,3 - 5,5 | 5,5 - 7,0 |
| M-AMBI | ≥ 0.85 | 0,55-0,85 | 0,39-0,55 | 0,2-0,39 | $< 0,2$ |

Таблиця 3.2 – Критерії до розподілу тварин макрозообентосу за екологічними групами

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

Виявлено 6 угруповань, оцінку стану яких проведено за дескрипторами D1, D4, D6.

Спільнота *Mytilus galloprovincialis*

D1: До складу угруповання входило 32 таксони макрозообентосу раногом виду і вище. З них найбільшою різноманітністю відрізнялися *Polychaeta* - 14, *Crustacea* - 9, інші групи були представлені менш різноманітно, так на частку *Mollusca* доводилося - 4 види, *Echinodermata* - 2, *Nemertea*, *Chordata*, *Cnidaria* – по 1 виду. Чисельність складала від 1,8 до 4, 2 екз. / м² ($2,8 \pm 0,5$ екз. · м⁻²), а біомаса від 100 до 480 г · м⁻² (360 ± 102 г · м⁻²), індекс Шеннону 2,9-2,8 одиниць.

D4: Доминатою за біомасою в угрупованні виступають фільтратори *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, на частку яких доводилося від 80 до 95 % біомаси угруповання, при цьому їх частка за чисельністю не

перевищувала 25 %. Поліхети - *Terebellides stroemii* Sars, 1835, *Athanas nitescens* (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814]), *Mysta picta* (Quatrefages, 1865), *Hediste diversicolor* (OF Müller, 1776), *Prionospio cirrifera* Wirén, 1883, *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, *Harmothoe reticulata* (Claparède, 1870) відносяться до трофічної групи зі змішаним типом харчування, збирачі-сейстонофаги становили до 50 % за чисельністю. Найбільшу частку серед ракоподібних зі всеїдним типом харчування на станції №16 становили *Athanas nitescens* (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814]), а на станції 17 *Caprella acanthifera* Leach, 1814.

D6: Співвідношення груп видів по відношенню до органічного речовини має наступний характер I – 8 %, II - 29,45 %, III - 36,5 %, IV - 24,75 %, V - 1,3, що відповідає слабо порушеному стану відповідно до індексу АМВІ (2,73) і доброму екологічному статусу відповідно m-АМВІ (0,6). Таким чином, екологічний статус угруповання макрозообентосу можна охарактеризувати як добрий.

Спільнота *Lentidium mediterraneum* - *Mytilaster lineatus*/*Mya areanaria*

D1: Спільнота відрізняється низьким біорізноманіттям - всього 9 видів - *Lentidium mediterraneum* (O. G. Costa, 1830), *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791), *Aonides paucibranchiata* Southern, 1914, *Capitella capitata europaea* Wu, 1964, *Prionospio cirrifera* Wirn, 1883, *Mya arenaria* (Linnaeus, 1758), *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Abra nitida* (O. F. Mueller, 1776), *Spio filicornis* (Mueller, 1776). Чисельність складала від 0,4 до 0,5 тис. екз. · м⁻², а біомаса від 0,5 до 0,7 г · м⁻² (360 ± 102 г · м⁻²), індекс Шеннону 0,68-0,84. Таким чином всі три показники були нижчі за торішні в 2-5 разів.

D4: Спільнота *Lentidium mediterraneum* (O. G. Costa, 1830): на частку виду домінанту припадає 43-47 % біомаси, а 21-25 % біомаси припадало на частку субдомінатів *Mytilaster lineatus*/*Mya areanaria*. При цьому значну частку чисельності до 45 % сумарно складала поліхети *Aonides paucibranchiata* Southern, 1914, *Capitella capitata europaea* Wu, 1964, *Alitta succinea* (Leuckart, 1847) та *Spio filicornis* (Müller, 1776), тобто їх частка в угрупованні знизилася у порівнянні з 2018 р, де становила частку 90 %.

D6: Спільнота формується на субстраті пісок-мушля. Співвідношення груп видів по відношенню до органічного речовини має наступний характер I - 2,8 %, II - 21,4 %, III - 61,8 %, IV - 5,8 %, V - 8,4, AMBI – $2,9 \pm 0,4$, M-AMBI - 0,4. Таким чином, екологічний статус угруповання макрозобентосу можна охарактеризувати як не добрий.

Спільнота *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758)

D1: Спільнота відрізняється великим біорізноманіттям – всього 49 видів, з них Polychaeta - 26, Crustacea -10, Bivalvia -9. Чисельність становила від 0,6 до 2,8 тис. екз. $\cdot \text{м}^{-2}$, а біомаса від 44 до 1200 г $\cdot \text{м}^{-2}$, індекс Шеннону 1,9 - 3 одиниць.

D4: Доминатою за біомасою в угрупованні є фільтратори *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758), на частку яких доводилося від 44 до 95 % біомаси, при цьому їх частка за чисельністю не перевищувала 25 %. Субдомінанту формують *Alitta succinea* (Leuckart, 1847) та *Spio filicornis* (Müller, 1776). Поліхети складали в середньому 65 % (від 24 % до 90 %).

D6: Спільнота формується субстраті пісок-мушля. Співвідношення груп видів по відношенню до органічного речовини має наступний характер I - 25,9 %, II - 22,4 %, III - 40,0 %, IV - 9,4 %, V - 2,4, AMBI – $2,1 \pm 0,5$, M-AMBI - 0,6. Таким чином, екологічний статус угруповання макрозобентосу можна охарактеризувати як добрий.

Спільнота *Anadara inaequalis* (Bruguire, 1789) - *Chamelea gallina*

D1: Спільнота відрізняється великим біорізноманіттям - всього 40 видів, из них Polychaeta - 14, Crustacea-13, Bivalvia -8. Чисельність складала від 0,9 до 3,0 тис. екз. $\cdot \text{м}^{-2}$, а біомаса від 380 до 1400 г $\cdot \text{м}^{-2}$, індекс Шеннону 2,4-2,6 одиниць.

D4: Доминатою за біомасою в угрупованні є фільтратори *Anadara inaequalis* та *Chamelea gallina* на частку яких доводилося від 70 до 90 % біомаси угруповання, при цьому їх частка за чисельністю варіує в межах від 3 % до 54 %. Поліхети *Aonides paucibranchiata* Southern, 1914, *Capitella capitata europaea* Wu, 1964, *Eteone* sp., *Prionospio cirrifera* Wirén, 1883 складали від 51 % за чисельністю.

D6: Спільноти формувалися на наступних субстратах замулений пісок, пісок-мушля, мушля. Співвідношення груп видів за відношенням до органічного речовини має наступний характер I - 28,3 %, II - 22,4 %, III - 34,2 %, IV - 18,5 %, V - 13,2, AMBI – $2,7 \pm 0,1$, M-AMBI - 0,6. Таким чином, екологічний статус угруповання макрзообентосу можна охарактеризувати як добрий.

Спільнота *Alitta succinea* (Leuckart, 1847)

D1: Спільнота *Alitta succinea* (Leuckart, 1847) містить 22 види (Polychaeta -11, Crustacea -4, Bivalvia - 4). Чисельність становила 3,9 тис. екз. \cdot м², а біомаса від 27,08 г \cdot м², індекс Шеннону – 2,36 одиниць.

D4: Домінанта за біомасою в угрупованні була *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), на частку яких доводилося 47 %, субдомінанти *Lentidium mediterraneum* (O. G. Costa, 1830) - 16 % та *Ampelisca diadema* (Costa, 1853) - 9 %.

D6: Спільнота формується на субстраті пісок-мушля-камінь. Співвідношення груп видів за відношенням до органічної речовини має наступний характер I - 0,3 %, II - 22,4 %, III - 65,9 %, IV - 7,6 %, V - 2,4, AMBI – 2,897, M-AMBI - 0,53 одиниць. Таким чином, екологічний статус угруповання макрзообентосу можна охарактеризувати як не добрий.

Спільнота *Alitta succinea* (Leuckart, 1847)

D1: Спільнота *Alitta succinea* (Leuckart, 1847) має 22 види (Polychaeta - 11, Crustacea - 4, Bivalvia - 4) . Чисельність складала 3,9 тис. екз. \cdot м², а біомаса 27,08 г \cdot м², індекс Шеннону – 2,36 одиниць.

D4: : Домінантою за біомасою в угрупованні була *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), на частку якої доводилося 47 %, субдомінанти - *Lentidium mediterraneum* (O. G. Costa, 1830) -16 % та *Ampelisca diadema* (Costa, 1853) -9 %.

D6: Спільнота формується на субстраті пісок-мушля-камінь. Співвідношення груп видів за відношенням до органічної речовини має наступний характер I - 0,3 %, II - 22,4 %, III - 65,9 %, IV - 7,6 %, V - 2,4, AMBI

– 2,897, M-AMBI - 0,53. Таким чином, екологічний статус угруповання макрозообентосу можна охарактеризувати як «не добрий».

Індекси та екологічний стан за критеріями макрозообентосу представлений в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Оцінка екологічного стану ПЗЧМ за кількісними показниками макрозообентосу у серпні 2019 року

| | Таксон_5 | Кількість | Біомаса | Shannon_H | AMBI | Порушення | m-AMBI | Стан |
|------------|----------|-----------|----------|-----------|-------|-------------------|---------|----------|
| NPMS-19-01 | 7 | 543 | 0,633 | 1,685 | 3,504 | помірно порушений | 0,37778 | Поганий |
| NPMS-19-02 | 14 | 1302 | 46,334 | 2,422 | 2,948 | Трохи порушений | 0,50678 | Помірний |
| NPMS-19-03 | 6 | 400 | 0,533 | 1,737 | 2,438 | Трохи порушений | 0,4717 | Помірний |
| NPMS-19-04 | 16 | 4408 | 1587,435 | 1,966 | 2,733 | Трохи порушений | 0,49401 | Помірний |
| NPMS-19-05 | 10 | 1276 | 88,632 | 1,929 | 2,368 | Трохи порушений | 0,50554 | Помірний |
| NPMS-19-06 | 8 | 566 | 41,301 | 1,955 | 2,772 | Трохи порушений | 0,48476 | Помірний |
| NPMS-19-07 | 14 | 1073 | 130,132 | 2,443 | 2,765 | Трохи порушений | 0,53682 | Помірний |
| NPMS-19-08 | 14 | 1055 | 72,901 | 2,518 | 1,98 | Трохи порушений | 0,61779 | Добрий |
| NPMS-19-09 | 7 | 507 | 0,667 | 1,843 | 2,861 | Трохи порушений | 0,45231 | Помірний |
| NPMS-19-11 | 17 | 1293 | 1421,809 | 2,522 | 2,608 | Трохи порушений | 0,56417 | Добрий |
| NPMS-19-12 | 15 | 920 | 856,388 | 2,437 | 2,887 | Трохи порушений | 0,53891 | Помірний |
| NPMS-19-13 | 27 | 2287 | 1436,04 | 2,799 | 2,331 | Трохи порушений | 0,62831 | Добрий |
| NPMS-19-14 | 22 | 3975 | 27,08 | 2,36 | 2,897 | Трохи порушений | 0,53037 | Помірний |
| NPMS-19-15 | 34 | 2994 | 376,47 | 2,634 | 0,894 | Непорушений | 0,73968 | Добрий |
| NPMS-19-16 | 33 | 4192 | 862,209 | 2,954 | 2,661 | Трохи порушений | 0,64426 | Добрий |
| NPMS-19-17 | 26 | 3142 | 583,562 | 2,808 | 2,803 | Трохи порушений | 0,59648 | Добрий |
| NPMS-19-18 | 36 | 2854 | 1190,55 | 3,036 | 2,591 | Трохи порушений | 0,67591 | Добрий |
| NPMS-19-19 | 31 | 147504 | 16400,27 | 1,006 | 2,996 | Трохи порушений | 0,40191 | Помірний |
| NPMS-19-20 | 23 | 75559 | 11118,52 | 1,452 | 2,336 | Трохи порушений | 0,45261 | Помірний |

За показниками мейобентосу на основі оцінки, відповідно до критеріїв встановили: 56 % станцій відповідають «не добрий екологічний статус» (not-GES) згідно з критеріями WFD (European Water Framework Directive), а 44 % «добрий екологічний статус» (GES). Таким чином, води у ПЗЧМ мали переважно не добрий екологічний стан за показниками мейобентосу.

На основі проведеного аналізу за критеріями зообентосу добрим екологічним станом характеризувались лише 30 % досліджуваної площі бенталі ПЗЧМ, що відповідає стану 2014 та 2017 років.

3.3 Біорізноманіття та кількісні показники фітобентосу ПЗЧМ

В складі макрофітобентосу виявлено 23 види водоростей-макрофітів, які належать до 3 відділів, 4 класів, 7 порядків, 9 родин і 14 родів; серед них зелених водоростей - 10 видів, червоних – 11 і бурих – 1 (акваторія досліджень прибережні частини Одеської затоки та на 2 станціях в Григорівському лимані (порт «Південний»). Майже на 100 % станцій були присутні такі зелені водорості як *Ulva compressa* L., *U. intestinalis* L. На 60 - 70 % станцій зустрічалися такі види як *U. flexuosa* Wulfen, *Cladophora albida* (Nees) Kütz., *Cl. vadorum* (Aresch.) Kütz., *Cl. vagabunda* (L.) Hoek. На 50 - 60 % станцій були представники червоних водоростей: *Ceramium diaphanum* var. *elegans* (Roth) Roth, *C. virgatum* Roth та їх епіфіт *Acrochaetium virgatum* (Lyngb.) Nägeli. Всі інші види водоростей зустрічалися значно рідше, або, навіть, поодинокі. Середня біомаса макрофітів знаходилась в межах від 672 г·м⁻² до 1262 г·м⁻². В порту «Південний» цей показник змінювався в межах від 672 г·м⁻² до 839 г·м⁻², в Одеській затоці від 791 г·м⁻² до 1262 г·м⁻². У формуванні біомаси основний внесок належав зеленим водоростям з родів *Ulva* L. і *Cladophora* Kütz., а також червоним – із роду *Ceramium* Roth. У порівнянні з минулим 2018 роком число виявлених видів водоростей зросло на 5 одиниць. За коефіцієнтом Серенсена-Чекановського схожість видового складу водоростей останніх двох років залишається досить високою – 59 %. Розмах продукованої водоростями біомаси у 2019 р. був схожим з таким у 2018 р., але дещо більшим і становив 438 – 1469 г·м⁻². По відношенню до органічного забруднення у складі водоростей досліджуваного району переважало мезосапробне угруповання, що свідчить про середній рівень забрудненості досліджуваної акваторії.

В угрупованнях мікрофітобентосу твердих та пухких субстратів прибережних акваторій ПЗЧМ було знайдено 148 видів водоростей, серед яких діатомеї налічували 110. Діатомеї полі- та мезогалобні і β-мезосапробні

представники родів *Nitzschia*, *Navicula*, *Gyrosigma*, *Diploneis* і *Amphora*. Чисельність мікрофітів формували, в першу чергу, дрібноклітинні синьо-зелені водорості, біомасу – крупноклітинні діатомові, серед яких домінувала β -мезосапробна *Achnanthes brevipes*. Найвищі систематичні та кількісні показники розвитку мікрофітобентосу спостерігалися в найбільш антропогенізованих акваторіях Затоки, Лузанівки, санаторію ім. Чкалова та Дачі Ковалевського. На відміну від минулого року, менш інтенсивно вегетували потенційно токсичні ціанопротиста *Aphanizomenon flos-aquae* і дінофітова *Prorocentrum micans*. В цілому стан майже не змінився у порівнянні із 2018 роком.

4 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДИ ТА ДОНИХ СУБСТРАТІВ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ

За звітний період в Українському науковому центрі екології моря (УкрНЦЕМ) були здійснено моделювання процесів впливу морської води та екстрагованих забруднювачів донних відкладень морського середовища у лабораторних умовах на популяцію мікроводорості. В результаті цих досліджень встановлена екологічна якість морської води та донних відкладень на основі показника репродукційних змін лабораторної культури мікроводорості.

4.1 Матеріал та методи

Кількість проб для біотестування у 2019 році наведена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1- Кількість проб для біотестування, відібраних у 2019 році

| Станція відбору проб | Кількість проб | Об'єктна та функціональна прив'язка |
|------------------------------------|----------------|--|
| Григорівський лиман (порт «Южний») | 2 | моніторинг імпактних зон |
| Аркадія | 2 | моніторинг рекреаційних зон. |
| Альпклуб – сан. Чкалова | 2 | моніторинг рекреаційних зон. |
| Дельфін | 2 | моніторинг рекреаційних зон. |
| Дача Ковалевського | 2 | моніторинг рекреаційних зон і зливу стоку станції біологічної очистки. |
| Порт «Одеса» | 2 | Моніторинг імпактних зон. |
| Мис Малий Фонтан | 2 | Моніторинг рекреаційних зон. |
| Лузанівка | 4 | Моніторинг рекреаційних зон. |
| Затока | 2 | Моніторинг рекреаційних зон. |
| Дунайський регіон | 4 | Екологічний моніторинг. |
| Дніпровський регіон | 2 | Екологічний моніторинг. |
| Філофорне поле Зернова | 3 | Екологічний моніторинг. |
| О.Зміїний | 2 | Екологічний моніторинг. |
| Всього | 31 | |

Проведено аналіз за результатами біотестування на одноклітинний водорості *Dunaliella salina* Teod, вихідними даними були отримані матеріали влітку та восени 2019 року. Об'єктами досліджень були вода та донні відкладення псевдоліторалі прибережної зони одеських пляжів ПЗЧМ, Дунайського та Дніпровського регіонів, біля о. Зміїний, ФПЗ, різні за характером антропогенного навантаження.

Одноклітинні водорості є одними з найбільш поширених організмів водного середовища. До них відносяться представники різних систематичних груп: діатомові, перидінієві, жовто - зелені, зелені, протококові. Найбільш представницькими в морських водоймах є діатомові і перидінієві водорості, а в прісноводних - протококові. В силу своїх фізіологічних особливостей одноклітинні водорості є найбільш чутливими до змін зовнішнього середовища. Короткий цикл їх розвитку дозволяє простежити на кількох поколіннях дію токсичних речовин. Одноклітинні водорості використовуються для біотестування широкого класу речовин (важкі метали, хлор, фосфорорганічні сполуки, детергенти та ін.), стічних вод різних галузей народного господарства, забруднених природних вод і ґрунтів, призначених до дам্পінгу.

Критерієм токсичності служать зміни клітин водоростей, які відображають чисельність репродуктивну здатність клітин водоростей [7], [9]. Зіставлення кривих зростання монокультур при різних концентраціях токсикантів з контрольною кривою зростання дозволяють досить точно визначити гранично допустимі концентрації аналізованих речовин і з'єднань.

Дослідження проводилися з пробами води з поверхневого шару води з місць пробовідбіру та донних відкладень, відібраних влітку (серпень) та восени (вересень та жовтень 2019 р.).

В основному характер донного ґрунту в місцях відбору проб складався із переважної частки піску з дрібною мушлею і додаткових значно менших часток мулу та каміння на глибинах від 0,7 до 3 метрів. Винятком була лише станція порт «Одеса» з виключно мулистим дном та глибиною 10 метрів.

У якості тест-об'єкту використовувалася лабораторна культура планктонної водорості *Desmodesmus communis*. Тест-функцією була репродуктивна здібність тест-об'єкту. Досліджуваними концентраціями були $1,0 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ - $10,0 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$. Культивування водоростей в лабораторії здійснювалось в колбах Ерленмейера на 250 мл - 300 мл при штучному освітленні 2000 люкс і температурі повітря $20 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Використовувались люмінесцентні лампи денного світла, встановлюючи їх зверху на відстані 60 см від колб. Можна культивувати водорості і при природному освітленні, уникаючи прямих сонячних променів.

Пересівати культуру водоростей рекомендується один раз в 10 днів в простерилізовану колбу зі свіжим середовищем. Всю процедуру проводять над полум'ям спиртівки.

Для культивування морських одноклітинних водоростей готували середовище Гольдберга в модифікації Ю. Г. Кабанової (1967) [33], [34]. Чорноморську воду профільтровували через мембранний фільтр № 6, двічі стерилізували, нагріваючи на водяній бані до 75°C і охолоджували до кімнатної температури. У підготовлену таким чином морську воду послідовно додавали поживні речовини з 4 - х заздалегідь приготовлених розчинів.

Живильні розчини готували розчиненням в 100 мл дистильованої води : $10,1 \text{ г KNO}_3$ (розчин № 1) ; $1,421 \text{ г NaH}_2\text{PO}_4$ (розчин № 2) ; $19,79 \text{ мг MnCl}_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$ і $23,789 \text{ мг CuCl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ (розчин № 3) ; $27,03 \text{ мг FeCl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ (розчин № 4). До 1 л морської води додавали 2 мл розчину № 1; 0,5 мл розчину № 2 і 1 мл розчину № 3. Потім середовище стерилізували втретє, охолоджували і тільки тоді додавали 1 мл розчину № 4, щоб гідроокис заліза не випав у осад.

Для культивування одноклітинних прісноводних зелених водоростей застосовували середовище Тамія у різних розведеннях: $\text{KNO}_3 - 5,0 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O} - 2,50 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$; $\text{K}_2\text{HPO}_4 - 1,25 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$; $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O} - 0,003 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$; розчин різних мікроелементів : $\text{H}_2\text{BO}_3 - 2,86 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$; $\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O} - 1,81 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$;

$\text{ZnSO}_4 \cdot x \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ - 0,222 г·л⁻¹; MnO_3 - 176,4 мг·л⁻¹; NH_4VO_3 - 229,6 мг·л⁻¹; ЕДТА (етилендіамінтетраоцтової кислоти) - 0,037 мг.

Для зберігання культуро водоростей застосовували середовище Прата (г·л⁻¹): KNO_3 - 0,10 ; K_2HPO_4 -0,01 ; $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ -0,01 ; агар - агар - 1,2 %; $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ - 0,001.

4.2 Аналіз екологічного стану води та донних субстратів методом біотестування

ПЗЧМ, зокрема Одеський регіон ПЗЧМ, являється зоною достатньо активної господарської діяльності. Протягом берегової лінії Одеського регіону розташовані два торговельних портових комплексу, різні підприємства та забудова Одеської міської агломерації і тому підпадає під значне антропогенне навантаження. Уздовж берегової лінії Одеського регіону розташовані піщані пляжі – Дача Ковалевського, Дельфін, Лузанівка та інші.

Результатами досліджень встановлено, що у транзитних водах біля порту Южний у воді не було встановлено наявності речовин, які мали виражену дію на одноклітинні водорості. Протягом всього хронічного експерименту у варіантах з обома випробуваними концентраціями спостерігалася незначна стимуляція репродукційних процесів водорості тест-об'єкту у експериментальних зразках порівняно з контрольними (у десятю добу експерименту на 18,2 % вище від контролю у меншій концентрації та на 4,55 % у максимальній концентрації), що відображено у таблиці 4.2.

У донних відкладеннях, відібраних на глибині 1 м, поблизу порту знаходилися токсичні сполуки, які за результатами експерименту негативно впливали на репродукцію тест - об'єкту. Чисельність клітин у контрольних зразках на більш ніж 27 % перевищувала експериментальні значення.

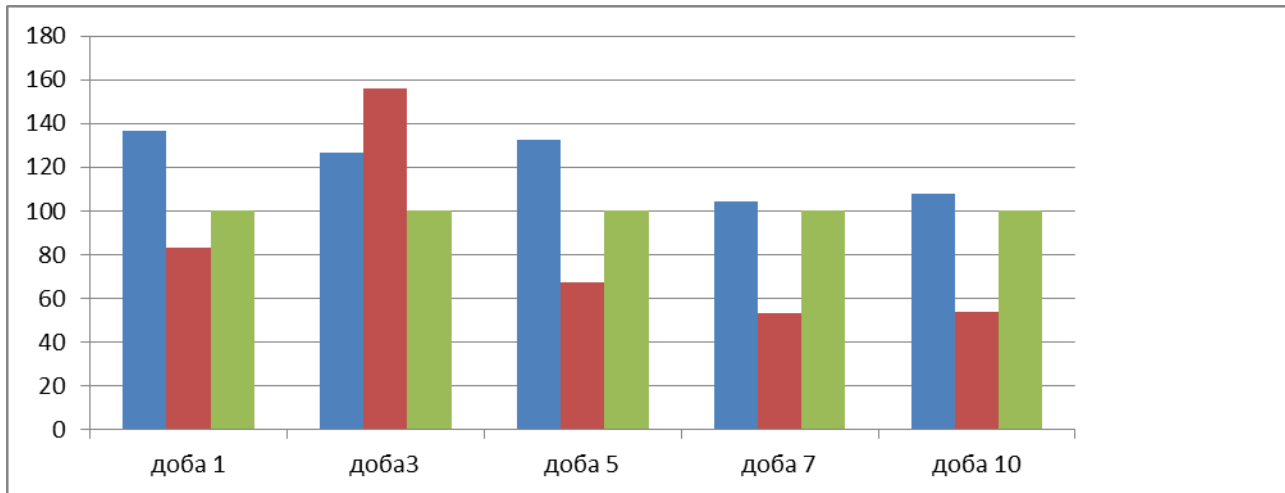
Середовище було токсичним для зеленої одноклітинної водорості тест-об'єкту.

Таблиця 4.2 – Зміна чисельності клітин *D.scottii* за дії морської води в місцях пробовідбору прибережної зони м. Одеси в жовтні 2019 року (% від контролю)

| Доба експерименту | | | | | | | | | | |
|---|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|
| № проби, район відбору проби/ г·л ⁻¹ | 1 | | 3 | | 5 | | 7 | | 10 | |
| | % К | Ср. величина рН | % К | Ср. величина рН | % К | Ср. величина рН | % К | Ср. величина рН | % К | Ср. величина рН |
| Аркадія 16.10.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 113,54 | 8,75 | 121,53 | 9,34 | 116,73 | 9,31 | 112,78 | 9,27 | 111,71 | 9,27 |
| 10,0 | 62,50 | 8,58 | 70,54 | 9,29 | 86,65 | 9,42 | 125,73 | 9,36 | 88,80 | 9,53 |
| Дача Ковалевського 16.10.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 87,50 | 8,77 | 100,57 | 9,46 | 111,90 | 9,25 | 105,37 | 9,07 | 104,55 | 9,45 |
| 10,0 | 77,08 | 8,64 | 96,88 | 9,12 | 103,87 | 9,40 | 96,20 | 9,47 | 100,84 | 9,00 |
| Дельфін 16.10.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 181,25 | 8,81 | 133,99 | 8,74 | 126,21 | 9,74 | 123,80 | 9,11 | 121,81 | 9,38 |
| 10,0 | 142,71 | 8,60 | 112,04 | 9,33 | 110,25 | 9,35 | 107,69 | 9,21 | 106,15 | 9,26 |
| Лузановка 15.10.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 140,63 | 8,73 | 135,84 | 9,46 | 130,17 | 9,68 | 126,48 | 9,49 | 121,74 | 9,66 |
| 10,0 | 90,63 | 8,74 | 102,27 | 9,43 | 87,43 | 9,40 | 88,24 | 9,23 | 85,68 | 9,48 |
| Порт Южний 11.10.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 82,29 | 8,95 | 123,23 | 9,44 | 125,73 | 9,29 | 121,11 | 9,34 | 118,20 | 9,60 |
| 10,0 | 82,29 | 8,77 | 103,83 | 9,47 | 109,38 | 9,48 | 105,09 | 9,52 | 104,55 | 9,58 |
| Скалодром 16.10.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 98,96 | 8,88 | 124,65 | 9,80 | 121,66 | 9,78 | 116,94 | 9,59 | 116,68 | 9,98 |
| 10,0 | 88,54 | 8,65 | 122,52 | 9,40 | 121,95 | 9,59 | 116,11 | 9,42 | 116,18 | 9,61 |
| Контроль | 100,00 | 8,83 | 100,00 | 9,35 | 100,00 | 9,42 | 100,00 | 9,32 | 100,00 | 9,90 |

Станція пробовідбору Коблево розташована у відкритих мезогалінних мілких водах прибережної зони. У поверхневому шарі води цієї станції встановлена наявність речовин, що мають токсичний вплив на репродукційні можливості тест - об'єкту. У експериментальних варіантах з максимальною

концентрацією у останню добу чисельність клітин тест-об'єкту була на 45,88 % нижче контрольних значень, що відображено на рисунку 4.1. В донних відкладеннях, представлених мулом та піском та відібраних на глибині 1 м, сполук, що мають токсичний вплив на водорість встановлено не було.



■ - концентрація 1,0 г·л⁻¹ ■ - концентрація 10,0 г·л⁻¹ ■ - контроль

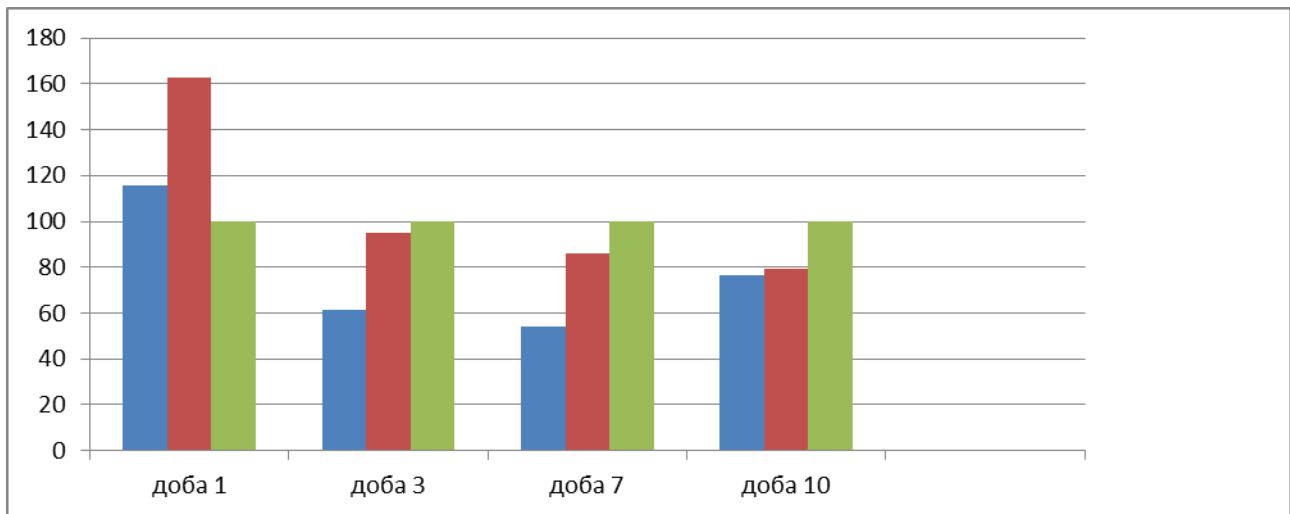
Рисунок 4.1 – Зміна чисельності клітин тест - об'єкту у поверхневому шарі води станції пробовідбіру Коблево у жовтні 2019 року (в % від контролю)

У поверхневій воді і глиняних та мулистих донних відкладеннях, відібраних на станції пробовідбору Лузанівка, розташованій у закритих та мілких водах не було встановлено наявності речовин, які мали виражену дію на одноклітинні водорості. Чисельність клітин тест-об'єкту у експерименті була близькою до кількості клітин у контролі.

У поверхневій воді, що була відібрана на станції пробовідбіру Одеський морський торговельний порт у жовтні 2019 р. не було встановлено наявності речовин, які можуть здійснювати дієвий вплив на клітини тест-об'єкту.

Донні відкладення, представлені глиною та мулом, які були відібрані у вересні на глибині 5 м на вході в Одеську затоку містили сполуки, які мали невеликий токсичний вплив на репродукцію водорості. В останню добу експерименту чисельність клітин тест-об'єкту була меншою від контролю на

23,68 – 20,04 % у концентраціях $1,00 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$ - $10,0 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, відповідно, що представлено на рисунку 4.2.



■ - концентрація $1,0 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$ ■ - концентрація $10,0 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$ ■ - контроль

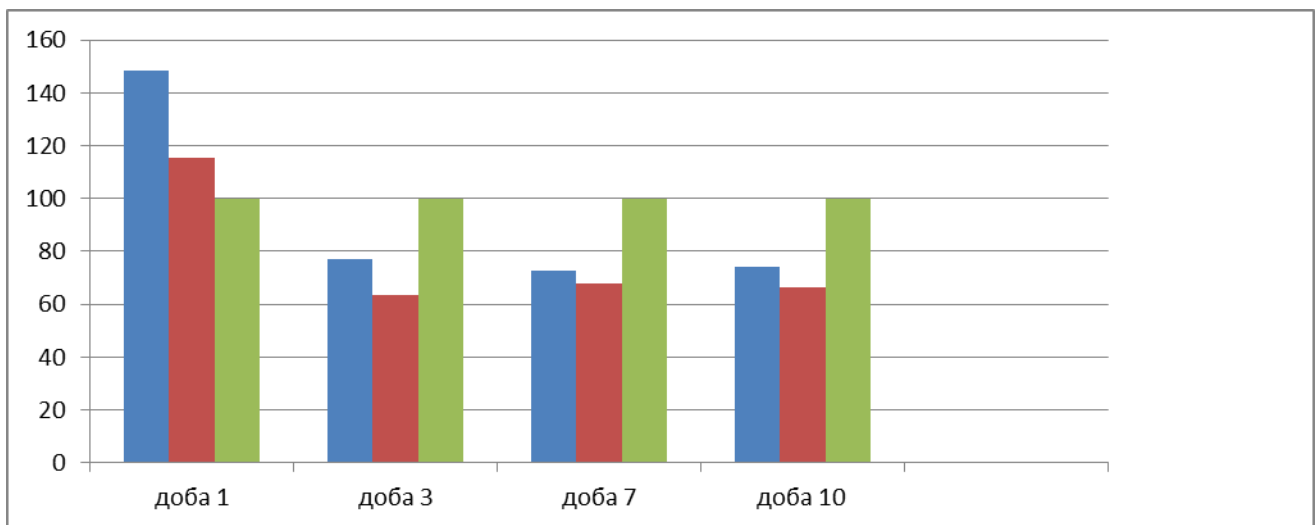
Рисунок 4.2 – Зміна чисельності клітин тест - об'єкту в екстрактах донних відкладень, відібраних на вході в Одеську затоку у вересні 2019 року (в % от контролю)

У поверхневому шарі мезогалінних мілких закритих вод пляжів Дельфін, санаторію ім. Чкалова, мису Малий Фонтан, Аркадії, Дачі Ковалевського у жовтні 2019 р. не було встановлено наявності речовин, що мали значний дієвий вплив на тест-функцію тест - об'єкту. Лише у варіантах з найменшими концентраціями проб з вищезазначених пляжів чисельність клітин водорості по результатам експерименту незначно перевищувала контрольні значення. Найбільші значення були констатовані у пробах з пляжу Дельфін – 21,74 % та Альпклубу - санаторію ім. Чкалова – 16,68 % вище контролю.

Донні відкладення пляжів Дельфін, санаторію ім. Чкалова, мису Малий Фонтан, Аркадії, Дачі Ковалевського, відібрані з глибини 1 м, містили мул та пісок. У місцях пробовідбіру пляжів Дельфін, санаторію ім. Чкалова, мису

Малий Фонтан не знаходилися речовини, які мали токсичний вплив на тест-об'єкт.

У екстрактах донних відкладень відібраних у районах пляжів Дачі Ковалевського (обидві випробувані концентрації - чисельність клітин водорості тест-об'єкту була на 25,89 % у меншій концентрації та на 33,78 %, відповідно, нижче контролю) та Аркадії (найбільша концентрація - чисельність клітин водорості тест-об'єкту була на 41,04 % нижче контролю) знаходилися речовини, які були гостро-токсичні для тест - функції водорості, що представлено на рисунку 4.3.



■ - концентрація 1,0 г·л⁻¹ ■ - концентрація 10,0 г·л⁻¹ ■ - контроль

Рисунок 4.3 – Зміна чисельності клітин тест - об'єкту в екстрактах донних відкладень, відібраних у районі пляжу Аркадія у жовтні 2019 року (в % від контролю)

У поверхневому шарі мезогалінних відкритих мілких вод пляжу Затока містилися сполуки, які у невеликих кількостях викликали незначну стимуляцію тест-функцій тест-об'єкту (до 1,51 % вище контрольних даних), а у великих - токсичну дію (25,24 % нижче контролю). У невеликих концентраціях екстрактів донних відкладеннях цієї точки пробовідбору, відібраних з глибини 6 м чисельність клітин водорості тест - об'єкту за результатами хронічного експерименту перевищувала контрольні значення

на 19,73 %. У великих концентраціях – значення чисельності клітин тест - об'єкту були близькі до контрольних, що представлено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Зміна чисельності клітин *D.cornuta* за дії морської води в місяцях пробовідбору в жовтні 2019 року (в % від контролю)

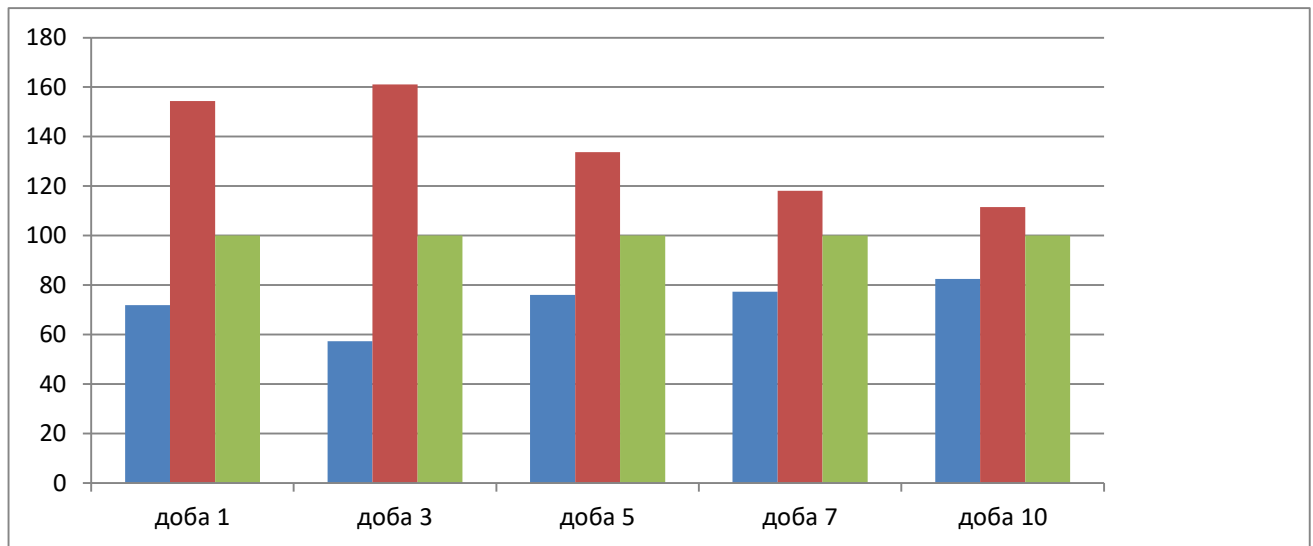
| Доба експерименту | | | | | | | | | | |
|---|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|
| № проби, район відбору проби/ г·л ⁻¹ | 1 | | 3 | | 5 | | 7 | | 10 | |
| | % К | Ср. величина рН | % К | Ср. величина рН | % К | Ср. величина рН | % К | Ср. величина рН | % К | Ср. величина рН |
| Лузанівка 2 15.10.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 75,44 | 75,44 | 75,44 | 75,44 | 75,44 | 75,44 | 75,44 | 75,44 | 75,44 | 75,44 |
| 10,0 | 78,95 | 78,95 | 78,95 | 78,95 | 78,95 | 78,95 | 78,95 | 78,95 | 78,95 | 78,95 |
| Дунайський регіон ст. 14 03.09.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 64,91 | 64,91 | 64,91 | 64,91 | 64,91 | 64,91 | 64,91 | 64,91 | 64,91 | 64,91 |
| 10,0 | 94,74 | 94,74 | 94,74 | 94,74 | 94,74 | 94,74 | 94,74 | 94,74 | 94,74 | 94,74 |
| ФПЗ СТ. 17 31.08.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 125,88 | 125,88 | 125,88 | 125,88 | 125,88 | 125,88 | 125,88 | 125,88 | 125,88 | 125,88 |
| 10,0 | 90,59 | 90,59 | 90,59 | 90,59 | 90,59 | 90,59 | 90,59 | 90,59 | 90,59 | 90,59 |
| Тузловські лимани ст.. 13, 02.09.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 130,60 | 130,60 | 130,60 | 130,60 | 130,60 | 130,60 | 130,60 | 130,60 | 130,60 | 130,60 |
| 10,0 | 80,70 | 80,70 | 80,70 | 80,70 | 80,70 | 80,70 | 80,70 | 80,70 | 80,70 | 80,70 |
| ФПЗ СТ. 16 31.08.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 71,93 | 71,93 | 71,93 | 71,93 | 71,93 | 71,93 | 71,93 | 71,93 | 71,93 | 71,93 |
| 10,0 | 154,39 | 154,39 | 154,39 | 154,39 | 154,39 | 154,39 | 154,39 | 154,39 | 154,39 | 154,39 |
| Затока ст.. 11, 02.09.2019 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 110,56 | 110,56 | 110,56 | 110,56 | 110,56 | 110,56 | 110,56 | 110,56 | 110,56 | 110,56 |
| 10,0 | 333,33 | 333,33 | 333,33 | 333,33 | 333,33 | 333,33 | 333,33 | 333,33 | 333,33 | 333,33 |
| Контроль | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

У точці пробвідбіру Тузловські лимани у поверхневому шарі води не було встановлено наявності речовин, які негативно впливали на тест-функцію тест - об'єкту. Чисельність клітин водорості за результатами експерименту у обох дослідних концентраціях була близькою до контрольних значень. Донні відкладення цієї точки пробвідбіру, відібрані з

глибини 9 м, містять токсичні речовини для процесів репродукції тест - об'єкту.

У Дніпровському регіоні у поверхневому шарі води ст.№18, у Дунайському регіоні у поверхневому шарі води та донних відкладеннях точок пробовідбіру ст. № 8 (глибина 9,6 м, мул та пісок), ст. № 14 (глибина 4,0 м., мул), ст. № 19 (глибина 9,0 м., мул) та біля о. Зміїний ст. № 15 (глибина 26,0 м.) у вересні 2019 р. не було встановлено наявності речовин, які негативно впливали на тест-функцію тест - об'єкту. За результатами експерименту чисельність клітин водорості у обох дослідних концентраціях вищезазначених точок пробовідбіру була близькою до контролю.

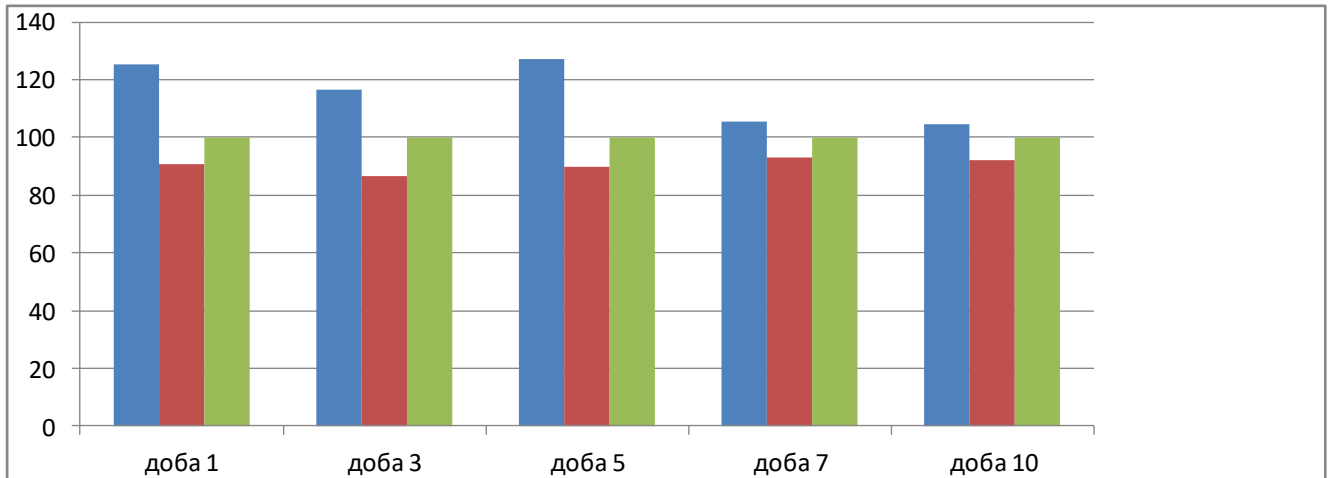
У зоні змішування річкових та морських вод, у місці розташування ФПЗ влітку (серпень 2019 р.) було встановлено, що у точці пробовідбіру ст. № 16 у поверхневому шарі води знаходилася певна кількість речовин діючих на процеси репродукції. У великих кількостях ці речовини стимулювали розмноження водорості, у малих – пригнічували цю тест-функцію, що відображено на рисунку 4.4.



■ - концентрація 1,0 г·л⁻¹ ■ концентрація 10,0 г·л⁻¹ ■ контроль

Рисунок 4.4 - Зміна чисельності клітин тест - об'єкту у поверхневому шарі води, відібраної у районі ФПЗ влітку (серпень) 2019 року, ст. №16 (в % від контролю)

У районі ст. № 17 у верхньому шарі води знаходилися дещо інші сполуки, які навпаки, у малих кількостях стимулювали розмноження водоростей, у великих – пригнічували цю тест-функцію, що представлено на рисунку 4.5.



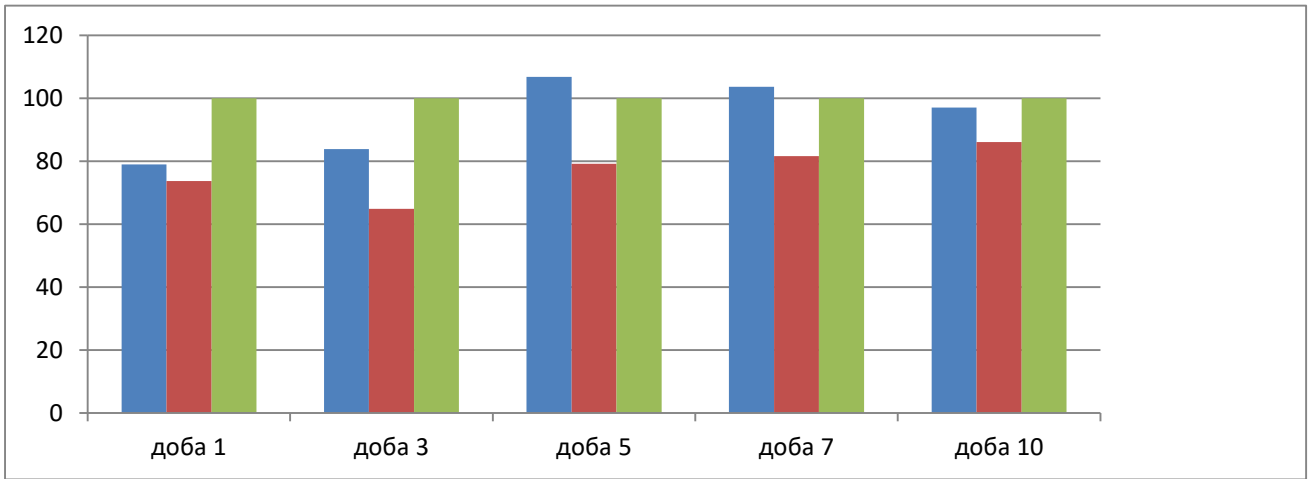
■ - концентрація 1,0 г·л⁻¹ ■ концентрація 10,0 г·л⁻¹ ■ контроль

Рисунок 4.5 - Зміна чисельності клітин тест - об'єкту у поверхневому шарі води, відібраної у районі ФПЗ влітку (серпень) 2019 року ст. № 17 (в % від контролю)

На глибині 41 м, у районі ФПЗ у воді знаходилися речовини, які не впливали на процеси розмноження тест - об'єкту. Токсичного впливу навколишнього середовища на тест-об'єкт у місцях пробовідбіру встановлено не було, що відображено на рисунку 4.6.

Результати дослідження показують відсутність гострої токсичності у переважної більшості точок пробовідбіру прибережної зони м. Одеси влітку (серпні) та восени (вересні, жовтні) 2019 р.

Вочевидь якісний стан донних відкладень пов'язаний з хронічним забрудненням вод Одеської затоки, уповільненням водообміну, наявністю великих кількостей зваженої речовини органічного та мінерального походження.



■ - концентрація 1,0 г·л⁻¹ ■ концентрація 10,0 г·л⁻¹ ■ контроль

Рисунок 4.6 – Зміна чисельності клітин тест - об'єкту у шарі води, відібраної на глибині 41 м. у районі ФПЗ влітку (серпень) 2019 року, ст. № 17 (в % від контролю)

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

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

5 ОЦІНКА МОРСЬКИХ ВОД ПЗЧМ ЗА КОМПЛЕКСНИМИ МЕТОДАМИ E-TRIX ТА BEAST

5.1 Методика проведення оцінки за комплексними методами E-TRIX та BEAST

В практиці оцінки ступеню трофності і якості вод, наряду з іншими показниками, досить широко використовується індекс E-TRIX [35], [36-39], який є інтегральним показником, пов'язаним з характеристиками первинної продукції фітопланктону і з харчовими факторами (концентрацією поживних біогенних речовин). В розрахункову формулу індексу E-TRIX входять наступні характеристики екосистеми: концентрація хлорофілу - аналог, який заміняє показник автотрофної біомаси фітопланктону; відхилення насиченості киснем від 100% - індикатор інтенсивності первинної продукції системи, який охоплює фазу активного фотосинтезу і фазу переважання дихання; концентрації загального фосфору і мінерального азоту – показники присутності кількості поживних речовин. Переваги індексу E-TRIX над іншими показниками обумовлюються використанням стандартних і найбільш часто вимірюваних гідрохімічних і гідробіологічних характеристик морських вод, кількість яких не змінюється, що дає можливість зіставляти результати оцінок рівня трофності вод за індексом E-TRIX різних районів моря і Світового океану [36].

E-TRIX розраховується за формулою:

$$E - TRIX = [\log(Ch \cdot D\%O \cdot N_M \cdot Pз) + 1,5] / 1,2, \quad (5.1)$$

де Ch – концентрація хлорофілу «а», мкг/дм³;

$D\%O$ – відхилення в абсолютних значеннях розчиненого кисню від 100% насичення;

N_M – концентрація суми розчинених форм мінерального азоту, мкг/дм³;

P_3 – концентрація загального фосфору, мкг/дм³.

Оцінка можливості застосування індексу E-TRIX для ПЗЧМ, на підставі порівняльного аналізу діапазонів коливань показників ПЗЧМ і прийнятих в розрахунковій формулі, була виконана в [35].

Індекс E-TRIX змінюється відповідно умов трофності вод у межах від 0 до 10, а оцінка категорії трофності і стану якості вод здійснюється згідно величині індексу, що наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Категорії трофності, стан якості вод та їх характеристика залежно від значення індексу E-TRIX

| Значення E-TRIX | Рівень трофності | Якість вод | Характеристика якості вод |
|-----------------|------------------|------------|--|
| <4 | Низький | Висока | Висока прозорість вод, відсутність аномалій кольору води, відсутність пересичення та недостатньої насиченості розчиненого кисню. |
| 4-5 | Середній | Гарна | Епізодичні випадки зменшення прозорості вод, аномалій кольору води, гіпоксії придонних вод. |
| 5-6 | Високий | Середня | Низька прозорість вод, аномалії кольору води гіпоксія придонних вод, та епізодичні випадки аноксії. |
| >6 | Дуже високий | Погана | Велика мутність вод, великі за площею аномалії кольору води, регулярна гіпоксія на великій площі та часті випадки аноксії придонних вод, гибель бентосних організмів |

Методика HELCOM BEAST, оціни якості морських вод і їх ступеню трофності, є модифікацією раніше розробленої методики HEAT [40].

Безрозмірний показник EQR в даній методиці характеризує оцінку якості вод щодо їх трофності і визначається по співвідношенню фактичних значень спостережуваних параметрів (позначаються в методиці як AcStat) до цільових значень (Target), які визначаються за даними фонових величин, які

були раніше до періоду евтрофікації (позначаються в методиці як RefCon) з урахуванням допустимих відхилень від фону. Цільові значення Target для параметрів, які зростають при збільшенні евтрофування приймалися за визначенням $Target = RefCon + 0,5 \times RefCon$, і для параметрів, які зменшуються при збільшенні евтрофікації приймалися за визначенням $Target = RefCon - 0,2 \times RefCon$.

До оцінки ступеню евтрофікації входять три групи індикаторів: – неорганічний фосфор і азот; – хлорофіл, біомаса фітопланктону, прозорість вод, завислі речовини; – розчинений кисень, придонні безхребетні тварини. Набір індикаторів може змінюватись залежно від їх визначення, зменшуватись, або збільшуватись від кількості їх визначення, наприклад біомаси макрофітів, тощо. В даній роботі використовувались наступні індикатори, які регулярно визначались в прибережних водах Одеського регіону : – неорганічний фосфор і азот; – хлорофіл-а, біомаса фітопланктону; – розчинений кисень.

Розрахунки показника EQR виконуються для кожного індикатору згідно співвідношення $AcStat / Target$ і далі осереднюються в кожній групі індикаторів при рівнозначному вкладі, або з урахуванням прийнятої дольової частки, яка задається від 25 до 75 %, при сумі всіх індикаторів в групі 100 %.

В даній роботі в групі неорганічного фосфору і азоту дольова частка цих індикаторів була прийнята 70 % и 30 %, відповідно.

Остаточна оцінка якості і трофності вод відповідає найбільшому значенню визначених середніх EQR трьох груп індикаторів. Оцінка якості вод щодо їх трофності підрозділяється на п'ять класів залежно від EQR: – High (високий) при $EQR \leq 0,5$; – Good (добрий) при $0,5 < EQR \leq 1,0$; – Moderate (помірний) при $1,0 < EQR \leq 1,5$; – Poor (поганий) при $1,0 < EQR \leq 2,0$; – Bad (дуже поганий) при $EQR > 2,0$.

5.2 Оцінка за комплексними методами E-TRIX та BEAST

Розрахунки індексу E-TRIX виконувались за показниками кожного комплексу вимірювань, з подальшим їх просторовим і часовим усередненням, на підставі даних регулярного прибережного моніторингу і сезонних екологічних зйомок.

Трофність прибережних вод Одеського регіону, згідно категорій індексу E-TRIX, у різних водних масивах відповідала «середньому», «високому» і «дуже високому» рівню, змінюючись від 4,36 од. на масиві CW1 до 6,53 од. на масиві TW5. Середнє значення індексу E-TRIX за районами досліджень складало 5,33 од., що відповідає «високому» рівню трофності. Рівень показника E-TRIX для різних водних масивів відображено на рисунку 5.1.

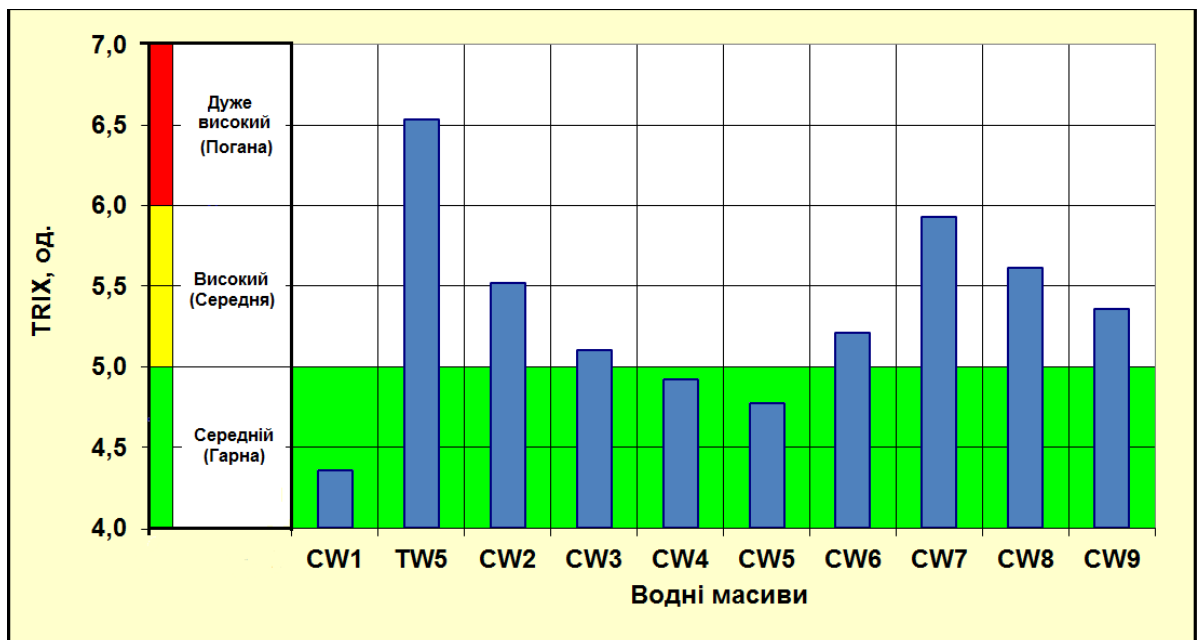


Рисунок 5.1 – Значення індексу трофності E-TRIX прибережних вод Одеського регіону у 2019 році

Показник BEAST у різних водних масивах у 2019 році відповідав «середньому», «високому» і «дуже високому» рівню, змінюючись від 0,99 од.

на масиві TW5 до 5,59 од. на масиві CW7. Середнє значення індексу BEAST за районами досліджень складало 2.48 од., що відповідає «дуже високому» рівню трофності та «дуже поганому» екологічному стану. Рівень показника BEAST для різних водних масивів відображено на рисунку 5.2.

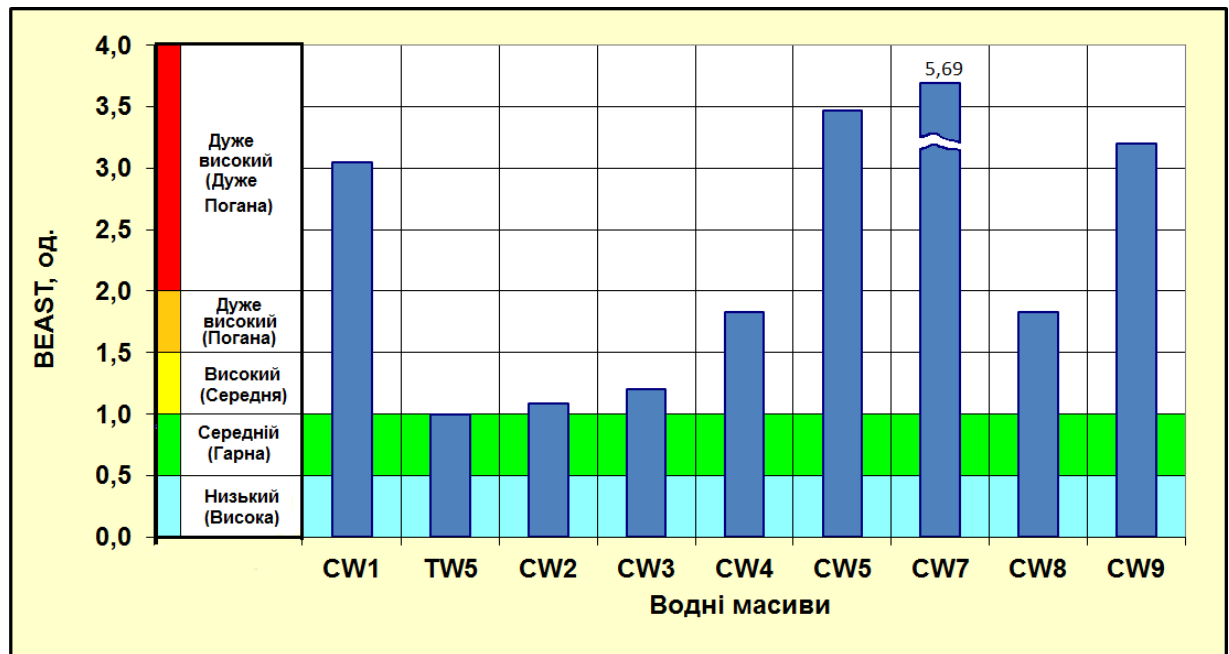


Рисунок 5.2 – Значення індексу трофності BEAST прибережних вод Одеського регіону у 2019 році

За даними регулярних спостережень прибережних вод Одеського регіону. В річному ході індексу трофності E-TRIX, визначеного за даними регулярних спостережень прибережних вод Одеського регіону, максимум з середнім місячним значенням 5,23 од. визначався у 2019 р. в червні, коли спостерігався випадок «цвітіння» води, викликаного розвитком мікроводорості *N. sputigena*, також високі показники були зафіксовані у лютому (5,02 од.) та жовтні (5,21 од.), а мінімум з середнім значенням 3,59 од. – в березні. Також низький показник E-TRIX був зафіксований у липні – 3,98 од. Річний хід середньомісячних значень індексу трофності E-TRIX, відображено на рисунку 5.3.

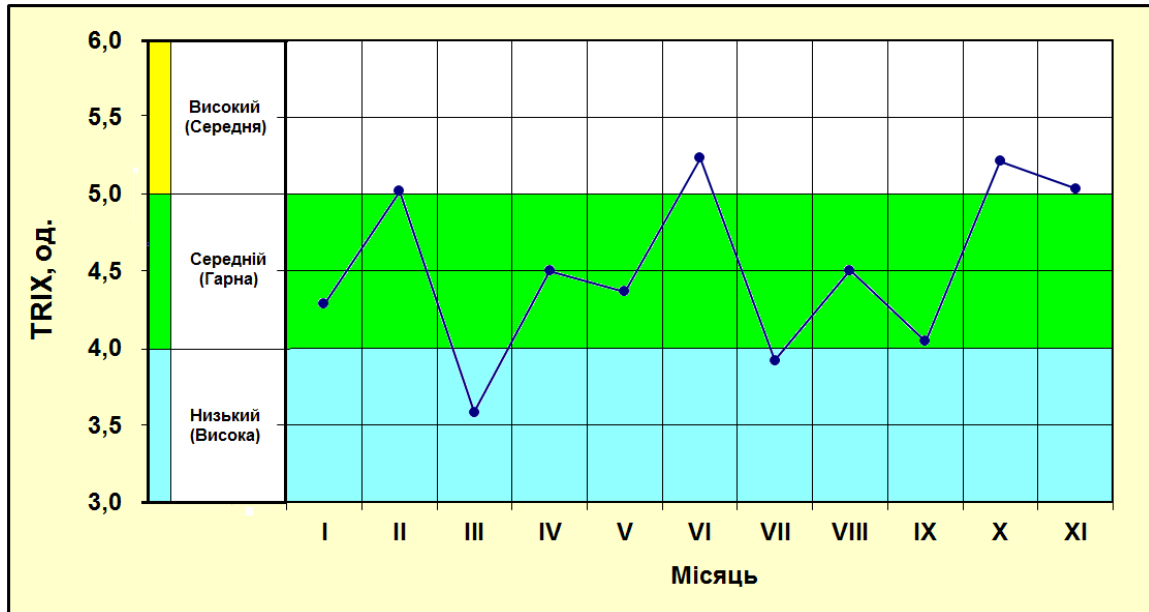


Рисунок 5.3 – Річний хід середніх місячних значень індексу трофності E-TRIX прибережних вод Одеського регіону у 2019 році

За даними регулярних спостережень прибережних вод Одеського регіону за показником індексу BEAST максимум середньомісячних значень був, як і для індексу E-TRIX, зафіксований у лютому (2,85 од.), мінімум – у серпні (0,89 од.). Річний хід середньомісячних значень індексу трофності BEAST, відображено на рисунку 5.4.

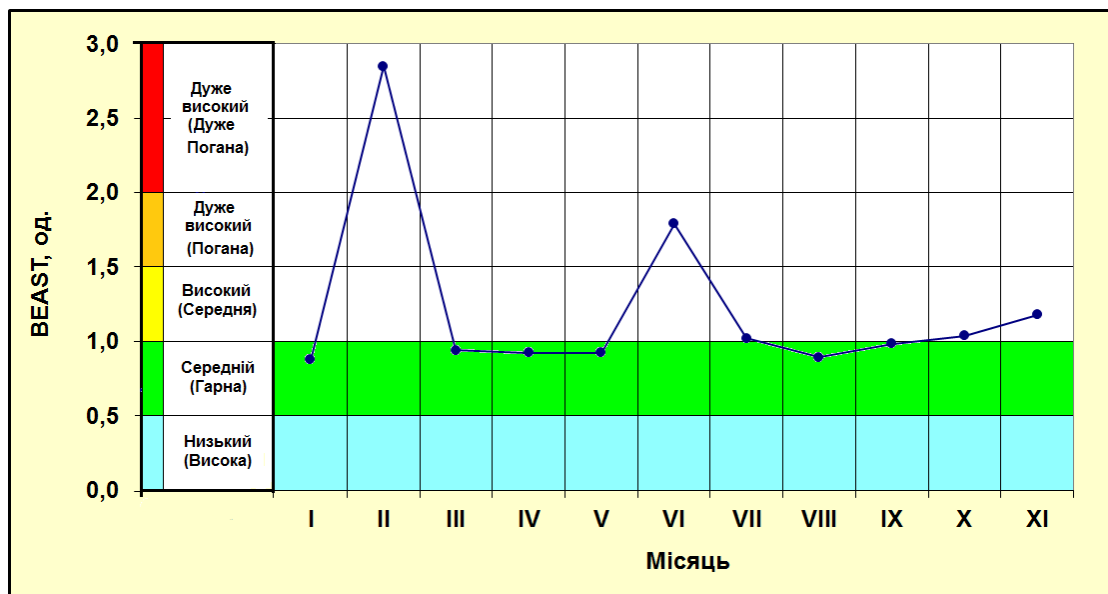


Рисунок 5.4 – Річний хід середніх місячних значень індексу BEAST прибережних вод Одеського регіону у 2019 році

Тобто найвищих показників індекс E-TRIX досягав в районі впливу річки Дніпра (CW6) та великого антропогенного навантаження поблизу порту Південний (TW5). Райони впливу Дністра (CW4) та Дунаю (CW1) характеризувались досить низькими показниками. Також низькі показники відмічені у водному масиві CW5, який піддається антропогенному впливу з боку порту Чорноморську та СБО «Південної». В середньому за рік індекс E-TRIX складав 4,78 од., що дещо краще показників минулого року (4,94 од.).

Індекс BEAST навпроти демонстрував високі показники в районі впливу Дунаю та порту Чорноморську. Також високі показники відмічені в районі впливу Дніпра. В середньому за рік індекс BEAST складав 1,22 од.

Результати регулярного екологічного моніторингу прибережних вод, який виконується УкрНЦЕМ в Одеського регіону в зоні рекреації з початку XXI сторіччя, дозволяє визначити багаторічні зміни і тенденції в формуванні якості морських вод, які обумовлюються мінливістю, як антропогенного навантаження на морське середовище, так і мінливістю природних гідрологічних і метеорологічних факторів.

В багаторічних змінах якості прибережних вод на шельфі в Одеському регіоні за даними спостережень в рекреаційній зоні віддаленій від промислових районів на фоні значних міжрічних коливань визначається тренд до зниження трофності і підвищення якості вод за показниками індексів E-TRIX та BEAST. На початку сторіччя значення індексу E-TRIX перевищували 6,0 од. і стан трофності вод відповідав «дуже високому» рівню, у останні шість років значення індексу E-TRIX не перевищували 5,0 од. і стан вод відповідав «середньому» рівню трофності, відображено на рисунку 5.5.

Якість вод у 2019 році відповідала класифікації «гарна», а трофність прибережних вод – «середньому» рівню.

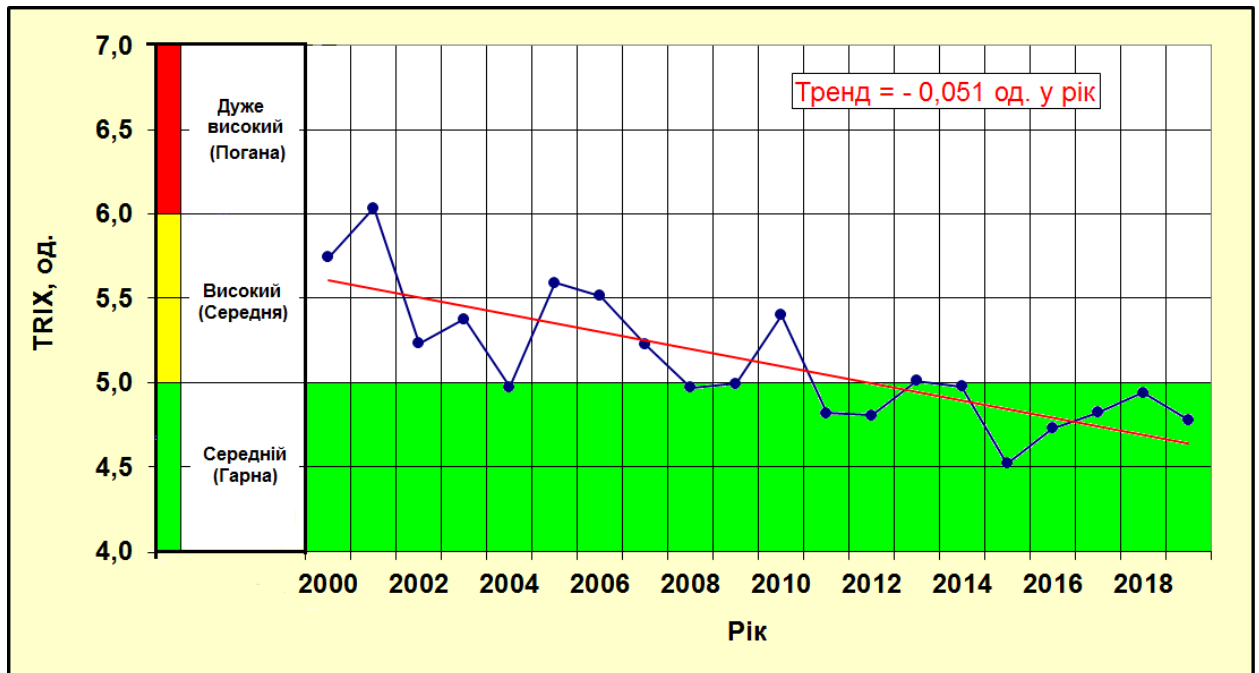


Рисунок 5.5 – Багаторічна мінливість трофності і якості прибережних вод Одеського регіону ПЗЧМ за показником індексу E-TRIX

Багаторічні зміни значення індексу BEAST відображені на рисунку 5.6.

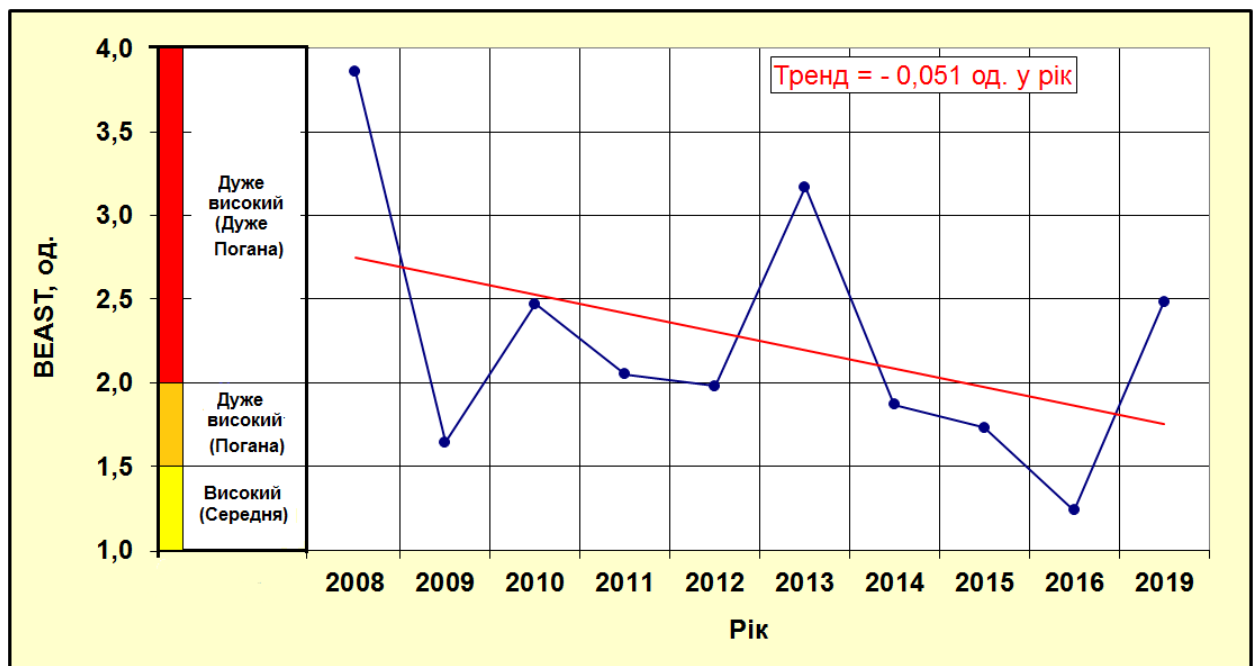


Рисунок 5.6 – Багаторічна мінливість трофності і якості прибережних вод Одеського регіону ПЗШ ЧМ за показником індексу BEAST

В останні роки підвищений рівень трофності вод відмічався у 2010 р., в результаті інтенсивного «цвітіння» води в липні на ПЗЧМ, викликаного

розвитком ціанобактерії *Nodularia sputigena*, біомаса якої дорівнювала $20 - 40 \text{ г} \cdot \text{дм}^{-3}$, а в окремих точках досягала $10 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ [29], [30].

За даними, отриманими в ході експедиції в районі ПЗЧМ у серпні-вересні 2019 року були розраховані індекси BEAST та E-TRIX, та виконана оцінка трофності вод та її просторового розподілу. Просторовий розподіл результатів оцінки за BEAST та E-TRIX у ПЗЧМ в серпні-вересні 2019 року наведено на рисунку 5.7.

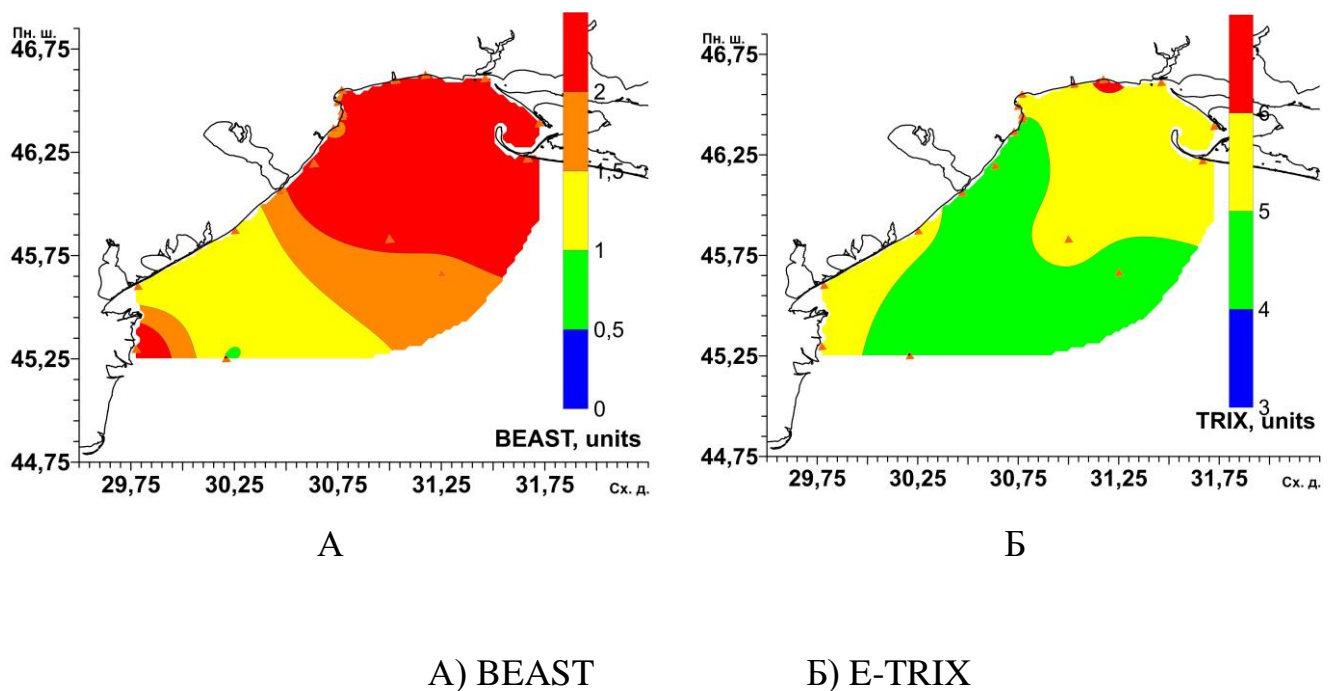


Рисунок 5.7 – Просторовий розподіл результатів оцінки за комплексними методами BEAST та E-TRIX у ПЗЧМ в серпні-вересні 2019 року

За просторовим розподілом можна відмітити значний вплив на трофність акваторії з боку Дунайського та Дніпро-Бузького естуаріїв. Вплив з боку Дністра був значно меншим, що може пояснюватися меншим антропогенним навантаженням у порівнянні з Дніпром та Дунаєм.

6 БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЗООУГРУПОВАНЬ АЗОВСЬКОГО МОРЯ

В зоопланктоні Азовського моря виявлені коловертки *Rotifera* (6 таксонів) та ракоподібні з ряду *Hexanauplia* (8 таксонів). Щільність зоопланктону складала 9812 ± 7141 екз.·м⁻³, відповідно середньорічна біомаса 1951 ± 885 мг·м⁻³. Сезонними домінантами в угрупованні планктонних організмів протягом травня-серпня були представники роду *Acartia sp.* (48 - 92 % від загальної щільності зоопланктону), протягом жовтня-грудня представники роду *Oithona sp.* (46 - 78 % від загальної щільності зоопланктону). Меропланктон був представлений личинками багатощетинкових червів *Polychaeta*, личинками м'якунів та наупліусами ракоподібних з ряду *Sessilia*. Середньорічна щільність меропланктону складала 7402 ± 6114 екз.·м⁻².

В макрзообентосі були визначені черевоногі м'якуни *Gastropoda* (20 таксонів), двостулкові м'якуни *Bivalvia* (19 таксонів), багатощетинкові черви *Polychaeta* (14 таксонів) а також ракоподібні з рядів *Isopoda* (4 таксони), *Amphipoda* (7 таксонів), *Decapoda* (2 таксони). Середньорічна біомаса макрзообентосу складала 2117 ± 1086 г · м⁻². Найвищі щільності були виявлені у двостулкових м'якунів *Abra segmentum* (2089 ± 475 екз. · м⁻²) та *Parvicardium exiguum* (1289 ± 615 екз. · м⁻²). Серед черевоногих м'якунів найщільніші скупчення утворював вид *Rissoa venusta* (802 ± 364 екз. · м⁻²).

В мейобентосі зареєстровано: *Foraminifera* (2 таксони), *Oligochaeta* (3 таксони), ракоподібних з рядів *Harpacticoida* (10 таксонів), *Canuelloida* (2 таксони), *Cumacea* (1 таксон) і *Mysida* (2 таксони) та круглі черви *Nematoda*. Середньорічна біомаса мейобентосу складала $528,79 \pm 332$ мг · м⁻². Найбільшу щільність утворювали пелофільні види з роду *Canuella sp.* (746 ± 351 екз. · м⁻²) та епібентосний вид *Limnocletodes behningi* (374 ± 122 екз. · м⁻²). Середньорічна щільність *Nematoda* становила 5928 ± 3460 екз. · м⁻².

Критерії доброго екологічного стану (ДЕС) не розроблені для

Азовського моря, але якщо порівнювати показники розвитку угруповань макрзообентосу, мейобентосу та зоопланктону до таких у минулі роки, то відмічено тенденцію до зменшення біорізноманіття та суттєвий приріст кількісних показників окремих видів. Це в свою чергу може вказувати на підвищення рівню трофності акваторії.

ВИСНОВКИ

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

Угрупування фітопланктону прибережних частин ПЗЧМ у 2019 році знаходилося під впливом як абіотичних факторів середовища – стоку Дніпровсько-Бузького лиману, що призвів до зимових «цвітінь» фітопланктону, так і найпотужніших за останні кілька років прибережних апвелінгів, які супроводжувалися підйомом глибинних морських вод на поверхню і різким зниженням температури морської води в липні, серпні, що призвело до зміни місцевих аборигенних видів солоноватоводного генезису на види морського генезису; так і біотичних факторів середовища – «цвітіння» ціанобактерії *Nodularia spumigena* Mertens ex Bornet et Flahault, що призвело до дестабілізації як планктонних, так і бентосних угруповань водного середовища. Однак, в цілому протягом року за критерієм загальної біомаси фітопланктону та за оцінкою екологічного стану морського середовища за допомогою показників угруповання мікроводоростей, стан ПЗЧМ можна оцінити як «Помірний» і «Дуже добрий».

Зоопланктон Чорного моря у 2019 році показав досить стабільну картину, демонструючи кращі показники у порівнянні з минулими роками. В прибережній зоні відмічено відносно меншу чисельність та біомасу, у відкритому морі – навпаки біомаса переважала над середньо-багаторічними показниками. Всюди відмічалось відносно більше біорозмаїття. У порівнянні з минулими роками була більша частка солонуватоводних та прісноводних видів. За критеріями якості води за кількісними показниками зоопланктону екологічний стан ПЗЧМ оцінено як «Середній». За показником біомаси *N.scintillans*, оцінено як «Добрий». В прибережних частинах за показником

розмаїття за індексом Шеннону оцінено як «Поганий». В цілому екологічний стан акваторії ПЗЧМ оцінено як «Середній».

У 60 % національної зони середовищ існування мультиметричні показники зообентосу знаходилися в межах наступних граничних значень: середній вміст видів $S \geq 40$ видів на 1 квадратний метр; Індекс біорізноманіття Шеннона $H' \geq 2,5$; AMBI (Bořja et al., 2000) ≤ 3.3 ; M-AMBI (Muxica et al., 2007) $\geq 0,55$. У мористій частині виключної морської економічної зони України стан донних біоценозів відповідає стану «добрий», у прибережних частинах – в Дунайському та Дніпро-бузькому районах відповідає оцінці «задовільний». Добрим екологічним станом характеризувались лише 30 % досліджуваної площі бенталі ПЗЧМ, що відповідає стану 2014 та 2017 років.

У порівнянні з минулим 2018 роком число виявлених видів макроводоростей зросло на 5 одиниць. За коефіцієнтом Серенсена-Чекановського схожість видового складу макрофітів останніх двох років залишається досить високою – 59 %. Розмах продукованої водоростями біомаси у 2019 р. був схожим з таким у 2018 р., але дещо більшим і становив 438 – 1469 г·м⁻². По відношенню до органічного забруднення у складі водоростей досліджуваного району переважало мезосапробне угруповання, що свідчить про середній рівень забрудненості досліджуваної акваторії.

Найвищі систематичні та кількісні показники розвитку мікрофітобентосу спостерігалися в акваторіях Затоки, Лузанівки, санаторію ім. Чкалова та Дачі Ковалевського. На відміну від минулого року, менш інтенсивно вегетували потенційно токсичні ціанопротиста *Aphanizomenon flos-aquae* і динофітова *Prorocentrum micans*. В цілому стан майже не змінився у порівнянні із 2018 роком.

В багаторічних змінах якості прибережних вод на шельфі в Одеському регіоні за даними спостережень в рекреаційній зоні віддаленій від промислових районів на фоні значних міжрічних коливань визначається тренд до зниження трофності і підвищення якості вод за показниками індексів E-TRIX та BEAST. На початку сторіччя значення індексу E-TRIX

перевищували 6,0 од. і стан трофності вод відповідав «дуже високому» рівню, в останні шість років значення індексу E-TRIX не перевищували 5,0 од. і стан вод відповідав «середньому» рівню трофності.

В структурі біологічних угруповань пелагіалі та бенталі Чорного моря відбуваються позитивні зміни в більшій частині шельфу, що підтверджується збільшенням видового розмаїття, ускладненням структури біологічних угруповань та різноманітністю трофічних зв'язків. Однак, винятком є прибережні точкові райони з суттєвим антропогенним навантаженням, де стан біоти залишається нестабільним та не спостерігається довготривалих стійких позитивних змін. В 2019 році відмічено погіршення екологічного стану прибережних біоценозів пелагіалі та бенталі у порівнянні із попередніми роками.

В Азовському морі, за показниками розвитку зооугруповань пелагіалі та бенталі (макрозообентосу, мейобентосу та зоопланктону) відмічено тенденцію до зменшення біорізноманіття та суттєвий приріст кількісних показників окремих видів у порівнянні із попередніми роками. Це в свою чергу може вказувати на підвищення рівню трофності акваторії.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Базова оцінка та визначення доброго екологічного стану (ДЕС) біоценозів і біорізноманіття Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України : звіт про НДР / УкрНЦЕМ Міністерство екології та природних ресурсів України ; керіvn. С. П. Ковалишина ; виконав. : М. О. Грандова [та ін.] – № ДР 0118U006642. – Одеса, 2018. – 139 с.
- 2 Directive 2000 / 60 / EC. Directive of the European Parliament and of the Councils tablishhing a framework for the Community action in the field of waterpolicy (Water Framework Directive) // Official Journal of the European Union. – 22. 12. 2000. – 72 p.
- 3 Directive 2008 / 56 / EC. Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) of 17 June 2008 // Official Journal of the European Union. – 25.06.2008.–P. 19-40
- 4 Directive 92 / 43 / EEC. Directive of the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora of 21 May 1992 // Official Journal of the European Union. – 21.05.1992. – 49 p.
- 5 Directive 2009 / 147 / EC. Directive of the European Parliament and of the conservation of wild birds of 30 November 2009 // Official Journal of the European Union. – 26.01.2010. – P. 7 - 25.
- 6 Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод: Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 ULR:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF>.
- 7 Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных обложений [Текст] : под общ.ред. А. В. Цыбань. –Л. : Гидрометеиздат, 1980. – С. 100-105
- 8 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: 20th Edition /By TÜFEKÇİ, TUBİTAK, MARMARA RESEARCH CENTER. – Washington: American Public Health Association, 1998. – P.10-62.

- 9 Методические основы комплексного экологического мониторинга океана [Текст] : под. общ. ред. А. В. Цыбань. - М. : Московское отделение Гидрометеоздат, 1988. – С. 185-200
- 10 ГОСТ 17.1.4.02-90–1990. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла - [Текст]. – Введ. 1990–07–09.– М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1990. – 25с.
- 11 Vollenveider R. A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale turbidity and generalized water quality index [Text] / R. A. Vollenveider, F. Giovanardi, G. Montanari, A. Rinaldi // *Enviromentrics*. – 1998. – № 9. – P. 329–357
- 12 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.
- 13 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.
- 14 Определитель фауны Черного и Азовского морей [Текст] : в 3т. / [под общ.ред. Ф.Д. Мордухай – Болтовского].– К. : Наукова думка, 1972. – Т. III. – Свободноживущие беспозвоночные.Членистоногие (кроме ракообразных), моллюски, иглокожие, щетинкочелюстные, хордовые.– 340 с.
- 15 Мурина В. В. Определитель пелагических личинок многощетинковых червей (Polychaeta) Чёрного моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – 67 с.
- 16 Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалохина. - М.: Товарищество научных изданий КМКб 2010. - 495 с., ил.
- 17 Сбор и обработка зоопланктона в рыбоводных водоёмах. Методическое руководство (с определителем основных пресноводных видов) / О.Е. Тевяшова - Ростов-на-Дону: ФГУП "АзНИРХ", 2009. - 84 с.

- 18 Копеподы Чёрного моря (А. Губанова, Д. Алтухов, 2009) / А. Губанова, Д. Алтухов; – 4SEAS. – Режим доступа : <http://4seas.at.ua/publ/1-1-0-6>. – 13.11.2017
- 19 Алимов А. Ф. - Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. с. 152
- 20 Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1975. – 247 с.
- 21 Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водоростей южных морей СССР. – М.-Л.: Наука, 1967. – 309 с.
- 22 Определитель низших растений / Под ред. Л. И. Курсанова.– М.: Советская наука, 1953. – 396 с.
- 23 Определитель высших растений Украины / Доброчаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др. – Киев: Наук. думка, 1987. – 548 с.
- 24 Todorova V. Manual for collection and treatment of soft bottom macrozoobentos samples[Text] / V.Todorova, T Konsulova. – Varna: Institute of Oceanology, Bulgarian Academy of Science, 2005. – 37 p.
- 25 Todorova V. Benthic metrics and their suitability for the assessment of the ecological status of coastal and transitional water [Text]/ V.Todorova // Macrozoobenthos Workshop in Varna : materials internat.science congres: (10-17 September 2005, Varna) /Institute of Oceanology Bulgarian Academy of Science. – Varna, 2005. – 17 p.
- 26 Киселева М. И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Черного и Азовского морей. [Текст] / М.И. Киселева. –Россия : Кольский научный центр РАН, 2004. – 409 с.
- 27 Высшие ракообразные [Текст] : под общ.ред. Ю.Н.Макарова. – Десятиногие ракообразные : сб. науч. тр. – К.,2004. – Вып. 1-2. – 429 с.
- 28 Теренько Г. В. Цветение *Aphanizomenon flos-aquae* (Linné) Ralfs ex Bornet et Flahault (Суанопрокариота) и *Nodularia spumigena* Mertens ex Bornet et Flahault (Суанопрокариота) в северо-западной части Черного моря в мае 2015 г.: Матер. междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2015. – С. 267-271.

- 29 Грандова М. А. К вопросу о цветении *Nodularia sputigena* в прибрежных водах одесского региона [Текст] / М. А. Грандова, С. П. Ковалишина, В. В. Украинский, Н. С. Калошина // зб. матеріалів конференції «Екологічні проблеми Чорного моря». – Одеса, 2010. – С. 317–320.
- 30 Ковалишина С.П. Цветение синезеленых водорослей в Одесском прибрежье (июль. 2010 г.) [Текст] / В.В. Украинский, В.Н. Сытов, И.П. Неверовский, М.А. Грандова, Н.С. Калошина // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. – Одесса, 2010. – №.1(11). – С. 109–115.
- 31 Порядок здійснення державного моніторингу вод: за станом на 19 вересня 2018 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. – 47 с.
- 32 Набокін М. В. Пропозиції щодо Доброго Екологічного Стану мішаних вод шельфу Чорного моря за показниками мезозoopланктону // Біологічні дослідження – 2019: збірник наукових праць. – Житомир: «Полісся», 2019. – С. 157-160.
- 33 Ланская Л. А. Культивирование водорослей [Текст] / Л. А. Ланская Экологическая физиология морских планктонных водорослей. - Киев, Наукова думка, 1971. – С. 5 – 21.
- 34 Семенова О. А. Оценка токсичности донных осадков озера Кугурлуй методом биотестирования [Текст] / О. А. Семенова, В. Л. Базелян // Причерноморский экологический бюлетень. - 2006. - № 3 - Часть.1. – С. 125 – 135.
- 35 Украинский В. В. Межгодовые изменения и тенденции в эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря [Текст] / В. В. Украинский, Н. Н. Гончаренко // Український гідрометеорологічний журнал. – 2010. – № 7. – С. 211–219.
- 36 Vollenveider R. A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale turbidity and generalized water quality index [Text] / F. Giovanardi, G. Montanari, A. Rinaldi // *Enviromentrics*. – 1998. – № 9. – P. 329–357.

- 37 Vollenveider R. A. Eutrophication of waters: monitoring assessment and control [Text] / R. A. Vollenveider, J. J. Kerekes. – Paris, 1982. – 154 p.
- 38 Тучковенко Ю. С. Оценка эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря [Текст] / Ю. С. Тучковенко, О. Ю. Сапко // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2006. – Вип. 2. – С. 224–227.
- 39 Moncheva S. Eutrophication index ((E) E-TRIX) – an operational tool for the Black Sea costal water ecological quality assessment and monitoring [Text] / S. Moncheva, V. Doncheva // International symposium : The Black Sea ecological problems SCSEO. – Odessa, 2000. – P. 178–185.
- 40 Andersen J.H. Getting the measure of eutrophication in the Baltic sea: towards improved assessment principles and methods [Text] / J.H. Andersen, P. Axe, H. Backer, J.Carstensen and other . // Biogeochemistry – 2011. – № 106. – P. 137–156.

ДОДАТОК А
КАРТА-СХЕМА ТОЧОК ВІДБОРА ПРОБ У ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ
ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ

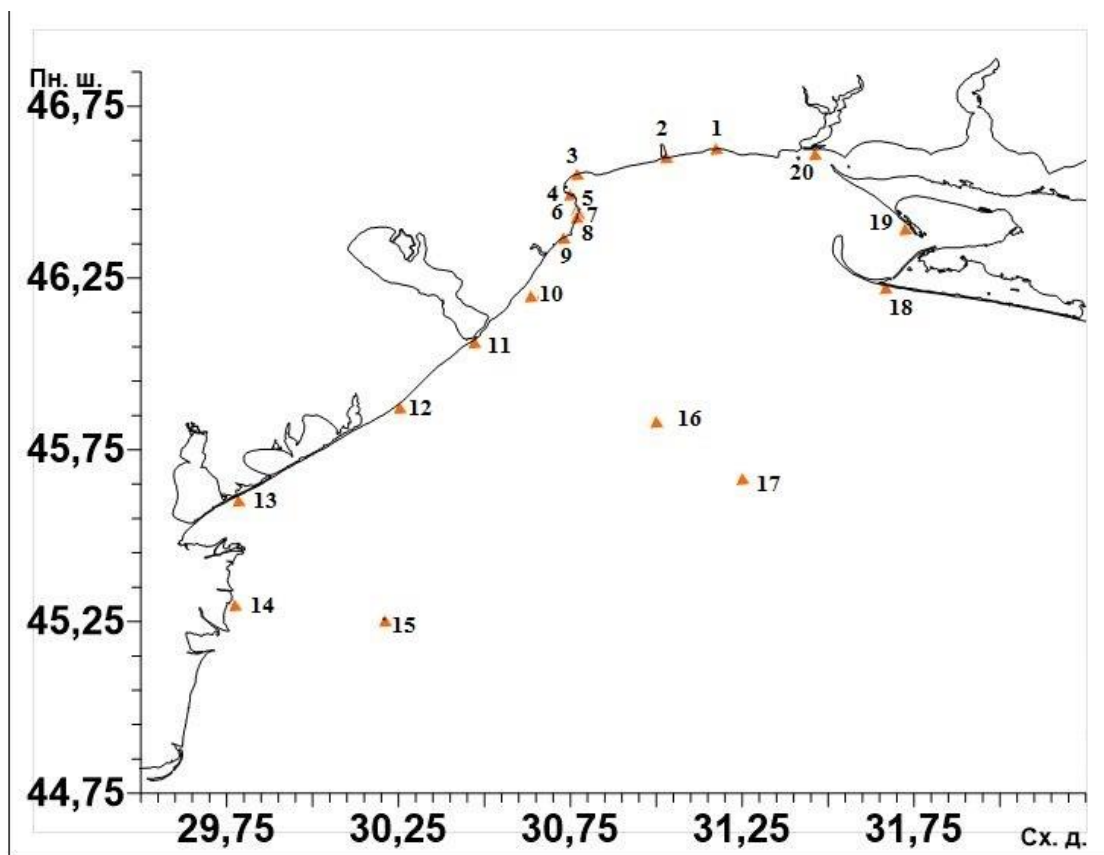


Рисунок А.1 – Карта – схема точок відбору гідробіологічних проб наПЗЧМ
(2019 рік)

ДОДАТОК В

СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ ФІТОПЛАНКТОНУ

Таблиця В - Список зареєстрованих видів фітопланктону в ПЗЧМ

| Відділ | Вид |
|------------------------------------|--|
| 1 | 2 |
| Bacillariophyta | <i>Achnantes brevipes</i> Ag. |
| | <i>Achnanthes delicatula</i> (Kutzing) Grunov |
| | <i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg |
| | <i>Amphipleura pellucida</i> (Kutz.) Kutz. |
| | <i>Amphora acutiuscula</i> Kutz. |
| | <i>Amphora angularis</i> Greg. |
| | <i>Amphora angusta</i> Gregory |
| | <i>Amphora caroliniana</i> Giffen |
| | <i>Amphora coffeaeformis</i> (Ag.) Kutz. |
| | <i>Amphora parvula</i> Proshkina-Lavrenko |
| | <i>Amphora proteus</i> (Greg.) Cl. |
| | <i>Amphora</i> spp. |
| | <i>Atteya decora</i> West |
| | <i>Attheya septentrionalis</i> (Oestr.) Craw. |
| | <i>Catacombas gaillonii</i> (Bory) D.M. Williams & Round |
| | <i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeby |
| | <i>Cerataulus smithii</i> Ralfs |
| | <i>Chaetoceros affinis</i> Laud. |
| | <i>Chaetoceros curvisetus</i> Cl. |
| | <i>Chaetoceros danicus</i> Cl. |
| | <i>Chaetoceros heterovalvatus</i> Pr.-Lavr. |
| | <i>Chaetoceros lacinosus</i> Schutt. |
| | <i>Chaetoceros minimus</i> (Levander) D. Marino et al. |
| | <i>Chaetoceros muelleri</i> Lemm. |
| | <i>Chaetoceros rigidus</i> Ostf. |
| | <i>Chaetoceros similis</i> Cl. |
| | <i>Chaetoceros similis f. solitarius</i> Pr.-Lavr. |
| | <i>Chaetoceros simplex</i> Ostf. |
| | <i>Chaetoceros socialis</i> Laud. |
| | <i>Chaetoceros</i> spp. |
| | <i>Chaetoceros subtilis</i> Cl. |
| | <i>Chaetoceros subtilis var. abnormis f. simplex</i> Pr.-Lavr. |
| | <i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier, 1913 |
| | <i>Chaetoceros trondsenii</i> Laud. |
| | <i>Chaetoceros wighamii</i> Brightw. |
| | <i>Cocconeis costata</i> Greg. |
| <i>Cocconeis scutellum</i> Ehr. | |
| <i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehr. | |
| <i>Cyclotella caspia</i> Grun. | |

Продовження таблиці В.1

| 1 | 2 |
|---|---|
| | |
| | <i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reim.et Lewin |
| | <i>Cymbella</i> spp. |
| | <i>Diatoma vulgare</i> Bory de Saint-Vincent |
| | <i>Ditylum brightwellii</i> (West.) Grun. |
| | <i>Leptocylindrus danicus</i> Cl. |
| | <i>Leptocylindrus minimus</i> Gran. |
| | <i>Licmophora dalmatica</i> (Kutz.) Grun. |
| | <i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kutz.) Grun. |
| | <i>Licmophora gracilis</i> (Ehr.) Grun. |
| | <i>Licmophora</i> sp. |
| | <i>Lioloma pacificum</i> (Cupp)Hasle |
| | <i>Melosira moniliformes</i> (O.Mull.) Ag. |
| | <i>Navicula cancellata</i> Donk. |
| | <i>Navicula grevillei</i> var. <i>remotiva</i> Pr-Lavr. |
| | <i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg |
| | <i>Navicula ostrearia</i> Turpin |
| | <i>Navicula pennata</i> f. <i>pontica</i> Pr-Lavr |
| | <i>Navicula</i> spp. |
| | <i>Nitzschia apiculata</i> Kutz. |
| | <i>Nitzschia punctata</i> Grun. |
| | <i>Nitzschia acicularis</i> Smith |
| | <i>Nitzschia hybrida</i> Grun. |
| | <i>Nitzschia sigma</i> (Kutz.) W.Sm. |
| | <i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cl. |
| | <i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Greg.)Reim. |
| | <i>Pleurosigma angulatum</i> (Ehr.) Cl. |
| | <i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg)Compere |
| | <i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sunst. |
| | <i>Pseudonitzschia pungens</i> Grun |
| | <i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (Cl.) Heid. et Kolbe |
| | <i>Pseudosolenia calcar avis</i> (Schul.) Sunst. |
| | <i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kutz.) Grun. |
| | <i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cl. |
| | <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun. |
| | <i>Striatella delicatula</i> (Kutz.) Grun. |
| | <i>Striatella interrupta</i> (Ehr.) Helb. |
| | <i>Striatella unipunctata</i> (Lyngb.) Ag. |
| | <i>Tabularia fasciculata</i> (Ag.) Will.et Round |
| | <i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun. |
| | <i>Thalassiosira aestivales</i> Gran. & Angst. |
| | <i>Thalassiosira baltica</i> Pr.-Lavr. |
| | <i>Thalassiosira nordenskioldii</i> Cleve |
| | <i>Thalassiosira parva</i> Pr.-Lavr. |

Продовження таблиці В.1

| 1 | 2 |
|---------------|--|
| | <i>Thalassiosira rotula</i> Mein. |
| | <i>Thalassiosira</i> spp. |
| Всього: | 84 |
| Chlorophyta | <i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Pr.-Lavr. |
| | <i>Chlamidomonas</i> sp. |
| | <i>Crucigenia</i> sp. |
| | <i>Desmodesmus communis</i> (Hegew.) Hegew |
| | <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood |
| | <i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchn.) Moeb. |
| | <i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsc.) Hind. |
| | <i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn. |
| | <i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg. |
| | <i>Nephrochlamis subsolitaria</i> (G.S.West) Korsch. |
| | <i>Oocystis borgei</i> Snow |
| | <i>Pterosperma jorgensii</i> Sch. |
| | <i>Raphidocelis danubiana</i> (Hind.) Marv. |
| | <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod. |
| | <i>Scenedesmus acuminatus</i> v. <i>bernardii</i> Hegew. |
| | <i>Scenedesmus costato-granulatus</i> Hind. |
| | <i>Tetraselmis gracilis</i> (Kylin) Butcher |
| | <i>Tetraselmis inconspicua</i> Sch. |
| Всього: | 18 |
| Choanozoa | <i>Bicosta spinifera</i> (Thronsen)Leadbeater,1978 |
| | <i>Diaphanoeca grandis</i> Ellis |
| Всього: | 2 |
| Сруптоphyta | <i>Hillea fusiformis</i> Sch. |
| | <i>Hillea</i> sp. |
| | <i>Plagioselmis prolonga</i> Butcher,1994 |
| | <i>Ochromonas oblonga</i> Cart. |
| Всього: | 4 |
| Суанобacteria | <i>Anabaena flos aquae</i> (Lyngb.) Bred. |
| | <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs |
| | <i>Aphanocapsa delicatissima</i> West&G.S.West |
| | <i>Cyanophyta</i> gen. sp. |
| | <i>Gloeocapsa minor</i> (Kutz.) Hollerb. |
| | <i>Gloeocapsa punctata</i> Nag. |
| | <i>Merismopedia glauca</i> (Ehr.) Nag. |
| | <i>Merismopedia minima</i> G.Beck. |
| | <i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz. |
| | <i>Microcystis</i> spp. |
| | <i>Nodularia spumigena</i> Anis. |
| | <i>Oscillatoria kisselevii</i> Anis. |
| | <i>Oscillatoria limnetica</i> Kutz. |
| | <i>Spirulina laxissima</i> West |

Продовження таблиці В.1

| 1 | 2 |
|--|--|
| | <i>Spirulina tenuissima</i> Kutz. |
| Всього: | 15 |
| Dinophyta | <i>Ceratium furca</i> (Ehr.) Clap.et Lach. |
| | <i>Dinophysis acuminata</i> Sch. |
| | <i>Dinophyta gen. Sp.</i> |
| | <i>Diplopsalis lenticula</i> |
| | <i>Glenodinium armatum</i> Lev. |
| | <i>Glenodinium pilula</i> (Ostf.) Sch. |
| | <i>Gymnodinium blax</i> Harr. |
| | <i>Gymnodinium najadeum</i> Sch. |
| | <i>Gymnodinium sp.</i> |
| | <i>Gymnodinium wulffii</i> Sch. |
| | <i>Gyrodinium cornutum</i> (Pouch.) |
| | <i>Gyrodinium sp.</i> |
| | <i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kof.et Sw. |
| | <i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehr.) Stein |
| | <i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge |
| | <i>Minuscula bipes</i> Pav. |
| | <i>Oblea rotunda</i> Clap.et Lach. |
| | <i>Peridiniopsis penardii</i> (Ehr.) Stein |
| | <i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Greg.)Reim. |
| | <i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abe et Dodge |
| <i>Prorocentrum micans</i> Ehren. | |
| <i>Prorocentrum minimum</i> Sch. | |
| <i>Protoperidinium crassipes</i> (Kof.) Balech | |
| <i>Protoperidinium pellucidum</i> (Bergh) Schutt | |
| <i>Protoperidinium sp.</i> | |
| <i>Protoperidinium steinii</i> Jorgen. | |
| <i>Scrippsiella trochoidea</i> (St.) Loeb.III. | |
| Всього: | 27 |
| Euglenozoa | <i>Eutreptia lanowii</i> Steuer |
| | <i>Trachelomonas spp.</i> |
| Всього: | 2 |
| Flagellata | <i>Flagellata gen. Sp.</i> |
| Всього: | 1 |
| Haptophyta | <i>Emiliana huxleyi</i> (Lohm.) Hay et Mohler |
| | <i>Haptophyta gen. Sp.</i> |
| | <i>Pontosphaera spp.</i> |
| Всього: | 3 |
| Chrysophyta | <i>Apedinella spinifera</i> (Trond.) Trond. |
| | <i>Chrysophyta gen. Sp.</i> |
| | <i>Dinobryon faculiferum</i> (T.Willen) T.Willen |
| | <i>Dinobryon balticum</i> (Schutt.) Lemm. |
| | <i>Dinobryon sertularia</i> Ehr. |

Кінець таблиці В.1

| 1 | 2 |
|------------------------------|---|
| | <i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohm. |
| | <i>Ollicola vangoorii</i> (W.Conrad) Vors |
| Всього: | 7 |
| Protozoa | <i>Ebria tripartita</i> (Schum.) Lemm. |
| | <i>Paulinella ovalis</i> Sunst. |
| Всього: | 2 |
| Загальна кількість видів: | 166 |

ДОДАТОК С
СПИСОК ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВИДІВ МАКРОЗООБЕНТОСУ

Таблиця С.1 - Список зареєстрованих видів макрозообентосу в ПЗЧМ

| № | Таксони |
|-----|--|
| | Annelida |
| 1. | <i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847) |
| 2. | <i>Amphitritides gracilis</i> (Grube, 1860) |
| 3. | <i>Aonides paucibranchiata</i> Southern, 1914 |
| 4. | <i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780) |
| 5. | <i>Dipolydora quadrilobata</i> Jacobi, 1883 |
| 6. | <i>Eulalia viridis</i> (Linnaeus, 1767) |
| 7. | <i>Genetyllis tuberculata</i> (Bobretzky, 1868) |
| 8. | <i>Glycera tridactyla</i> Schmarda, 1861 |
| 9. | <i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767) |
| 10. | <i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870) |
| 11. | <i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776) |
| 12. | <i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede, 1864) |
| 13. | <i>Lagis koreni</i> Malmgren, 1866 |
| 14. | <i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860) |
| 15. | <i>Melinna palmata</i> Grube, 1870 |
| 16. | <i>Mysta picta</i> (Quatrefages, 1866) |
| 17. | <i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818 |
| 18. | <i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867 |
| 19. | <i>Oligochaeta</i> sp. |
| 20. | <i>Oriopsis armandi</i> (Claparède, 1864) |
| 21. | <i>Pholoe inornata</i> Johnston, 1839 |
| 22. | <i>Phyllodoce maculata</i> (Linnaeus, 1767) |
| 23. | <i>Phyllodoce mucosa</i> Oersted, 1843 |
| 24. | <i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1834) |
| 25. | <i>Polydora cornuta</i> Bosc, 1802 |
| 26. | <i>Prionospio cirrifera</i> Wiren, 1883 |
| 27. | <i>Protodrilus flavocapitatus</i> (Uljanin, 1877) |
| 28. | <i>Pygospio elegans</i> Claparede, 1863 |
| 29. | <i>Salvatoria clavata</i> (Claparede, 1863) |
| 30. | <i>Scolecopsis (Parascolecopsis) tridentata</i> (Southern, 1914) |
| 31. | <i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776) |
| 32. | <i>Spirobranchus triqueter</i> (Linnaeus, 1758) |
| 33. | <i>Syllides longocirratu</i> s (Örsted, 1845) |
| 34. | <i>Terebellides stroemii</i> Sars, 1835 |
| 35. | <i>Vermiliopsis infundibulum</i> (Philippi, 1844) |
| | Cnidaria |
| 36. | <i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758) |
| 37. | <i>Obelia longissima</i> (Pallas, 1766) |

Продовження таблиці С. 1

| | |
|-----|--|
| 38. | <i>Sagartia elegans</i> (Dalyell, 1848) |
| 39. | <i>Sagartiogeton undatus</i> (Müller, 1778) |
| | Crustacea |
| 40. | <i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853) |
| 41. | <i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854) |
| 42. | <i>Apherusa bispinosa</i> (Bate, 1857) |
| 43. | <i>Apseudopsis ostroumovi</i> Bacescu & Carausu, 1947 |
| 44. | <i>Athanas nitescens</i> (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814]) |
| 45. | <i>Brachynotus sexdentatus</i> (Risso, 1827) |
| 46. | <i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814 |
| 47. | <i>Carcinus aestuarii</i> Nardo, 1847 |
| 48. | <i>Cardiophilus baeri</i> G.O. Sars, 1896 |
| 49. | <i>Cumopsis goodsir</i> (Van Beneden, 1861) |
| 50. | <i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813) |
| 51. | <i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829) |
| 52. | <i>Gastrosaccus sanctus</i> (Van Beneden, 1861) |
| 53. | <i>Iphinoe elisae</i> Băcescu, 1950 |
| 54. | <i>Iphinoe tenella</i> Sars, 1878 |
| 55. | <i>Liocarcinus holsatus</i> (Fabricius, 1798) |
| 56. | <i>Liocarcinus navigator</i> (Herbst, 1794) |
| 57. | <i>Melita palmata</i> (Montagu, 1804) |
| 58. | <i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853 |
| 59. | <i>Orchomene humilis</i> (Costa, 1853) |
| 60. | <i>Paramysis (Pseudoparamysis) pontica</i> Bacescu, 1940 |
| 61. | <i>Perioculodes longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868) |
| 62. | <i>Pestarella candida</i> (Olivi, 1792) |
| 63. | <i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769 |
| 64. | <i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761) |
| 65. | <i>Pisidia longimana</i> (Risso, 1816) |
| 66. | <i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1837) |
| | Echinodermata |
| 67. | <i>Amphiura stepanovi</i> Djakonov, 1954 |
| | Mollusca |
| 68. | <i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802) |
| 69. | <i>Abra nitida</i> (O. F. Müller, 1776) |
| 70. | <i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808) |
| 71. | <i>Acanthocardia paucicostata</i> (G. B. Sowerby II, 1834) |
| 72. | <i>Anadara inaequalis</i> (Bruguière, 1789) |
| 73. | <i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778) |
| 74. | <i>Calyptraea chinensis</i> (Linnaeus, 1758) |
| 75. | <i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789) |
| 76. | <i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758) |
| 77. | <i>Gastrana fragilis</i> (Linnaeus, 1758) |

Кінець таблиці С.1

| | |
|------|---|
| 78. | <i>Gibbomodiola adriatica</i> (Lamarck, 1819) |
| 79. | <i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803) |
| 80. | <i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805) |
| 81. | <i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803) |
| 82. | <i>Loripes orbiculatus</i> Poli, 1791 |
| 83. | <i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758) |
| 84. | <i>Mya arenaria</i> Linnaeus, 1758 |
| 85. | <i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791) |
| 86. | <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819 |
| 87. | <i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791) |
| 88. | <i>Parvicardium simile</i> (Milaschewitsch, 1909) |
| 89. | <i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795) |
| 90. | <i>Polittapes aureus</i> (Gmelin, 1791) |
| 91. | <i>Pusillina lineolata</i> (Michaud, 1830) |
| 92. | <i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846) |
| 93. | <i>Retusa truncatula</i> (Bruguère, 1792) |
| 94. | <i>Retusa umbilicata</i> (Montagu, 1803) |
| 95. | <i>Rissoa parva</i> (da Costa, 1778) |
| 96. | <i>Spisula subtruncata</i> (da Costa, 1778) |
| | Nemertea |
| 97. | <i>Nemertea sp.</i> |
| | Phoronida |
| 98. | <i>Phoronis euxinicola</i> Selys-Longchamps, 1907 |
| | Platyhelminthes |
| 99. | <i>Platyhelminthes sp.</i> |
| | Porifera |
| 100. | <i>Porifera sp.</i> |
| | Tunicata |
| 101. | <i>Asciella aspersa</i> (Muller, 1776) |
| 102. | <i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1766) |
| 103. | <i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1767) |