

УДК 556.11, 502.2.08; 504.423
КП 70.03.07
№ держреєстрації 0126U002517
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІКИ, ДОВКІЛЛЯ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ
НДУ “УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ” (УКРНЦЕМ)
65009, м. Одеса, Французький бульвар, 89. тел. (094) 9468721
e-mail: accem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор УкрНЦЕМ,
канд. геогр. наук, доцент



Олег ГРИБ
2025 року

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

ПІДГОТОВКА ЗВІТІВ РЕГІОНАЛЬНОГО АКТИВНОГО ЦЕНТРУ ПО
МОНІТОРИНГУ ТА ОЦІНЦІ ЗАБРУДНЕННЯ У ФОРМАТІ СЕКРЕТАРІАТУ
ЧОРНОМОРСЬКОЇ КОМІСІЇ ЗА 2024 Р.

Науковий керівник НДР:
заступник директора з науки,
канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.

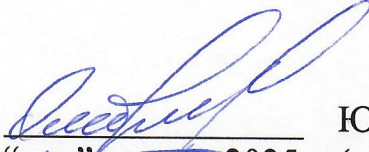
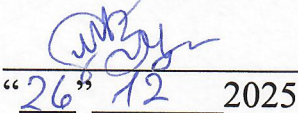
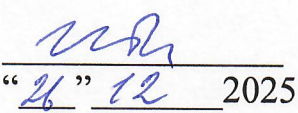
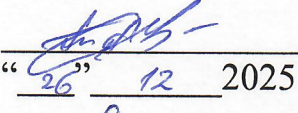
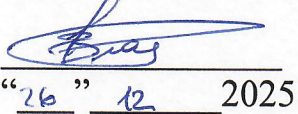
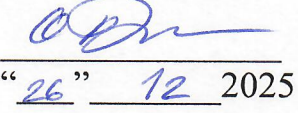
Віктор КОМОРИН

2025

Рукопис закінчено 26 грудня 2025 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ,
протокол № 9 від 30 грудня 2025

СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальні виконавці: Начальник відділу аналітичних досліджень та організації моніторингу (ВАДтаОМ)	 "26" 12 2025	Ю.В. Олейнік (розділ 1, 2, 3, 6)
В.о. ученого секретаря	 "26" 12 2025	О.В. М'яснікова (розділ 6)
В.о. начальника відділу наукових досліджень та охорони морських біоценозів	 "26" 12 2025	І.П. Трет'як (розділ 4)
Виконавці: Начальник відділу аналізу морських екосистем та антропогенного навантаження - начальник Морського інформаційного аналітичного центру (МІАЦ)	 "26" 12 2025	А.С. Тітяпкин (розділ 2, 5)
Начальник відділу інформаційних систем	 "26" 12 2025	О.В. Лепьошкін (картографічний матеріал)
Н.с. сектору геоінформаційного аналізу відділу інформаційних систем	 "26" 12 2025	О.С. Братченко (картографічний матеріал, нормоконтроль)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 59 с., 36 рис., 22 табл., 2 джерела.

ЧОРНОМОРСЬКИЙ РЕГІОН, МОРСЬКА АКВАТОРІЯ, МЕТОДИ,
ПАРАМЕТРИ ЗАБРУДНЕННЯ, ІНДИКАТОРИ, ЕКОЛОГІЧНІ НОРМАТИВИ,
РЕГІОНАЛЬНА БАЗА ДАНИХ

Об'єкт дослідження – морське середовище Чорного моря в межах морської економічної зони України.

Мета досліджень: оцінка стану та тенденції його змін для визначення основних першочергових заходів щодо зменшення антропогенного впливу на морське середовище.

В 2024 році, в умовах воєнного часу, виконано дослідження 64 відборів проб з прибережних станцій моніторингу Чорного моря.

В звіті представлений сучасний стан гідрохімічного режиму і евтрофікації вод за даними моніторингових спостережень. Проведені розрахунки індексу трофності морських вод Одеської затоки. Визначено рівень забруднення різних об'єктів морського середовища (води, донних відкладень) пріоритетними токсичними речовинами. Виконана оцінка стану гідробіологічної спільноти (фітопланктон, зоопланктон, зообентос) досліджених районів.

ЗМІСТ

	С.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	5
ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ.....	9
1.1 Кількість експедицій, виконаних для моніторингу та оцінки забруднення в 2024 році.....	9
1.2 Кількість станцій (місця відбору, карта).....	10
1.3 Перелік параметрів моніторингу.....	11
1.4 Презентація даних.....	12
1.5 Гарантія якості та організація контролю якості в залучених лабораторіях.....	12
1.6 Імена авторів щорічної доповіді.....	13
1.7 Участь у міжнародних конференціях, семінарах і зустрічах у 2024 році	13
2 СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА ГІДРОФІЗИЧНИМИ ТА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ.....	16
3 ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ДАНИМИ 2024 РОКУ....	19
3.1 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом токсичних металів	21
3.2 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом органічних забруднювачів сільськогосподарського походження.....	23
3.3 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом органічних забруднювачів промислового походження	25
3.4 Оцінка вмісту нафтових вуглеводнів в морській воді в досліджуваних водних тілах Чорного моря	28
3.5 Аналіз змін екологічного стану об'єктів Чорного моря за вмістом забруднюючих речовин	30
4 ОЦІНКА БІОРІЗНОМАНІТТЯ І ПРИБЕРЕЖНИХ СПІЛЬНОТ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ЧОРНОМОРСЬКОГО РЕГІОНУ ЗА ДАНИМИ 2024 РОКУ.....	32
4.1. Фітопланктон.....	32
4.2. Хлорофіл <i>a</i>	34
4.3. Зоопланктон.....	36

4.4. Макрозообентос.....	39
4.5. Макрофітобентос.....	41
4.6. Мікрофітобентос.....	43
5 ЕВТРОФІКАЦІЯ.....	46
6 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ЧОРНОГО МОРЯ.....	50
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	57
ДОДАТОК А.....	58

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- БСК5 – біохімічне споживання кисню;
- ВАДтаОМ – відділ аналітичних досліджень та організації моніторингу;
- ГДК – гранично допустимі концентрації;
- ГЕС - гідроелектростанція;
- ГМС – гідрометеослужба;
- ГХБ – гексахлорбензол;
- α -ГХЦГ – α гексахлорциклогексан;
- β -ГХЦГ – β гексахлорциклогексан;
- д/в – донні відкладення;
- ДДТ – р,р-діхлордіфенілтрихлоретан;
- ДДД – діхлордіфенілдіхлоретан;
- ДДЕ – діхлордіфенілдіхлоретілен;
- ДЕС – добрий екологічний стан;
- ЕН – екологічний норматив;
- ЕСК - Екологічний Статус Класу;
- ЄС – європейський союз;
- ЗР – забруднююча речовина;
- Кз - коефіцієнт забруднення;
- МІАЦ – морський інформаційно-аналітичний центр;
- НВ – нафтові вуглеводні;
- НДР – науково-дослідна робота;
- опс – одиниця практичної солоності;
- ОЗПП – органічних забрудників промислового походження;
- ОЗСП – органічних забрудників сільськогосподарського походження;
- ПАВ – поліциклічні ароматичні вуглеводні;
- ПЗЧМ – північно-західна частина моря;
- ПЗШ ЧМ – північно-західний шельф Чорного моря;

ПХБ – поліхлорбіфеніли;

РБД-3 – регіональна база даних по забрудненню;

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини;

ТМ – токсичні метали;

УкрНЦЕМ– Український науковий центр екології моря;

ХОП – хлорорганічні пестициди;

ЧМ – Чорне море;

ЧМК – Чорноморська Комісія;

АССОВАМС – Угода про Збереження Китоподібних у Чорному та Середземному морях;

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

BRIDGE-BS – проект «Advancing Black Sea Research and Innovation to Co-Develop Blue Growth within Resilient Ecosystems - Просування чорноморських досліджень та інновацій для спільного розвитку блакитного зростання в стійких екосистемах»;

BSIMAP – Чорноморська Програма Комплексного Моніторингу та Оцінки;

BSIS - Чорноморська інформаційна система;

CW – Coastal water (Прибережна вода) - райони водних масивів

DIN – сума розчинених мінеральних форм азоту;

DIP – фосфор фосфатний; мінеральні форми фосфору;

EAC – критерії екотоксикологічної оцінки (*ecotoxicological assessment criteria*);

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

EQR - Відносна екологічна якість;

MAC-EQS - гранично допустимій концентрації екологічного стандарту якості відповідно директиві ЄС 2013/39/EU (*maximum allowable concentration – ecological quality standard*);

MSFD - Рамкова Директива про морську стратегію;

(*S_{sp}*) - відсоток чутливих видів;

(SI_{ph}) - Індекс поверхні фітоценозу;

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

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

TP – фосфор загальний;

TRIX – індекс трофності вод;

WFD - Водна рамкова директива.

ВСТУП

Метою науково-дослідної роботи (НДР) є підтримка системи моніторингу морського середовища в 2024 році, яка була спрямована на вивчення основних екологічних проблем Чорного моря – евтрофікації вод та хімічного забруднення морського середовища.

Український науковий центр екології моря (УкрНЦЕМ) є Регіональним Активним Центром з моніторингу та оцінки забруднення Чорного моря і на постійній основі здійснює науковий і інформаційний зв'язок з регіональними центрами з моніторингу і оцінки забруднення Чорного моря держав Чорноморського регіону і Секретаріату Чорноморської Комісії для обміну і координації заходів по впровадженню Стратегічного плану дій з відновлення і захисту Чорного моря (BS-SAP). Регіональний екологічний моніторинг в Чорному морі здійснюється в рамках комплексного моніторингу Чорного моря та Програми оцінки, який реалізований Чорноморською комісією (ЧМК) з 2000 року і адресований на визначення основних транскордонних екологічних проблем в регіоні Чорного моря.

До Секретаріату Стамбульської Комісії представлений Звіт про виконання національної частини програми регіонального моніторингу забруднення вод Чорного моря у 2024 році.

1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

1.1 Кількість експедицій виконаних для моніторингу та оцінки забруднення в 2024 році

Впродовж 2024 року, внаслідок воєнних дій та воєнного стану, стандартний екологічний моніторинг в межах виключної морської економічної зони України, включно з районом узмор'я Дунаю та водами відкритих морів, не проводився. Тож до Звіту включено результати та дослідження якості морських вод у пробах, відібраних спеціалістами на двох станціях регулярного комплексного моніторингу водного об'єкта CW5 у районі «Мис Малий Фонтан» та в районі «Чорноморського яхт-клубу». (Рисунок 1.1).

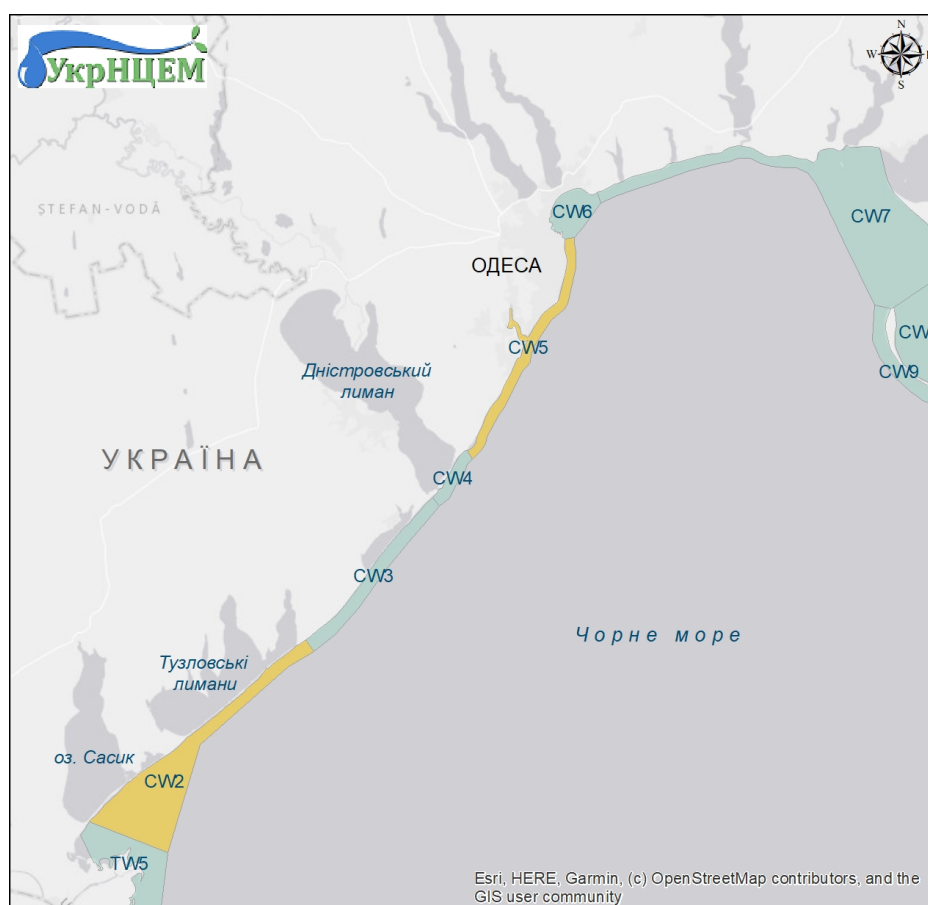


Рисунок 1.1 – Райони відбору проб

1.2 Кількість станцій (місця відбору, карта)

Мережа станцій екологічного моніторингу Чорного моря в 2024 році включає 2 станції. Опис цих станцій представлений в таблиці 1.1. Місця розташування станцій представлені на рисунку 1.2.

Таблиця 1.1 – Українські станції у 2024 році

н/п	Номер станції	Широта	Довгота	Місце розташування
1	1	46°26.306'	30°46.350'	Мис Малий Фонтан
2	1	46°27.588'	30°45.921'	Чорноморський яхтклуб

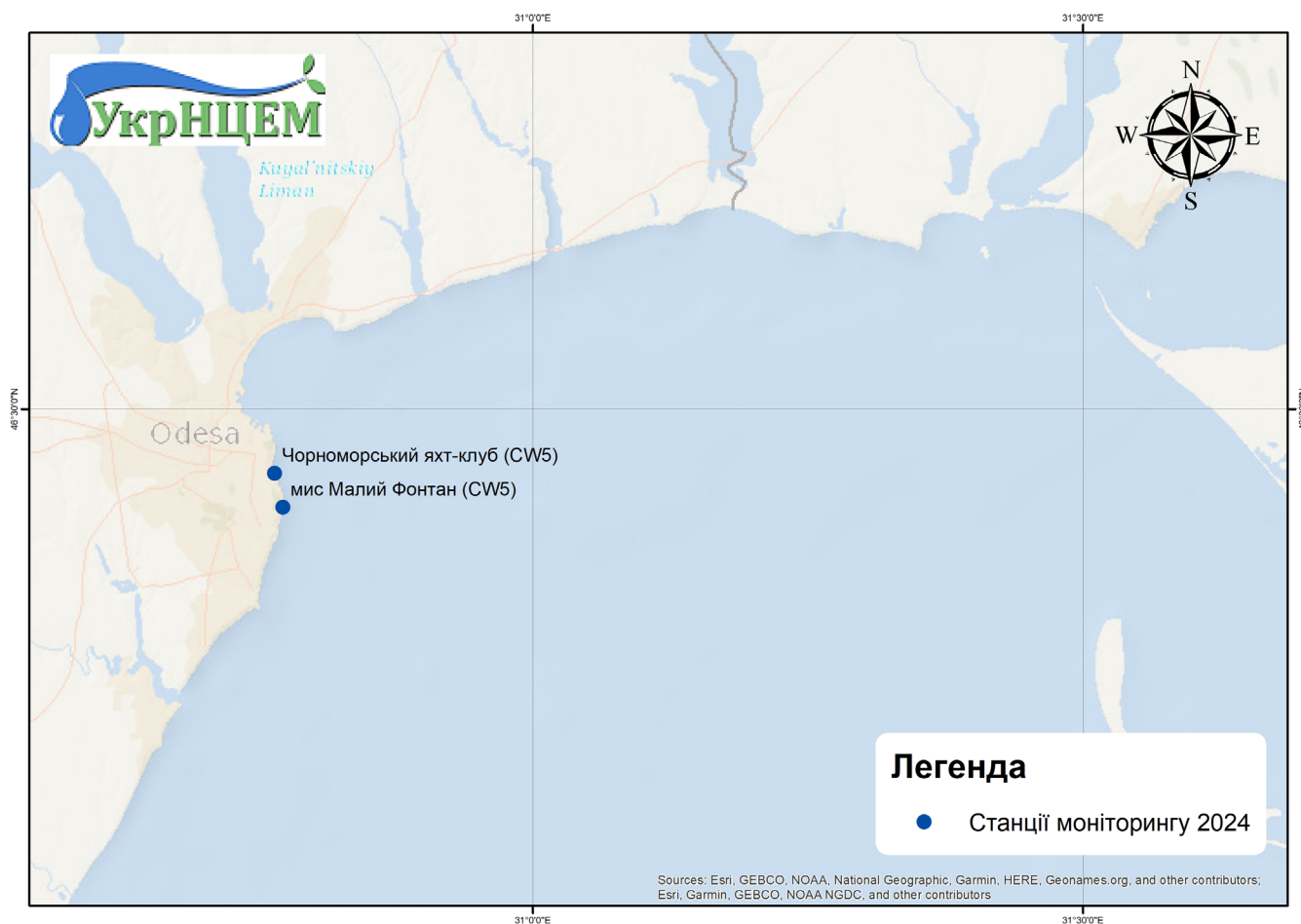


Рисунок 1.2 – Станції екологічного моніторингу УкрНЦЕМ у 2024 році

1.3 Перелік параметрів моніторингу

Перелік параметрів моніторингу та кількість виконаних проб у порівнянні з 2023 роком представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Кількість проб на підставі даних моніторингу в 2024 та 2023 роках

Параметр	Кіл-ть проб		Параметр	Кіл-ть проб		Параметр	Кіл-ть проб			
	2023 р.	2022 р.		2023 р.	2022 р.		2023 р.		2022 р.	
Гідрохімічні (вода)			Метали (вода)			ПАВ¹⁾				
Температура	63	31	Fe	7	5	Нафталін	0	0	8	0
Солоність	61	25	Mn	0	0	Аценафтілен	0	0	8	0
Водневий показник рН	63	31	Zn	7	5	Флуорен	0	0	8	0
Розчинений кисень (O ₂)	63	31	Co	7	5	Аценафтен	0	0	8	0
Завислі речовини	0	0	As	7	5	Фенантрен	0	0	8	0
Прозорість	0	0	Hg	7	5	Антрацен	0	0	8	0
БСК ₅ ²⁾	63	31	Cu	7	5	Флуорантен	0	0	8	0
Сорг. ³⁾	0	0	Cd	7	5	Пірен	0	0	8	0
Сірководень	0	0	Pb	7	5	Бензо[а]антрацен	0	0	8	0
Фосфати	58	31	Ni	7	5	Хризен	0	0	8	0
Фосфор загальний	61	31	Cr	7	5	Бенз(б)флуорантен	0	0	8	0
Азот амонійний	63	31	Al	0	0	Бенз(к)флуорантен	0	0	8	0
Азот нітритний	58	31	Інші органічні забруднювачі (вода)			Бенз[а]пірен	0	0	8	0
Азот нітратний	61	31	Феноли	0	0	Дибензо[а,h]антрацен	0	0	8	0
Загальний азот	63	31	СПАР ⁴⁾	0	0	Індено(1,2,3-с,d)пірен	0	0	8	0
Кремній	63	31	Сума НВ ⁵⁾	22	0	Бензо[ghi]перилен	0	0	8	0
Метали (д/в)			ПХБ⁷⁾ сум. (вода)			ХОП⁶⁾				
Zn	0	2	Ag-1254 ¹⁴⁾	0	0	ДДТ ⁸⁾	7	0	8	0
Co	0	2	Ag-1260 ¹⁵⁾	0	0	ДДД ⁹⁾	7	0	8	0
As	0	2	ПХБ (35 шт.)	7	8	ДДЕ ¹⁰⁾	7	0	8	0
Hg	0	2	ПХБ сум. (д/в)			Ліндан	7	0	8	0
Cu	0	2	Ag-1254 ¹³⁾	0	0	α-ГХЦГ ¹¹⁾	7	0	8	0
Cd	0	2	Ag-1260 ¹⁴⁾	0	0	β-ГХЦГ ¹²⁾	7	0	8	0
Pb	0	2	ПХБ (21 шт.)	0	0	ГХБ ¹⁵⁾	7	0	8	0
Ni	0	2	Інші органічні забруднювачі (д/в)			Гептахлор	7	0	8	0
Al	0	2	Феноли	0	0	Альдрін	7	0	8	0
Fe	0	2	Сума НВ	0	0	Дільдрін	7	0	8	0
Cr	0	2	Сорг.	0	0	Ендрін	0	0	0	0

Кінець таблиці 1.2

- 3) Вуглець органічний.
- 4) Синтетичні поверхнево-активні речовини.
- 5) Нафтові вуглеводи.
- 6) Хлорорганічні пестициди.
- 7) Поліхлорбіфеніли.
- 8) р,р-діхлордіфенілтрихлоретан.
- 9) Діхлордіфенілдіхлоретан.
- 10) Діхлордіфенілдіхлоретілен.
- 11) α гексахлорциклогексан.
- 12) β гексахлорциклогексан.
- 13) Стандартна суміш індивідуальних ПХБ з ПХБ-16 по ПХБ-65.
- 14) Стандартна суміш індивідуальних ПХБ з ПХБ-28 по ПХБ-73.
- 15) Гексахлорбензол.

1.4 Презентація даних

Дані були представлені в Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України та в Постійний Секретаріат ЧМК.

1.5 Гарантія якості та організація контролю якості в залучених лабораторіях

Короткий опис процедур контролю якості, які зазвичай застосовуються в лабораторії:

- використання високоякісних аналітичних стандартів для калібрування приладів;
- використання високоякісного посуду зі скла, кислот та інших реагентів і обладнання;
- процедура калібрування і коригування вимірювальних приладів та підтримка безперервних записів цих калібрувань;

- процедура виконання аналізу холостих проб та проб з добавками;
- використання сертифікованих еталонних матеріалів та будування графіків контролю якості;
- використання дублюючих проб;
- участь в заходах з перевірки кваліфікації.

1.6 Імена авторів щорічної доповіді

Автори щорічної доповіді: В. Коморін, Ю. Олейнік, І. Трет'як, О. М'яснікова, А. Тітяпкін, графічні матеріали О.Лепьошкін.

1.7 Участь у міжнародних конференціях, семінарах і зустрічах у 2024 році

Наукові співробітники УКРНЦЕМ брали участь в конференціях, симпозіумах та робочих нарадах, значна частина яких, внаслідок воєнного стану, проходила в онлайн-режимі:

1) Участь у навчальному курсі «Global Teaching Academy OceanTeacher: Основні елементи системи управління якістю даних для NODC та ADU», 16-18 січня 2024 р. у м. Остенде, Бельгія у UNESCO/IOC Project Office IODE;

2) Участь у EFFECTIVE CONSORTIUM MEETING (Засідання Консорціум Проєкту EFFECTIVE) та Nature – Based Solutions Summit (Саміт по природоорієнтованим рішенням), організованих в рамках Проєкту №101112752 EFFECTIVE «Підвищення соціального добробуту та економічного процвітання шляхом посилення ефективності управління охороною та відновленням середземноморських природоохоронних територій», 27-28 лютого 2024 р. у м.

Картахена, Іспанія;

3) Участь у саміті Конференції Десятиліття океану 2024 року (2024 Ocean Decade Conference), 06-16 квітня 2024 р. у м. Барселона, Іспанія;

4) Участь у заключному заході ENI CBC Програми Чорноморського басейну, 5.06.2024 р. у м Константа, Румунія;

5) Участь у заході високого рівня «Занурені у зміни», 7-8 червня 2024 у Коста-Риці;

6) Участь у 57-ій сесії Виконавчої Ради Міжурядової океанографічної комісії ЮНЕСКО, 23-30 червня 2024 р., у м. Париж, Франція;

7) Участь у Генеральній Асамблеї в рамках проекту BRIDGE-BS 18-20 вересня 2024 р. в м. Тбілісі, Грузія;

8) 19 вересня 2024 року доповідь-презентація «Моніторинг стану довкілля Одеського прибережжя за методами біотестування та біоіндикації» на ІХ з'їзді Гідроекологічного товариства України (Дніпро, 18-20 вересня 2024 р) в режимі онлайн-конференції у роботі секції «Моніторинг та методи оцінки водних екосистем у контексті змін законодавства і нормативної бази України»;

9) Участь у слуханнях арбітражного трибуналу, створеного відповідно до Додатку VII до Конвенції ООН з морського права 1982 року, стосовно спору між Україною та російською федерацією щодо прав прибережної держави в Чорному та Азовському морях та у Керченській протоці, 22-29 вересня 2024 р, у м. Гаага, Королівство Нідерланди;

10) В. 2 жовтня 2024 року онлайн доповідь-презентація «Мікрофітобентос як універсальний біоіндикатор якості морського довкілля Одеського прибережжя» на XV з'їзді Українського ботанічного товариства (Івано-Франківськ, 30 вересня – 4 жовтня 2024) у роботі секції «Альгологія та бріологія»;

11) Участь у 6-ій Сесії групи експертів з розвитку потенціалу Міжурядової океанографічної комісії ЮНЕСКО (МОК), 20-26 жовтня 2024 р., у м. Брюссель, Бельгія;

12) Участь у зустрічі експертів «Майбутнє моніторингу морського біорізноманіття в Європі», 03-09 листопада 2024р. у м. Сітжес, Іспанія;

13) Участь у Шостій Всеукраїнській науково-практичній конференції «Євроінтеграція екологічної політики України» 06.11.2024 р.;

14) Участь у XXII міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» 20-22.11.2024 р.;

15) Участь у Шостій Всеукраїнській науково-практичній Конференції «ЄВРОІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ» 06 листопада 2024 р. м.Одеса Одеський національний університет ім. І.І. Мечнікова;

16) Участь у щорічній конференції Європейського китового товариства (О'Грове, Іспанія, 2023; Катанія, Італія, 2024), доповіді; 15 і 16 сесії Наукового комітету АССОВАМС (Туніс, 2023; Барселона, 2024), надання пропозицій і довідок до порядку денного; нарада АССОВАМС і Секретаріату Чорноморської комісії у Стамбулі 6-7-.03.2024; підготовка рішень.

Перелік наукових публікацій співробітників УкрНЦЕМ в 2024 році наведений у Додатку А.

2 СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА ГІДРОФІЗИЧНИМИ ТА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Зміни клімату у останні десятиріччя посилюють негативні екологічні прояви антропогенного впливу на морське середовище. Насамперед це стосується північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ).

Зміни клімату, здебільшого, проявляються як в підвищенні температури повітря, так і температури морської води, що особливо помітно на прикладі ПЗЧМ з 90-х років минулого сторіччя (рис. 2.1).

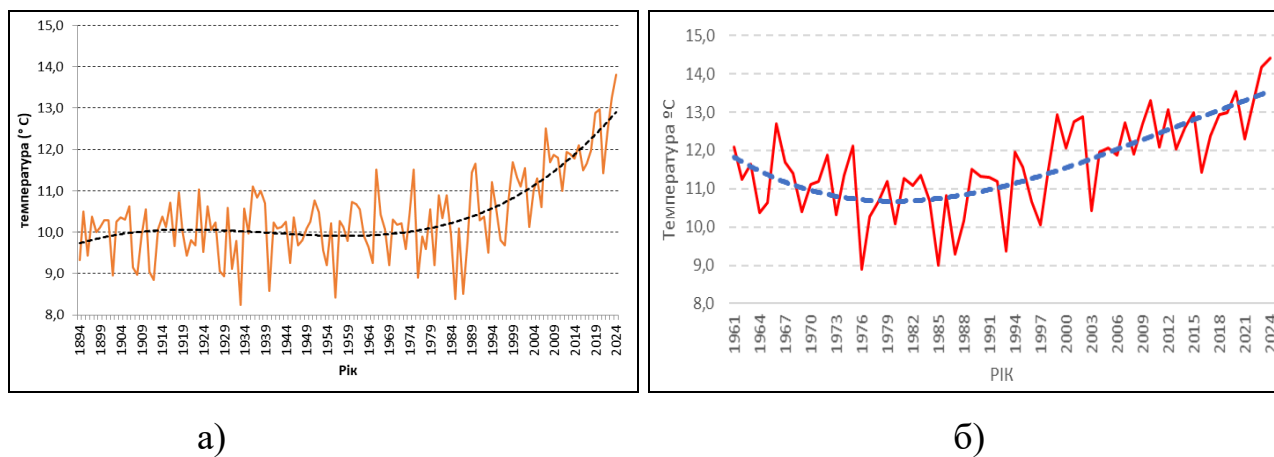


Рисунок 2.1 – Багаторічна мінливість середньої річної температури повітря на ПЗЧМ (а) та морської води (б) за даними багаторічних спостережень ГМС «Одеса-порт»

У 2024 році середня температура води за даними ГМС «Одеса-порт» становила 14,5 °С, температура повітря – 13,8 °С. За останні десять років в результаті цього тренду тривалість льодового періоду зменшилася на 1,5-3 декади. Восстанє лід біля берегів Одеси, за даними спостережень ГМС «Одеса-Порт», фіксувався у лютому 2018 року.

За 2024 рік випало 552 мм осадків при нормі 462 мм.

На режим солоності поверхневих вод, особливо на мілководному шельфі, значно впливає річковий стік, атмосферні опади, температурний і вітровий режими, які формують циркуляцію і перенесення вод. Лінійний тренд на

рисунку 2.2 демонструє зниження солоності зі швидкістю $-0,02$ одиниць практичної солоності (опс) на рік.

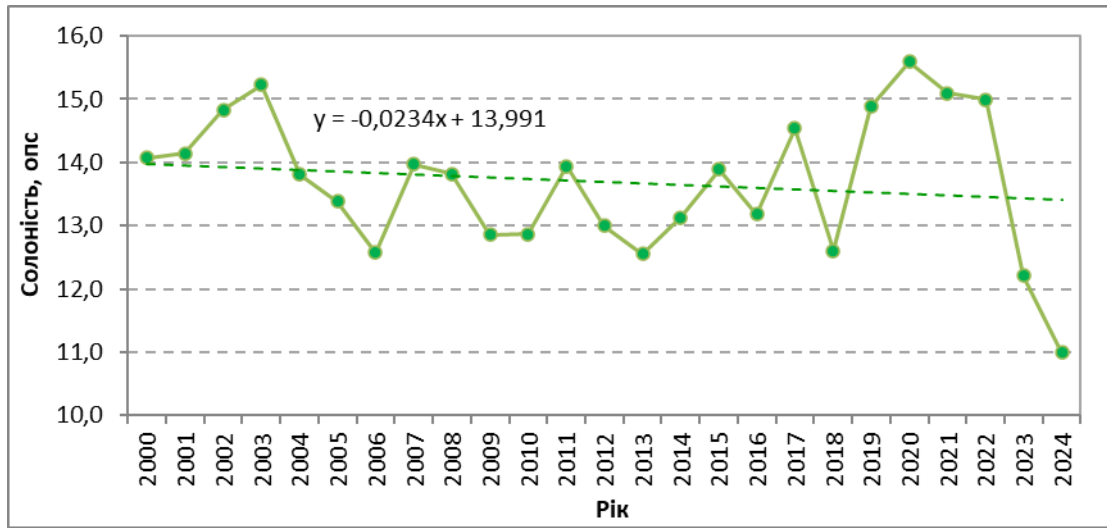


Рисунок 2.2 – Мінливість солоності у XXI столітті за даними спостережень ГМС «Одеса-порт»

Середня солоність морської води за даними ГМС «Одеса-порт» у 2024 році склала 10,8 опс. при тридцятирічній нормі 13,95 опс. Таке зниження солоності зумовлене насамперед руйнуванням дамби Каховської ГЕС у червні 2023 року. Ця аварія на Каховській ГЕС суттєво вплинула на екологічну ситуацію морського середовища ПЗЧМ.






3 ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ДАНИМИ 2024 РОКУ

Стан морської води оцінювався за такими забруднюючими речовинами як: токсичні метали (ТМ), хлорорганічні пестициди (ХОП), поліхлоровані біфеніли (ПХБ) та поліароматичні вуглеводні (ПАВ).

Оскільки проведенню моніторингових досліджень в Чорному морі суттєво перешкоджало проведення бойових дій, викликаних агресією російської федерації, дослідження проводились в районі CW5 з дотриманням заходів безпеки.

Шкала оцінки екологічного стану морської води в прибережних водних масивах за коефіцієнтом забруднення (Кз), відповідно до «Морської природоохоронної стратегії України», підрозділяється на п'ять класів (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Стан якості прибережних водних масивів за вмістом забруднюючих речовин

Стан якості водних масивів	Показник Кз забруднюючої речовини в морській воді	Стан якості у колірному позначенні
Відмінний	$\leq 0,5$	
Добрий	$>0,5$ та $\leq 1,0$	
Задовільний	$>1,0$ та $\leq 2,5$	
Посередній	$>2,5$ та $\leq 5,0$	
Поганий	$>5,0$	

Водні масиви Чорного моря оцінюються по районах розподілу відкритої частини моря на західну та центральну частини, північно-західні райони Криму, райони шельфу та прибережні райони «Перехідних вод» та «Прибережних вод» визначених довідковому посібнику «Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря» [1]

відповідно до Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС (WFD) [2] (Рисунок 3.1).

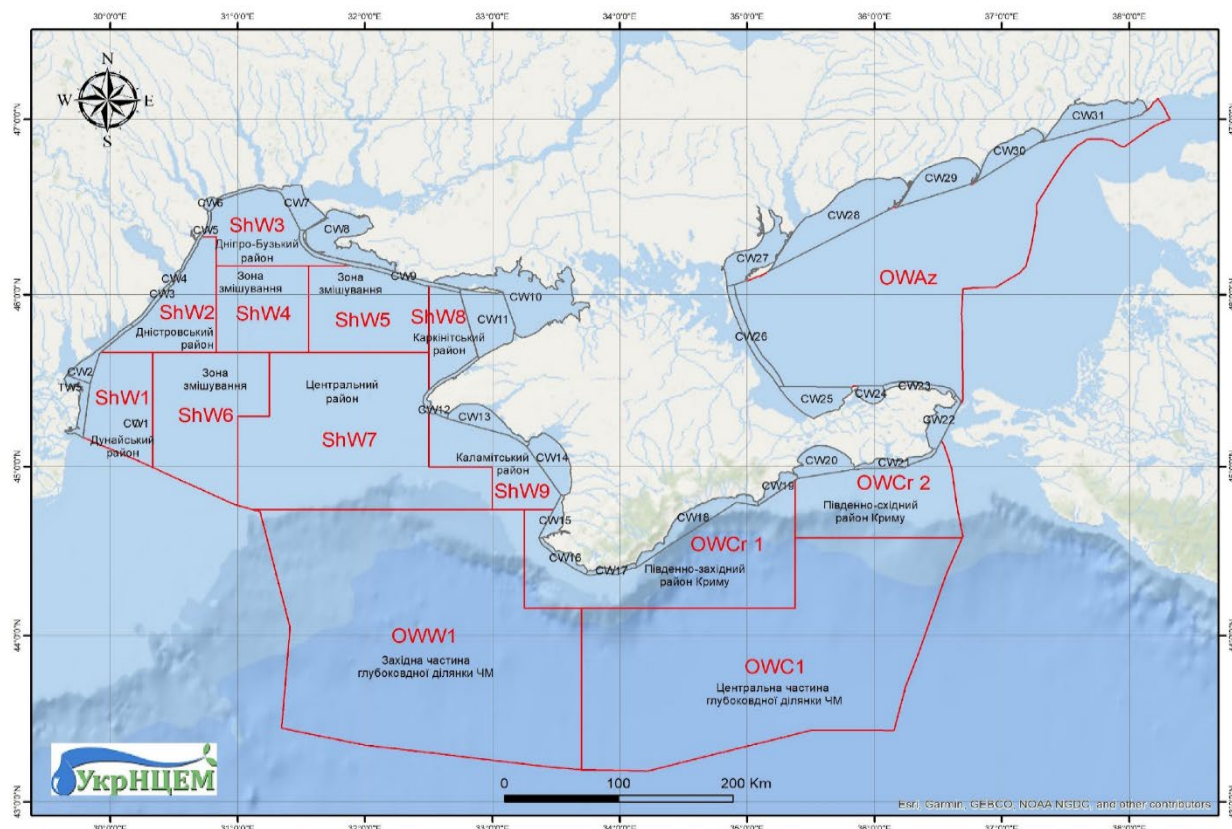


Рисунок 3.1 – Райони водних масивів Чорного та Азовського морів України

Шкала екологічної оцінки шельфових водних масивів та водних масивів відкритого моря за показником K_3 підрозділяється на два класи, що відповідають доброму екологічному стану (ДЕС) та не відповідають ДЕС (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Стан якості шельфових водних масивів та водних масивів відкритого моря за вмістом забруднюючих речовин

Стан якості водних масивів	Показник K_3	Стан якості у колірному позначенні
	Забруднюючі речовини в морській воді	
Добрий стан, ДЕС	$\leq 1,0$	ДЕС
Недобрий стан, не ДЕС	$> 1,0$	не ДЕС

В 2024 році екологічний моніторинг забруднюючих речовин проводився в водному тілі CW5 за координатами наведеними в таблиці 1.1 та рисунку 1.2.

3.1 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом токсичних металів

В таблиці 3.3 наведені середні концентрації ТМ в дослідженому водному тілі Чорного моря у 2024 році.

Таблиця 3.3 – Середні концентрації токсичних металів в Чорному морі у 2024 році.

	Cd	Hg	Pb	Ni	Cr	As	Co	Cu	Zn
Район	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л
CW5	0,07	0,010	0,68	0,24	0,24	0,07	0,12	1,79	3,94

Як видно із таблиці 3.3, в поверхневому шарі морської води в значних концентраціях присутні такі метали як мідь та цинк. Для північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ), в межах територіальних вод України, високі концентрації цих металів є типовими, але вони мають вплив на загальну оцінку екологічного стану морської води.

За даними виконаного аналізу вмісту ТМ в морській воді у 2024 році, статус прибережного водного масиву CW5 відповідає дуже поганому екологічному стану. В таблиці 3.4 та на рисунку 3.2 представлені значення Кз для ртуті (Hg), кадмію (Cd), свинцю (Pb), нікелю (Ni), хрому (Cr), миш'яку (As), кобальту (Co), міді (Cu), цинку (Zn) та значення Кз в цілому для ТМ в поверхневому шарі води. Оцінка екологічного стану проводилась згідно директиві ЄС 2013/39/EU (MAC-EQS) доповненої з бази даних NORMAN (NORMAN Ecotoxicology Database (norman-network.com)).

Таблиця 3.4 – Екологічний стан прибережного водного масиву за показником Кз ТМ поверхневого шару морської води у 2024 році.

Водний масив	Кз ТМ	Кз Cd	Кз Hg	Кз Pb	Кз Ni	Кз Cr	Кз As	Кз Co	Кз Cu	Кз Zn
CW5	10,49	0,045	0,147	0,049	0,007	0,010	0,117	0,433	89,68	3,94

Наведені сумарні характеристики екологічного стану водних масивів за

показником Кз ТМ вказують що екологічний стан не відповідає ДЕС (оцінюється як дуже поганий).

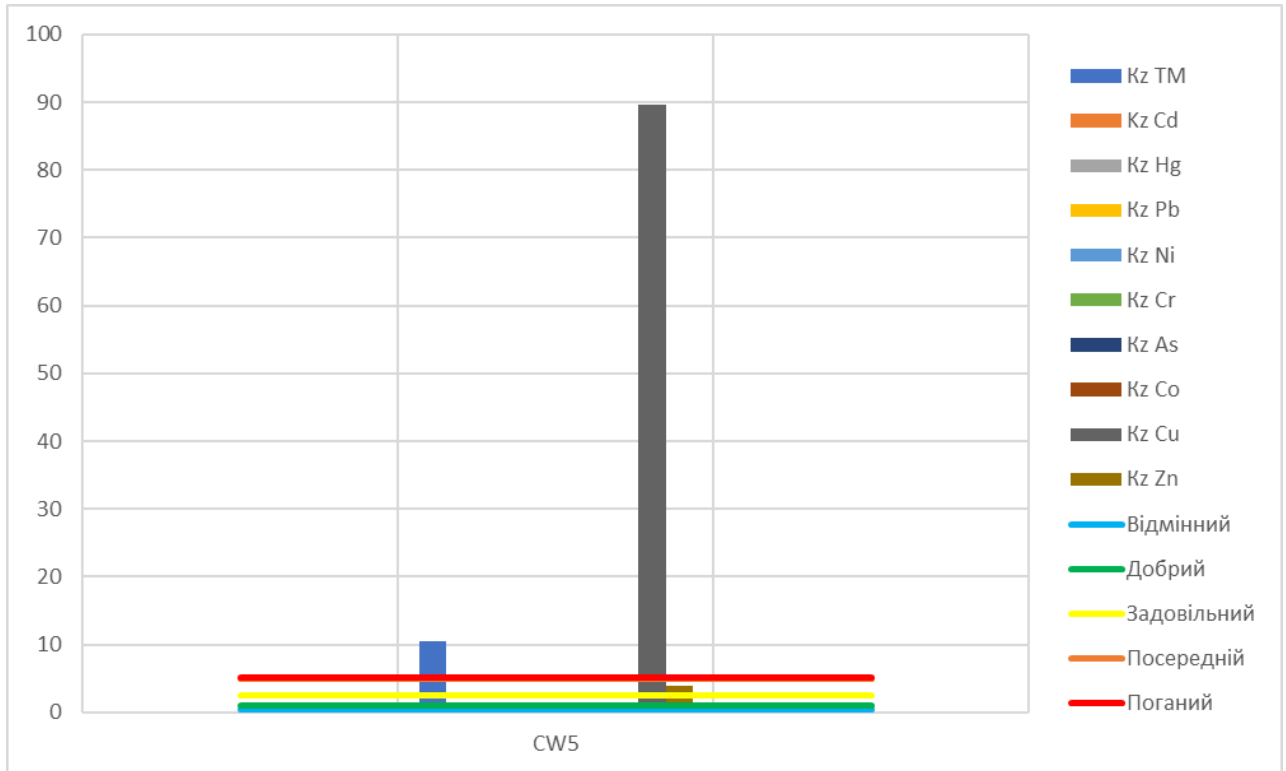


Рисунок 3.2 – Коефіцієнт забруднення ТМ морської води в 2024 році

За показниками групи ТМ найбільший вклад в досліджених районах водних масивів припадає на концентрацію міді та цинку (рис. 3.3).

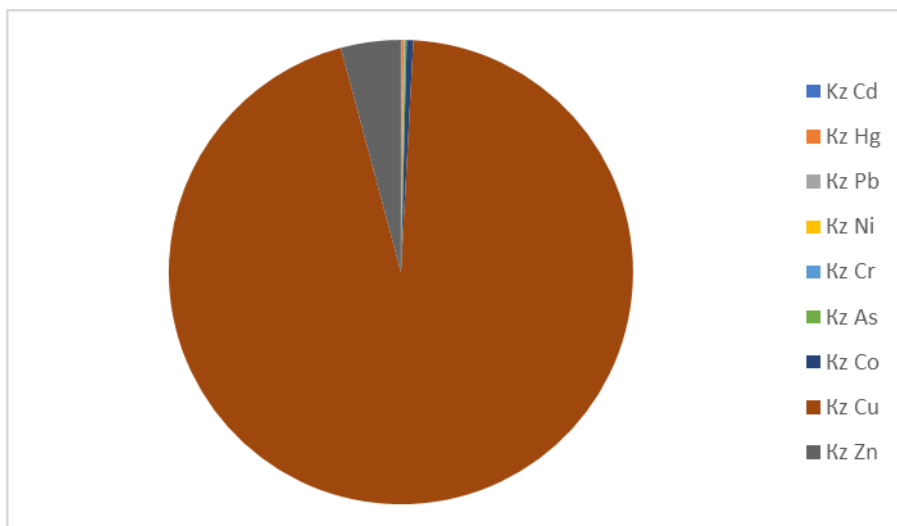


Рисунок 3.3 – Вклад Кз індивідуальних ТМ в загальну суму забруднення морської води ТМ в ПЗЧМ у 2024 році

3.2 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом органічних забруднювачів сільськогосподарського походження

В таблиці 3.5 наведені середні концентрації органічних забруднювачів сільськогосподарського походження (ОЗСП) в досліджених водних тілах Чорного моря у 2024 році.

В морській воді спостерігається присутність ДДТ та його метаболітів (табл. 3.5), хоча його використання заборонено Стокгольмською конвенцією від 7 лютого 1997 року.

Таблиця 3.5 – Середні концентрації ОЗСП в Чорному морі у 2023 році

	ДДТ ¹	ΣДДТ ²	β-НСН ³	γ-НСН ⁴	ΣНСН ⁵	Гексахлорбензол	Гептахлору	Σ Циклодієнових ⁶
Район	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л
CW5	1,90	2,22	0	0,12	0,27	0,08	0,49	0,14

Примітка 1. П, п-діхлордіфенілтрихлоретан.

Примітка 2. Сума ДДТ та його метаболітів.

Примітка 3. Бета гексахлорциклогексан.

Примітка 4. Гамма гексахлорциклогексан (Ліндан).

Примітка 5. Сума ліндану та його ізомерів.

Примітка 6. Сума алдріну, ділдріну та ендріну.

Виконані оцінки екологічного стану морської води в 2024 р. в районі CW5 прибережних водних масивів за коефіцієнтом забруднення Кз ОЗСП вказують на задовільний стан. Основною забруднюючою речовиною з групи ОЗСП є гептахлор. За показником Кз гептахлору в поверхневому шарі води відповідає «дуже поганому» екологічному стану, що наведено в таблиці 3.6 та на рисунку 3.4. В таблиці і на рисунку представлені значення Кз за індивідуальними ОЗСП та середній Кз в цілому для ОЗСП в поверхневому шарі води. Оцінка екологічного стану проводилась згідно наданих

максимально допустимих концентрацій в директиві ЄС 2013/39/EU (MAC-EQS) доповненої з бази даних NORMAN (NORMAN Ecotoxicology Database (norman-network.com)).

Таблиця 3.6 – Екологічний стан морської води прибережних водних масивів ПЗЧМ за показником Кз ОЗСП у 2024 році

Водний масив	Кз ОЗСП	Кз ДДТ	Кз Σ ДДТ	Кз β -НСН	Кз γ -НСН	Кз Σ НСН	Кз Гексахлорбензол	Кз Гептахлору	Кз Σ Ціклодієнових
CW5	2,07	0,19	0,09	0	0,06	0,01	0,002	16,2	0,03

Наведені сумарні характеристики екологічного стану водних масивів за показником Кз ОЗСП вказують, що для CW5 екологічний стан не відповідає ДЕС (оцінюється як задовільний).

За показниками групи ОЗСП найбільший вклад в досліджених районах водних масивів припадає на концентрацію гептахлору, що є типовим для територіальних вод України, та пояснюється жорсткими вимогами до обмеження концентрацій високотоксичної речовини (рис. 3.5).

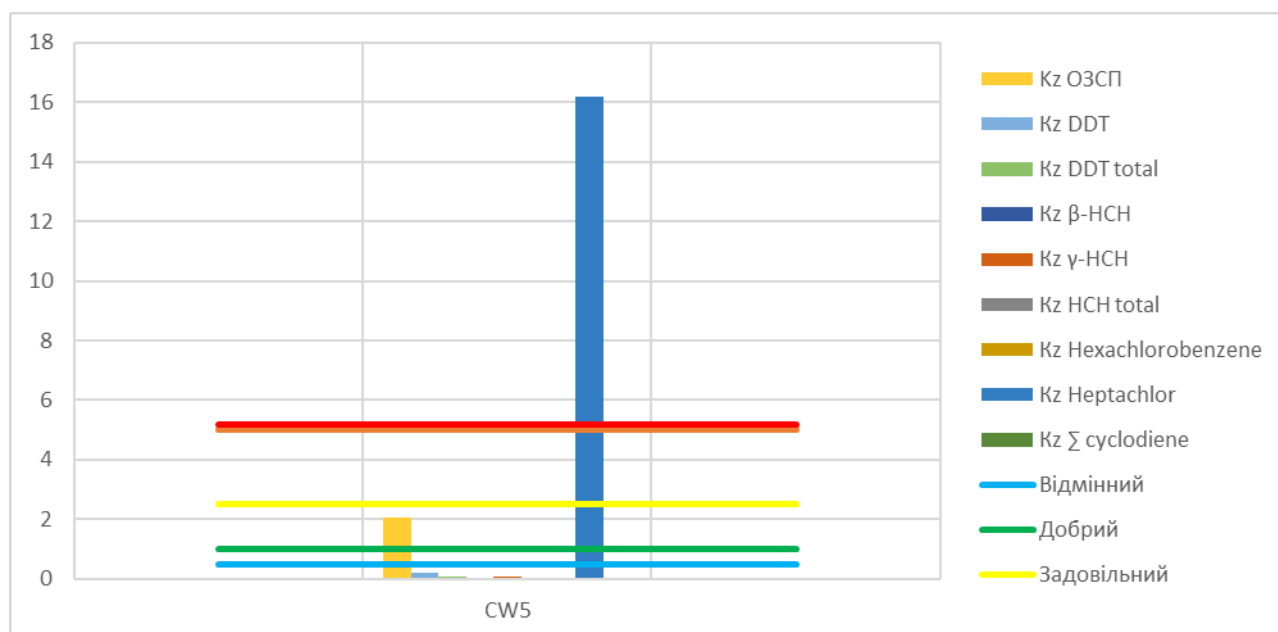


Рисунок 3.4 – Розподіл Кз ОЗСП морської води в районах прибережних водних масивів ПЗЧМ в 2024 році

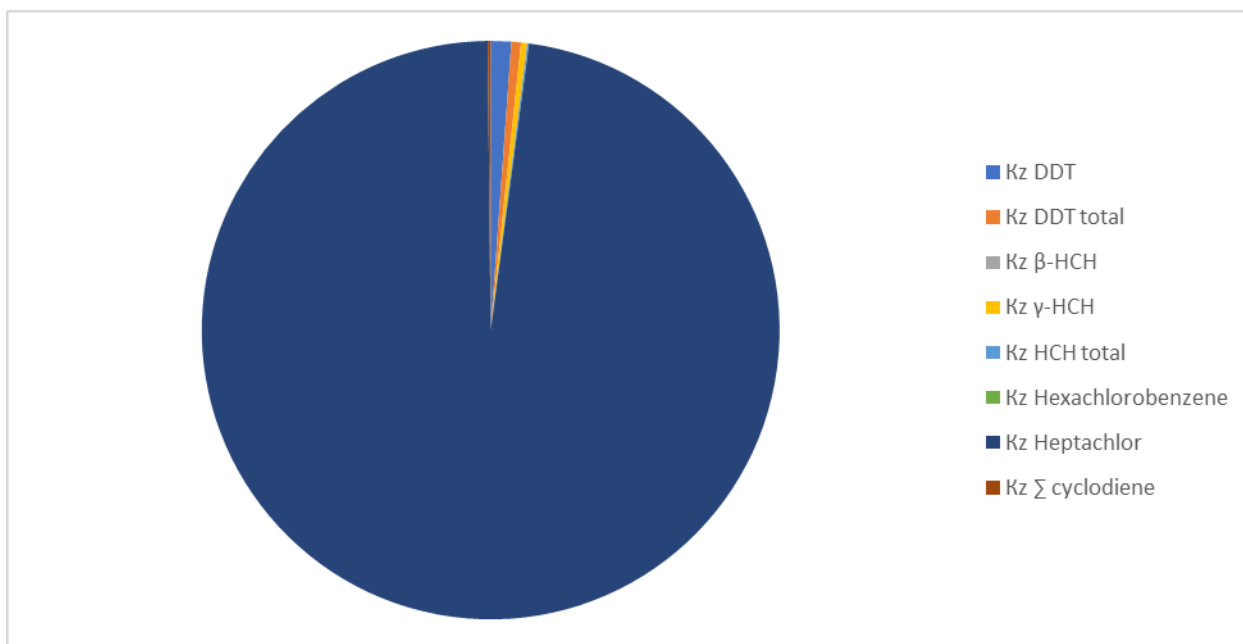


Рисунок 3.5 – Вклад Кз індивідуальних ОЗСП в загальну суму забруднення морської води ОЗСП в ПЗЧМ у 2024 році

3.3 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом органічних забруднювачів промислового походження

В таблиці 3.7 наведені середні концентрації органічних забруднювачів промислового походження (ОЗПП) в дослідженому водному тілі Чорного моря у 2024 році.

По середнім концентраціям ОЗПП в районі CW5 у 2024 році видно, що вплив витоків антропогенного навантаження промислового походження значно знизився порівняно з 2023 роком, також навантаження після підриву греблі Каховської гідроелектростанції (ГЕС) на цей район в воді не фіксується.

Таблиця 3.7 – Середні концентрації ОЗПП в Чорному морі у 2024 році

Район	PCB 101	PCB 118	PCB 153	PCB 138	PCB 180	Кз нафталіну	Кз антрацену	Кз флуорантену	Кз бензо(б)флуорантену	Кз бензо(к)флуорантену	Кз бензо(а)пірену	Кз бензо(г,х,і)перілену
	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л
CW5	0	0	0	0	0	0	0,17	0,03	0,03	0,03	0,01	1,06

Оцінки екологічного стану морської води виконані в 2024 р. в районі CW5 в прибережних водних масивах за Кз ОЗПП, в поверхневому шарі води, відповідають «дуже доброму» екологічному стану. Найбільш негативно на екологічний стан в прибережному водному масиві CW5 впливає концентрація бензо(г,х,і)перілену, що наведено в таблиці 3.8 та на рисунку 3.6.

Оскільки в директиві 2013/39/ЄС (MAC-EQS) не має обмежень по концентраціям ПХБ не діоксинового ряду, гранично допустимі концентрації для поліхлорованих біфенілів (ПХБ) були взяті з рекомендацій EAC, OSPAR SIME 2008.

Показники Кз поліароматичних вуглеводнів (ПАВ) розраховувалися відповідно даних директиви 2013/39/ ЄС (MAC-EQS) доповненої з бази даних NORMAN (NORMAN Ecotoxicology Database (norman-network.com)).

Таблиця 3.8 – Екологічний стан морської води в районі CW 5 прибережних водних масивів за показником Кз ОЗПП у 2024 році

Водний масив	Кз ОЗПП	Кз ПХБ 101	Кз ПХБ 118	Кз ПХБ 153	Кз ПХБ 138	Кз ПХБ 180	Кз нафталіну	Кз антрацену	Кз флуорантену	Кз бензо(б)флуорантену	Кз бензо(к)флуорантену	Кз бензо(а)пірену	Кз бензо(г,х,і)перілену
CW5	0,11	0	0	0	0	0	0	0,17	0,03	0,03	0,03	0,01	1,06

Оцінка сумарної характеристики екологічного стану водних масивів за

показниками Кз ОЗПП надана в районі CW5 відповідає ДЕЗ «дуже доброму» екологічному стану.

Виконаний аналіз поліциклічних ароматичних вуглеводнів в водному масиві CW5 у 2024 році в порівнянні з 2023 роком показав, що сума ПАВ (Σ ПАВ) практично не змінилась, бензо(а)піреновий еквівалент (B(a)Peq) та сума канцерогенних ПАВ (Σ carc ПАВ) значно знизилась. На рівень концентрацій ПАВ в водному масиві CW5 вплив катастрофи після підриву греблі Каховської ГЕС відсутній.

В таблиці 3.9 та на рисунку 3.7 наведені сума ПАВ, бензо(а)піреновий еквівалент та сума канцерогенних ПАВ в водних масивах ПЗШ ЧМ в поверхневому шарі морської води у 2024 році.

Таблиця 3.9 – Сума ПАВ, еквівалент бензо(а)перену та сума канцерогенних ПАВ у пзчм у поверхневому шарі морської води у 2024 році.

Водний масив	Σ ПАВ	B(a)Peq	Σ carc ПАВ
CW5	112,8	1,79	1,73

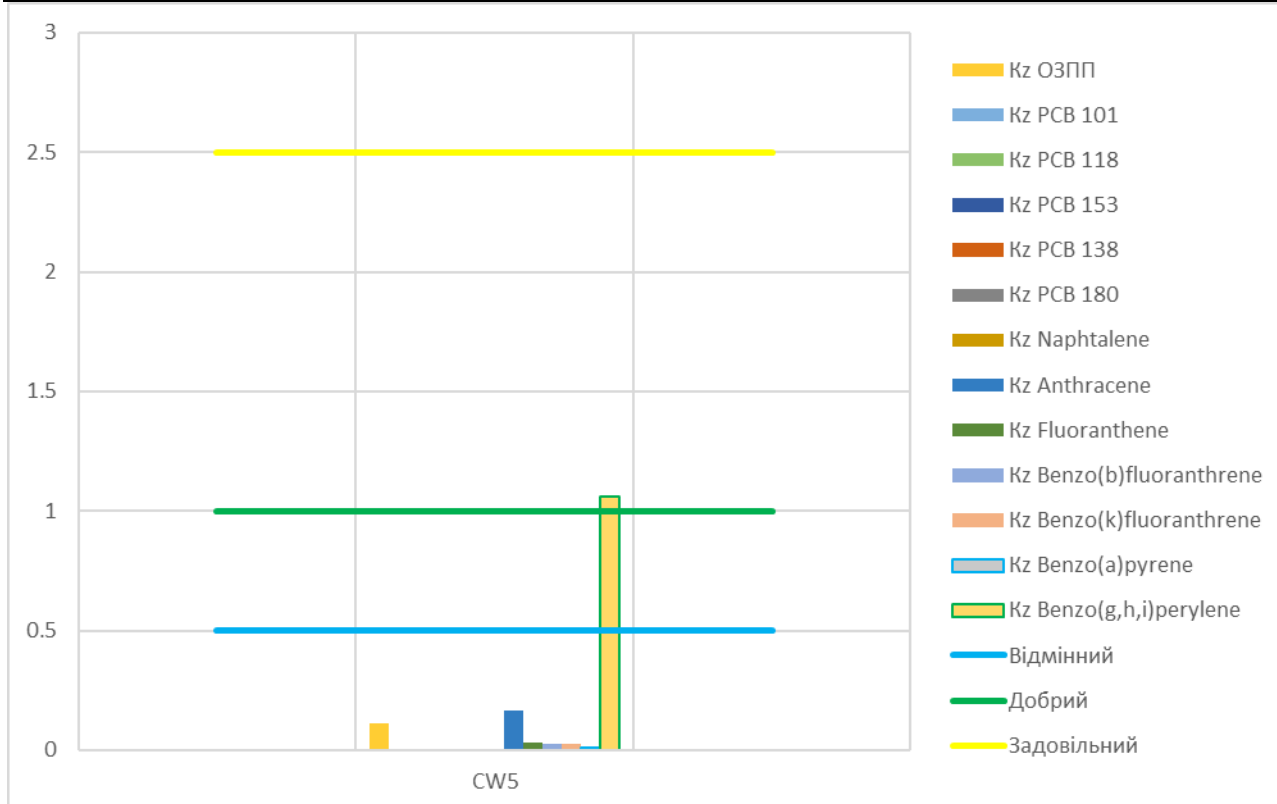


Рисунок 3.6 – Розподіл коефіцієнту забруднення Кз ОЗПП морської води в ПЗЧМ в 2024 році

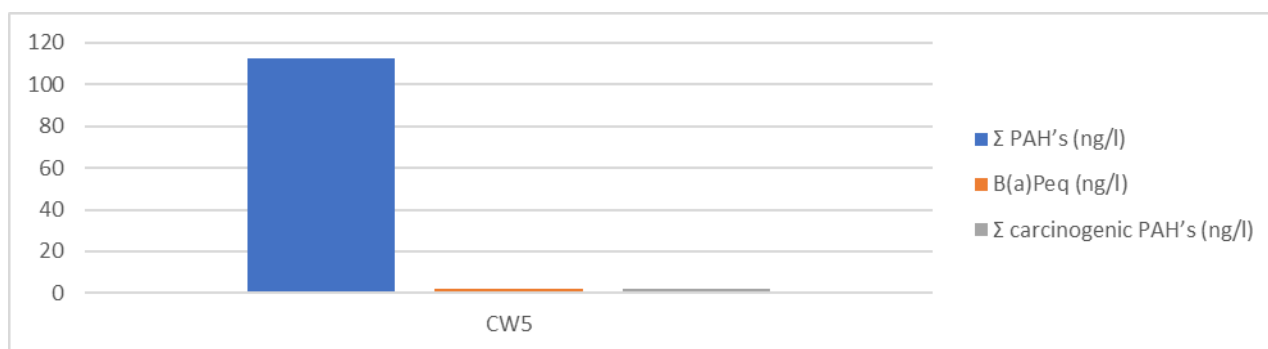


Рисунок 3.7 – Середні значення Σ ПАВ, B(a)P та Σ carc ПАВ у 2024 році

Найбільший вклад в забруднення морської води групою ОЗПП в 2024 році в водному масиві CW5 вносили бензо(g,h,i)перілен та антрацен (рис. 3.8).

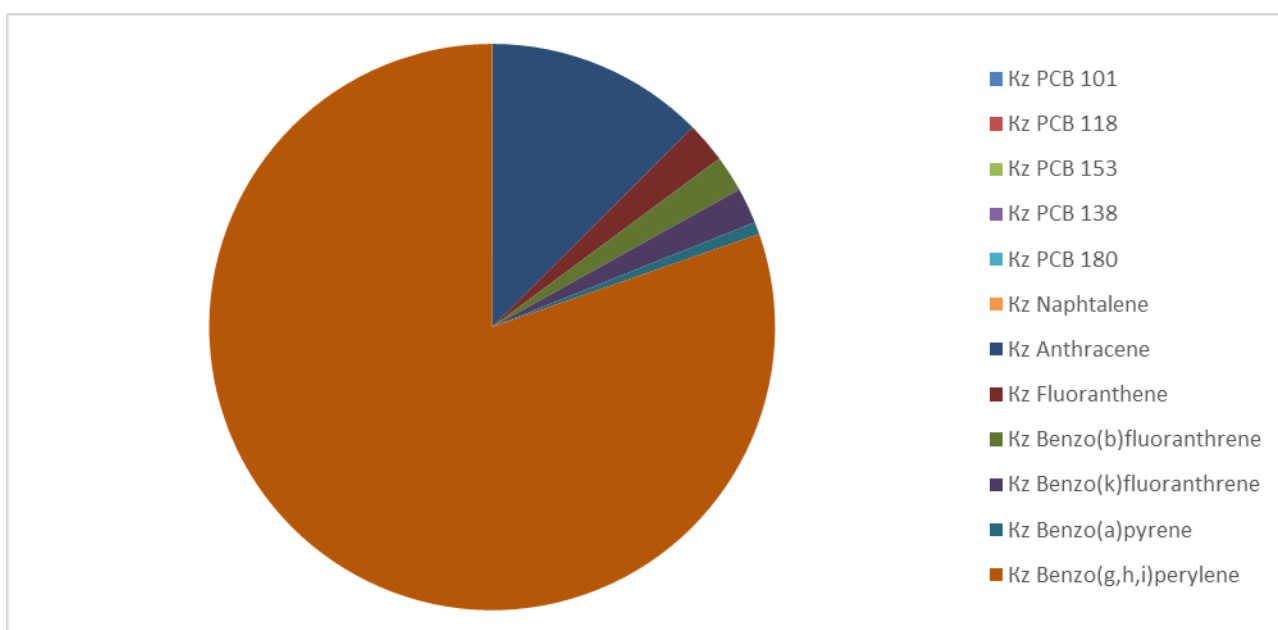


Рисунок 3.8 – Вклад Кз індивідуальних ОЗПП в загальну суму забруднення морської води ОЗПП ПЗЧМ в 2024 році

3.4 Оцінка вмісту нафтових вуглеводнів в морській воді в досліджуваних водних тілах Чорного моря

Для оцінки впливу на екологічний стан Чорного моря бойових дій, викликаних агресією російської федерації, знадобиться проведення додаткових

досліджень специфічних забруднюючих речовин та суми нафтових вуглеводнів (НВ). В таблиці 3.10 наведені результати досліджень суми НВ в водному масиві CW5 по місяцях в 2024 році. Гранично допустимі концентрації (ГДК) для НВ взяті з національного законодавства та дорівнюють 0,05 мг/дм³.

Таблиця 3.10 – Концентрація НВ в водних масивах ПЗШ ЧМ в поверхневому шарі морської води у 2024 році

Водний масив	Дата	Нафтопродукти, мг/л	
		Станція Мис Малий Фонтан (mF 1)	Станція Чорноморський яхт клуб Одеса (Yk 1)
CW5	січень	0,04	0,02
CW5	лютий	0,105	0,17
CW5	березень	0,19	0,12
CW5	квітень	0,155	0,14
CW5	травень	0,085	0,18
CW5	червень	0,05	0,22
CW5	липень	0,035	0,11
CW5	серпень	0	-
CW2	вересень	0,015	0,03
CW5	жовтень	0,04	0,03
CW5	листопад	0,02	-
CW5	грудень	0,015	-

Як видно з таблиці 3.10 в водному масиві CW5 ПЗЧМ в поверхневому шарі морської води концентрації НВ перевищують ГДК в лютому, березні, квітні, травні, червні на станціях Мис Малий Фонтан та Чорноморський яхт клуб Одеса.

На рисунку 3.9 наведено тренд мінливості концентрації НВ на станціях відбору в водному тілі CW5.

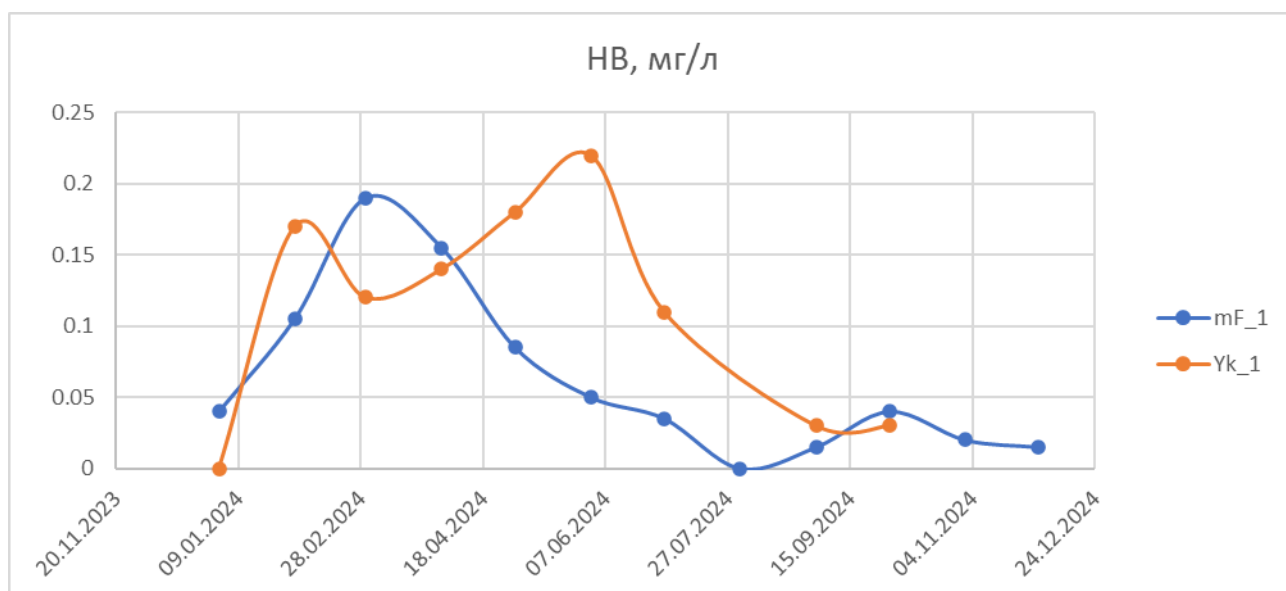


Рисунок 3.9 – Мінливість концентрації НВ на станціях відбору в водному тілі CW5

Як видно з рисунку 3.9, в зимові та літні місяці 2024 року концентрації НВ на станції відбору проб «Yk_1» мають пікові значення. Це обумовлено особливістю розташування станції відбору проб (обмежений водообмін з відкритою частиною моря), штормовими погодними умовами (вимучування донних осади́в) та сповільненою біологічною діяльністю (споживання поживних речовин). На станції відбору проб «mF_1», де водообмін з відкритим морем не має перешкод, пікові значення концентрацій НВ спостерігаються в зимові місяці 2024 року.

3.5 Аналіз змін екологічного стану об'єктів Чорного моря за вмістом забруднюючих речовин

В таблиці 3.11 наведена оцінка екологічного стану водного масиву CW5 за групами забруднюючих речовин в 2022 – 2024 роках.

Таблиця 3.11 – Оцінка екологічного стану водного масиву CW5

Група забруднюючих речовин	CW5 район		
	2022 рік	2023 рік	2024 рік
Кз ТМ	Відмінний	Погано	Погано
Кз ОЗСП	Задовільний	Задовільний	Задовільний
Кз ОЗПП	Погано	Погано	Відмінний
Загальна оцінка	Погано	Погано	Погано
Які сполуки вплинули на оцінку	Гептахлор, ПХБ 101, ПХБ 118, ПХБ 153, ПХБ 138, ПХБ 180, нафталін	мідь, цинк, гептахлор, ПХБ 101, ПХБ 153, ПХБ 138	мідь, цинк, гептахлор, бензо(g,h,i)перілен

Як видно з таблиці 3.11 загальна оцінка екологічного стану району CW5 відповідає поганому стану, оцінюється по найгіршій оцінці для груп забруднюючих речовин. Ця оцінка не змінилась з 2022 року по 2024 рік.

Впродовж 2022 – 2024 рр. на оцінку впливали концентрації одних і тих самих забруднюючих речовин. Можна припустити, що для досліджених районів є типовою присутність високих концентрацій цих речовин в джерелах забруднення. Слід зазначити, що базова оцінка для району CW5 (2018 року) була «задовільна».

4 ОЦІНКА БІОРІЗНОМАНІТТЯ І ПРИБЕРЕЖНИХ СПІЛЬНОТ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ЧОРНОМОРСЬКОГО РЕГІОНУ ЗА ДАНИМИ 2024 РОКУ

Була отримана сучасна інформація та проведена оцінка та діагностика стану пелагіальних та бентосних гідробіонтних угруповань прибережних акваторій Чорного моря, які вирізняються високим біорізноманіттям.

Стан біорізноманіття планктонних і бентосних угруповань морських екосистем проводився відповідно до критеріїв, визначених Директивами ЄС.

4.1 Фітопланктон

Основу фітопланктону прибережної зони Одеського морського регіону (ОМР) в 2024 році склали представники Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Ebriophyceae, Euglenoidea і Flagellata (рис. 4.1).

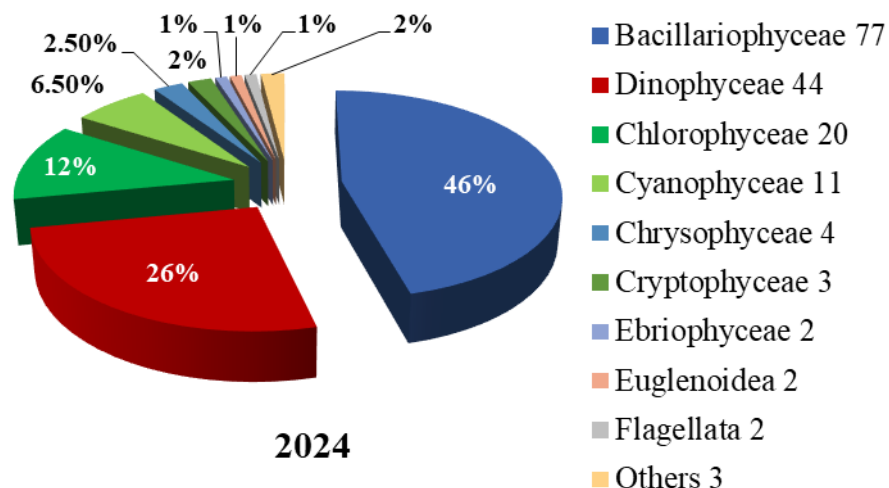


Рисунок 4.1 – Розподіл ідентифікованих у 2024 році таксонів за класами

Співвідношення чисельності мікроводоростей за систематичними групами у 2024 році представлено на рисунку 4.2, а їхніх біомас – на

рисунку 4.3.

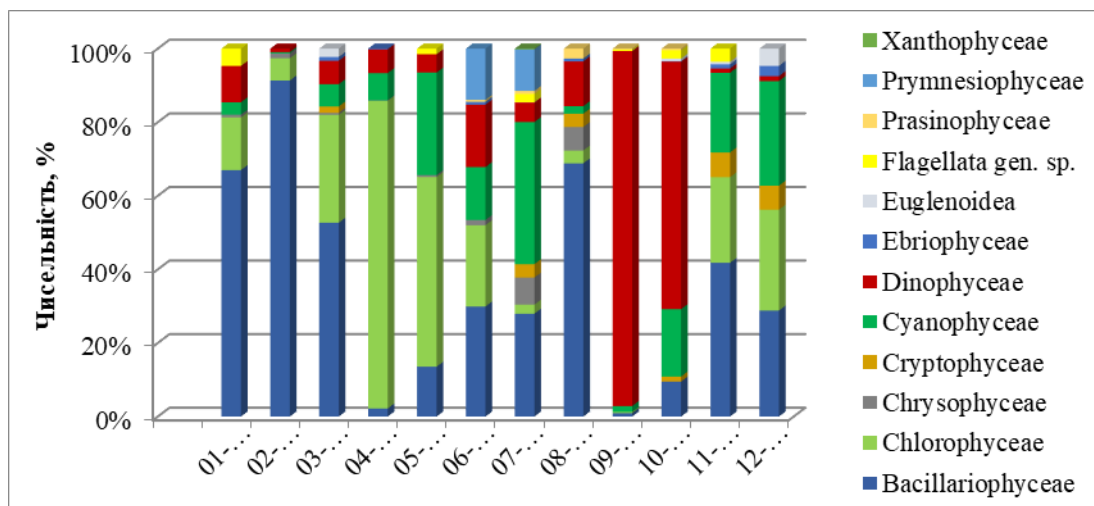


Рисунок 4.2 – Співвідношення чисельності мікрободоростей за систематичними групами по місяцях

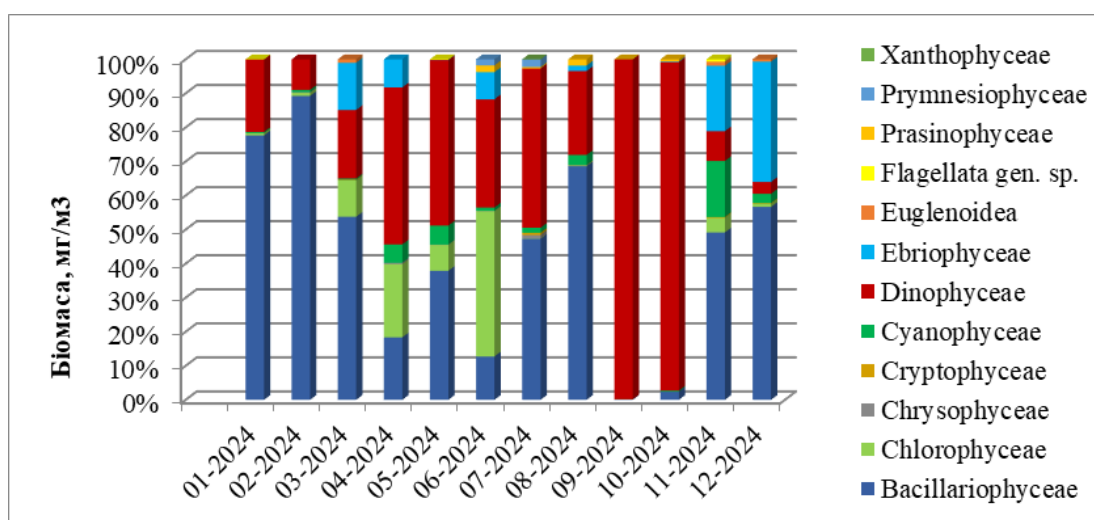


Рисунок 4.3 – Співвідношення біомаси мікрободоростей за систематичними групами по місяцях

Велика кількість динофітових водоростей є характерною ознакою для осіннього сезону, але у 2024 році їхнє домінування супроводжувалося дуже малою кількістю діатомових.

Восени «цвітіння» води було спричинено довготривалими «червоними припливами» викликаними переважно *Lingulaulax polyedra*, токсичною дінофітовою водорістю.

Взимку зареєстровано розмноження крупної діатомової водорості *Ditylum brightwellii* (T. West) Grunow, 1885 (24.01.2024 – 1 243,9 мг/м³, 93% біомаси

проби, 31.01.2024 – 1 039,5 мг/м³, 60 % біомаси проби) та декілька видів роду *Chaetoceros*.

В цілому за критерієм загальної біомаси фітопланктону стан Одеського регіону можна оцінити як «Відмінний». Весь рік була прозора вода, яка відповідала критеріям «відмінного» екологічного стану, крім лютого, коли спостерігалось невеличке збільшення біомаси за рахунок діатомових водоростей (зокрема *Skeletonema costatum* та декількох видів роду *Chaetoceros*) та вересня і початку жовтня, коли спостерігався «червоний приплив», викликаний комплексом динофітових водоростей, у першу чергу – *Lingulaulax polyedra*. Згідно індексу Менхініка, екологічний стан моря біля Одеси весь рік був «добрий», крім зими, коли він був середньої якості, погіршившись у лютому. За індексом МЕС % стан моря влітку був «відмінний». Співвідношення діатомових та динофітових водоростей навесні було «поганим» другий рік поспіль. Цього року за рахунок розмноження декількох видів роду *Heterocapsa*. Але в цілому за рік по всім показникам, які представлені в табл. 4.1, стан морської екосистеми можна характеризувати як «добрий».

Таблиця 4.1. – Екологічний стан морського середовища за кількісними показниками фітопланктону по сезонах та в цілому за рік

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

4.2 Хлорофіл *a*

Середньосезонні значення концентрацій хлорофілу *a* варіювали від 1,64 мкг·л⁻¹ до 2,46 мкг·л⁻¹. Найбільші середньосезонні значення були зафіксовані навесні, найменші – восени. Середні значення концентрацій хлорофілу-*a*

взимку та влітку становили відповідно $2,35 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ та $1,81 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$.

Як мінімальні ($0,42 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, 17.01.2024), так і максимальні ($5,80 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, 14.02.2024) річні значення концентрацій хлорофілу *a* виявлено в зимовий період. В цілому, концентрації фотосинтетичних пігментів характеризувалися більш низькою, порівняно з іншими роками, мінливістю. За виключенням піку в лютому, значення хлорофілу *a* протягом року не перевищували $4,5 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ (рис. 4.4).

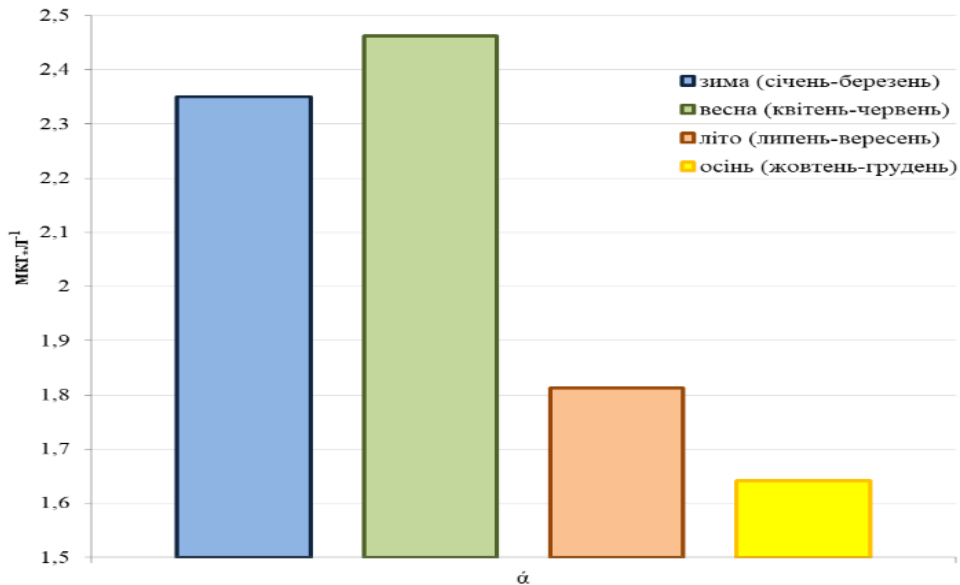


Рисунок 4.4 – Середньосезонні значення хлорофілу *a*

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

Спостерігалось значне зниження середньодобового значення (до $2,33 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$), порівняно з попереднім роком, що може свідчити про ослаблення біологічної активності внаслідок змін гідрологічних чи екологічних умов.

Значення концентрацій хлорофілу *a* становило від $2,10 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ до $2,90 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, що свідчить про нормалізацію екологічних умов у прибережній зоні.

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

свідчить про відносне покращення екологічного стану (Табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Оцінка екологічного стану на основі середньосезонних значень концентрації хлорофілу а (мкг·л⁻¹)

сезон	мкг·л ⁻¹
зима	2,35
весна	2,46
літо	1,81
осінь	1,64

4.3 Зоопланктон

Протягом 2024 року в ОМР було ідентифіковано 76 таксонів рангів виду та вищих морського, солонуватоводного та прісноводного комплексів зоопланктону.

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

Також було відмічено по 10 представників меропланктону (впродовж року постійно були присутні в пробах личинки вусоногих раків, молюсків, червів) та інших, 7 видів гіллястовусих ракоподібних (частіше за інших зустрічався вид *Pleopis polyphemoides* (Leuckart, 1859), 5 таксонів желетілих і 2 таксони найпростіших (*Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy, 1921 та *Tintinnina* Kofoid & Campbell, 1929 sp.). Таксономічний склад мезозоопланктону у прибережній зоні ОМР по роках можна побачити на рисунку 4.5.

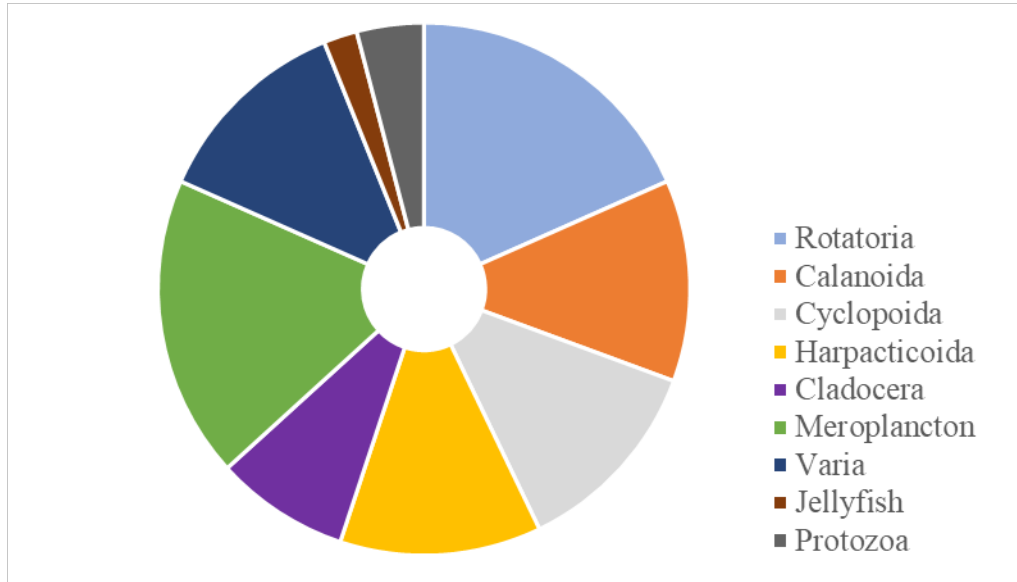


Рисунок 4.5 – Таксономічний склад мезозoopланктону Одеської області у 2024 році

Максимальна кількість прісноводних видів була присутня в ОМР влітку 2023 року у червні-липні, але з підйомом солоності, їхня чисельність знизилась до поодиноких особин, набувши до кінця року звичайних сезонних показників. На початку 2024 року річкові види ще реєструвалися, хоч у невеликій кількості, проте досить регулярно, вже з літа наявність їх у пробах була обумовлена природними гідрологічними явищами: течії, хвилювання, апвелінг тощо.

Треба відмітити, що в 2024 році в прибережній зоні ОМР масового розвитку ноктилюки не спостерігалось. За систематикою *N. scintillans* належить до дінофітових водоростей, хоча за розмірами і гетеротрофним харчуванням екологічно ближче до мезозoopланктону. До того ж вважається, що вона швидко реагує на зміни у навколишньому середовищі, що дозволяє використовувати цей вид як індикатор стану водойм. Однак протягом останніх років масова частка *N. scintillans* у біомасі мезозoopланктону залишається невисокою та має тенденцію до зниження. Це може свідчити як про поліпшення екологічного стану водойми, так і про те, що в деяких ситуаціях ми не можемо використовувати ноктилюку як індикаторний організм.

У 2024 році мінімальний і максимальний індекс Шеннона був відмічений у січні – 0,828 біт • екз.⁻¹ та 2,967 біт • екз.⁻¹ відповідно, середнє значення за рік – 1,976 біт • екз.⁻¹. Річний хід індексу Шеннона відображено на

рисунку 4.6.

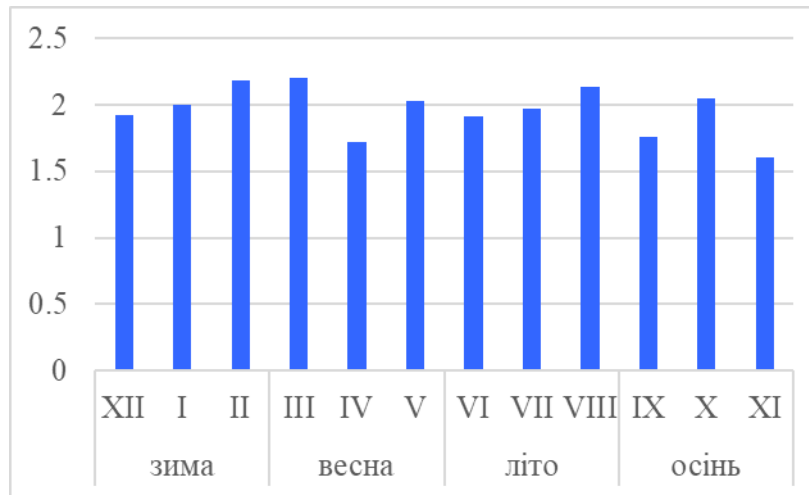


Рисунок 4.6 – Індекс Шенона (за чисельністю) зоопланктону в Одеському регіоні у 2024 році

У 2024 році інтегральний зоопланктонний індекс IZI для оцінки стану акваторії за кількісними показниками зоопланктону варіював від 0,004 у липні до 0,504 у серпні, середній за рік – 0,219 (рис 4.7).

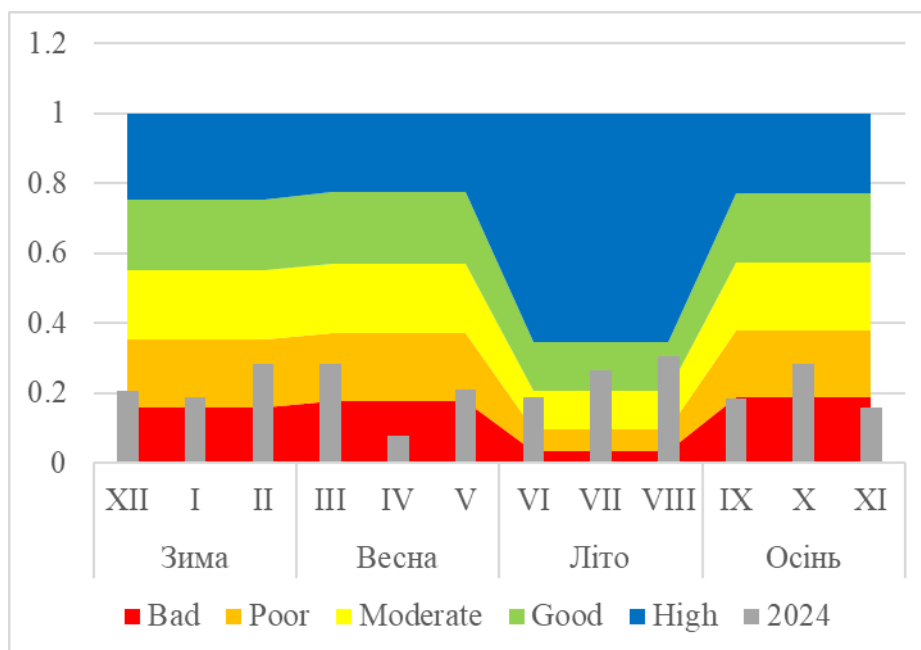


Рисунок 4.7 – Річний хід індексу IZI з оцінкою стану акваторії прибережної зони ОМР

4.4 Макрозообентос

У 2024 році макрозообентос прибережної зони ПЗЧМ мав низьку видову різноманітність – 3-4 види на пробу. Максимальна та мінімальна кількість видів становила 8 і 1 відповідно на піщаному субстраті.

Відмічено наступні угруповання донних безхребетних у 2024 році:

- Угруповання *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819:

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

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

в) D6: Співвідношення груп видів за відношенням до органічної речовини мало наступний характер: I – 0 %, II – 25,6 %, III – 71 %, IV – 0 %, V – 3,4 %, що відповідає трохи порушеному стану, що також підтверджується індексом АМБІ (2,7). Індекс m-АМБІ (0,39) та індекс Шеннона (1,54-1,61) не відповідали «відмінному» екологічному стану (рис. 4.8);

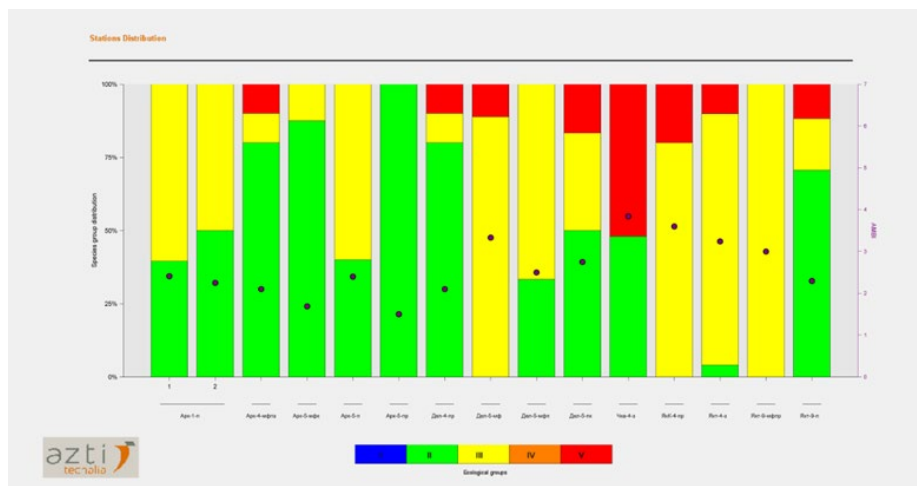


Рисунок 4.8 - Значення індексів m-АМБІ для ПЗЧМ у 2024 році

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

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

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

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

- Угрупування *Polychaeta varia*:

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

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

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

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

4.5 Макрофітобентос

На досліджених ділянках було виявлено 24 види водоростей макрофітобентосу. Із виявленого різноманіття макрофітів до відділу Chlorophyta відносяться 13 видів (54,2 %), Rhodophyta – 8 (33,3 %), Phaeophyta – 3 види (12,5 %) (рис. 4.9).

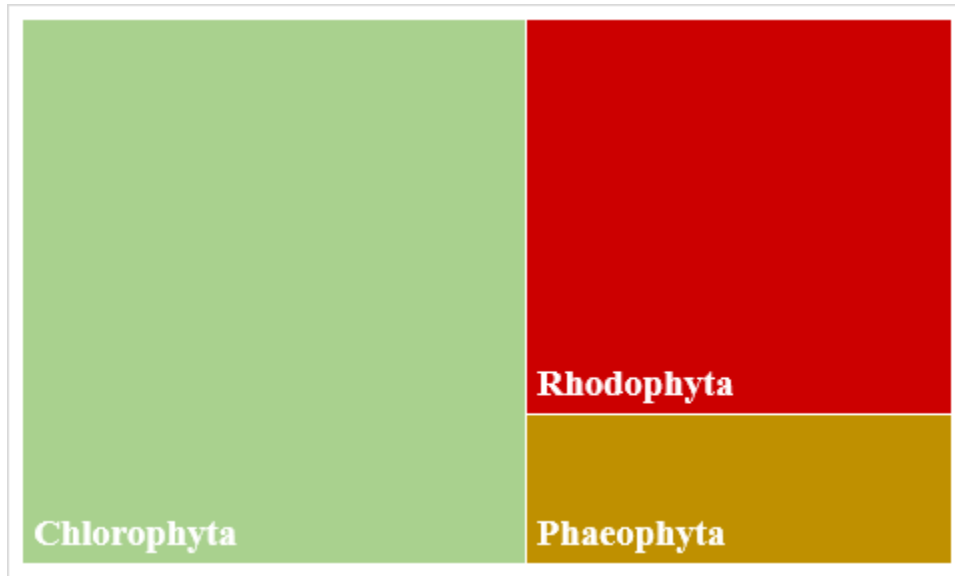


Рисунок 4.9 – Розподіл макрофітобентосу за відділами

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

Провідними родинами за період досліджень були Ulvaceae – їхня доля становить близько 16,66 %, Cladophoraceae – 12,5 %, Ceramiaceae, Ulvellaceae, Acrochaetiaceae – близько 8,33 %, інші – близько 4,17 % (рис. 4.10).

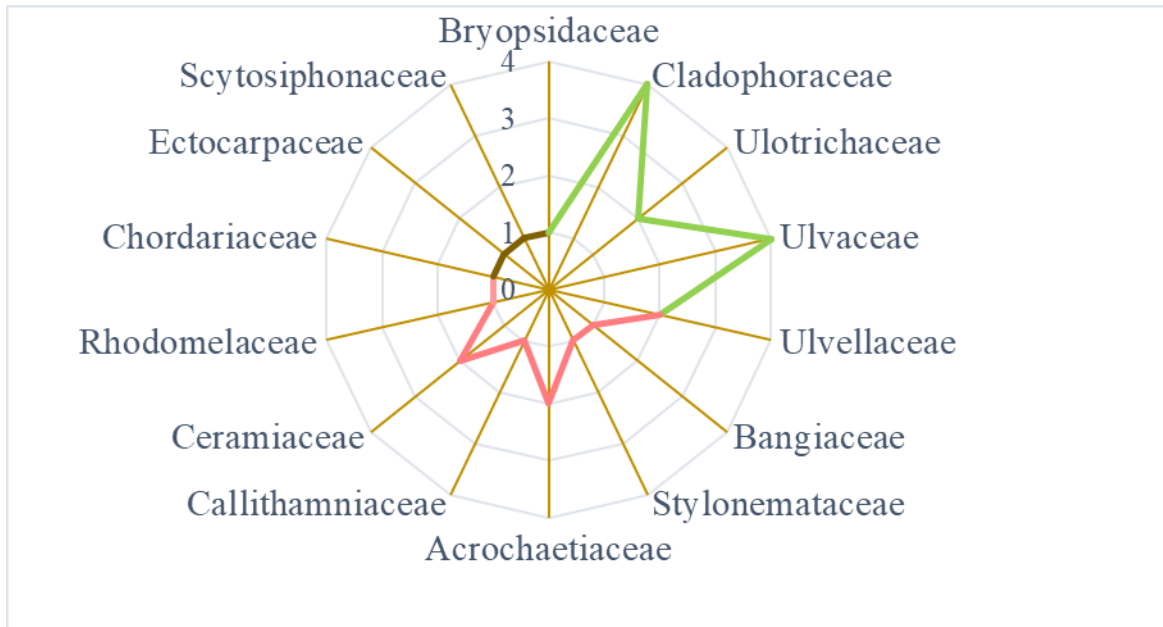


Рисунок 4.10 – Розподіл макрофітів за родинами

Біомаси макрофітобентосу коливались по станціях та сезонах й становили в середньому від $0,49 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ взимку, збільшуючись до $0,57 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ навесні, і відповідно зменшуючись до $0,52 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ - восени.

Проведено оцінку Екологічного Статусу Класу (ЕСК) прибережних ділянок моніторингу за морфофункціональними показниками макрофітобентосу: питома поверхня трьох домінантів $(S/W)_{3Dp}$, $\text{м}^2 \text{ кг}^{-1}$, питома поверхня угруповання $(S/W)_x$, $\text{м}^2 \text{ кг}^{-1}$, індекс поверхні фітоценозу (SI_{ph} , од.)

Високі коефіцієнти $(S/W)_{3Dp}$, що характеризують поганий екологічний статус акваторій, обумовлені масовим розвитком дрібних нитчастих водоростей: *Callithamnion corymbosum* з $(S/W)_x$, $\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$ – $165,00 \pm 4,21$, *Ectocarpus siliculosus* – $123,10 \pm 4,80$. В результаті інтегральної оцінки можна зробити висновок, що райони моніторингу належать до «Доброго» і «Задовільного» статус-класів.

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

Взагалі в прибрежних водах Одеського регіону зустрічаються дуже мало чутливих видів, у яких $(S/W)_x, \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \leq 25$. Це *Punctaria latifolia* Greville, 1830, *Chaetomorpha linum* (O.F.Müller) Kützing, 1845 *Zostera noltii* Hornemann, 1832, *Zostera marina* Linnaeus, 1753. За двома категоріями екологічного стану GES – NotGES стан даної акваторії ближче до GES (Добрий стан навколишнього середовища).

4.6 Мікрофітобентос

Протягом 2024 року в угрупованнях мікрофітобентосу твердих (бетон, черепашник) та пухких (пісок) субстратів досліджених прибережних акваторій було зареєстровано 134 види водоростей, які належали до 8 класів. Серед них переважали діатомеї – 88 видів (65,7 % від їх загальної кількості) (рис.4.11).

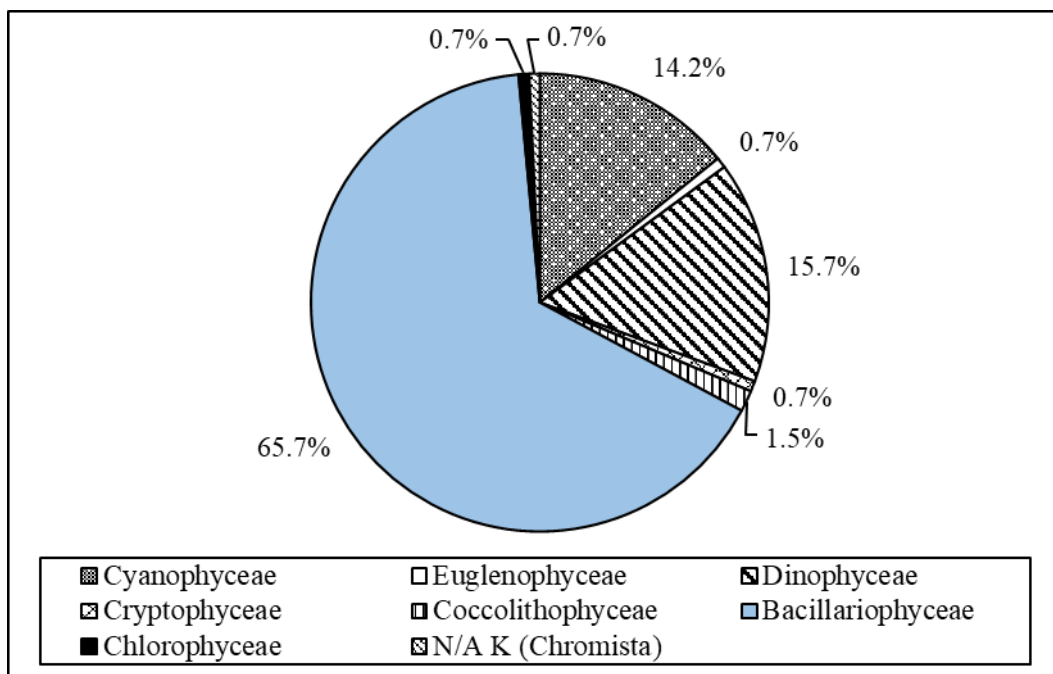


Рисунок 4.11 – Таксономічний склад мікрофітобентосу водного масиву CW5 в 2024 році (у % від загальної кількості знайдених видів)

Найширше були представлені полі- та мезогалобні і β -мезосапробні види

родів *Nitzschia*, *Navicula*, *Cocconeis*, *Lyrella*. Представників родів *Achnanthes* і *Diploneis* було дещо менше.

Як і у попередні роки, стосовно солоності води знайдені види мікрофітів були, здебільшого, полігалобами – 47,5 % (рис. 4.12). Це, переважно, представники діатомових, динофітових та золотистих водоростей.

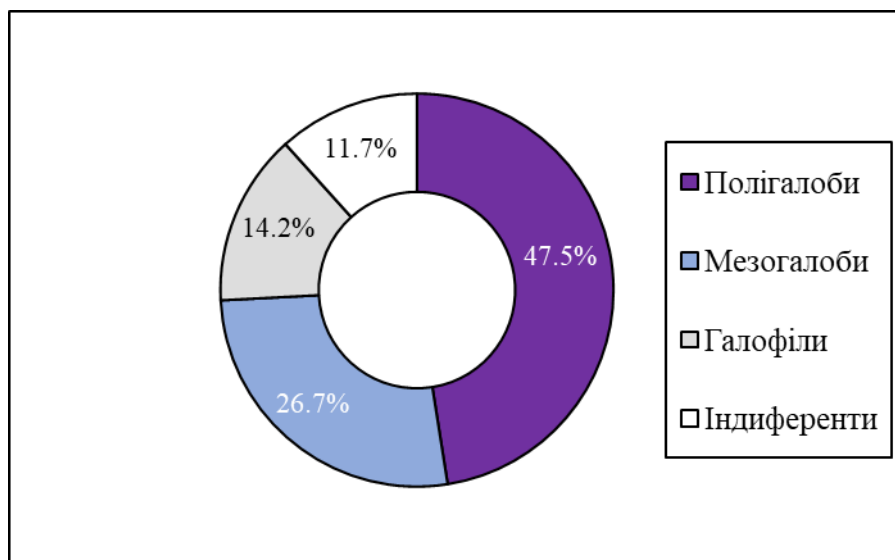


Рисунок 4.12 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу ОМР у 2024 році
(у % від кількості індикаторних видів)

В угрупованнях мікрофітобентосу досліджених акваторій Одеського прибережжя у 2024 році було знайдено 54 види-індикатори сапробності. Більшість серед них становили β-мезосапроби (68,5 %), що свідчить про помірний характер органічного забруднення чорноморських вод (рис. 4.13).

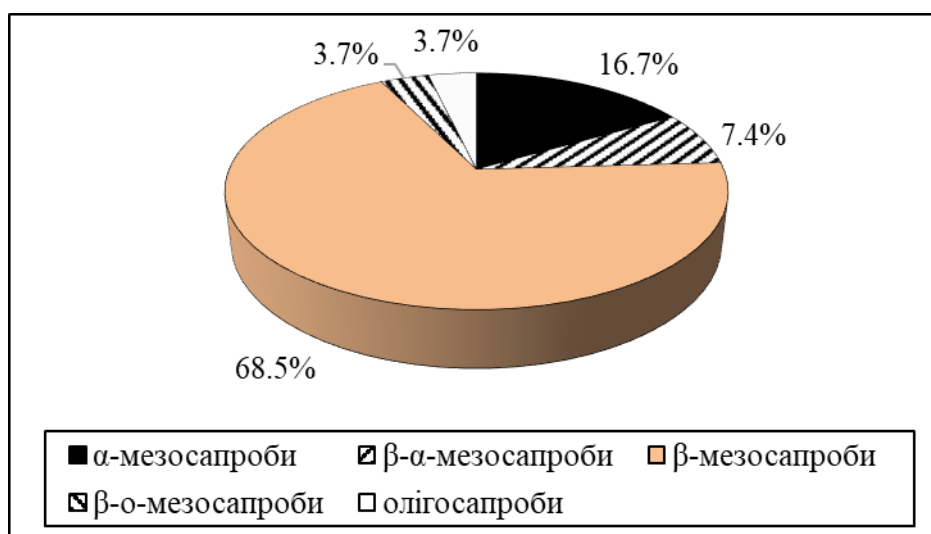


Рисунок 4.13 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу
(у % від кількості індикаторних видів)

У 2024 році в досліджених акваторіях прибережжя ПЗЧМ були відмічені помірні показники розвитку бентосних мікрофітів. Впродовж поточного року у видовому складі мікрофітобентосу переважали полі- та мезогалобні і β -мезосапробні діатомеї. Часто зустрічалися і ціанопрокаріоти. Дінофітові були відмічені, здебільшого, на пухких субстратах. Чисельність мікрофітів формували, в основному, дрібноклітинні синьо-зелені водорості, а біомасу – крупноклітинні діатомові, переважно, полі- та мезогалоби і β -мезосапроби.

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

5 ЕВТРОФІКАЦІЯ

За даними багаторічних спостережень 2000-2024 рр. в прибережних водах масиву CW5 Одеського регіону ЧМ спостерігається тенденція зменшення мінерального фосфору фосфатного (DIP) і загального фосфору (TP). Середній річний вміст DIP в цей період змінювався в діапазоні від 23,9 мкг/дм³, на початку XXI сторіччя, до 9,3 мкг/дм³ в 2015 р. (рис. 5.1). В останні п'ять років середній річний вміст DIP в прибережних водах в цьому районі знаходився в діапазоні від 10,6 мкг/дм³ до 19,5 мкг/дм³, при середньому 13,8 мкг/дм³. Рівень вмісту середніх річних значень концентрації DIP в рекреаційній зоні водного масиву CW5 відповідає доброму екологічному стану при значенні ДЕС 16,4 мкг/дм³, крім 2024 р., середнє значення якого 19,5 мкг/дм³ відповідає «задовільному» статусу, не відповідає ДЕС.

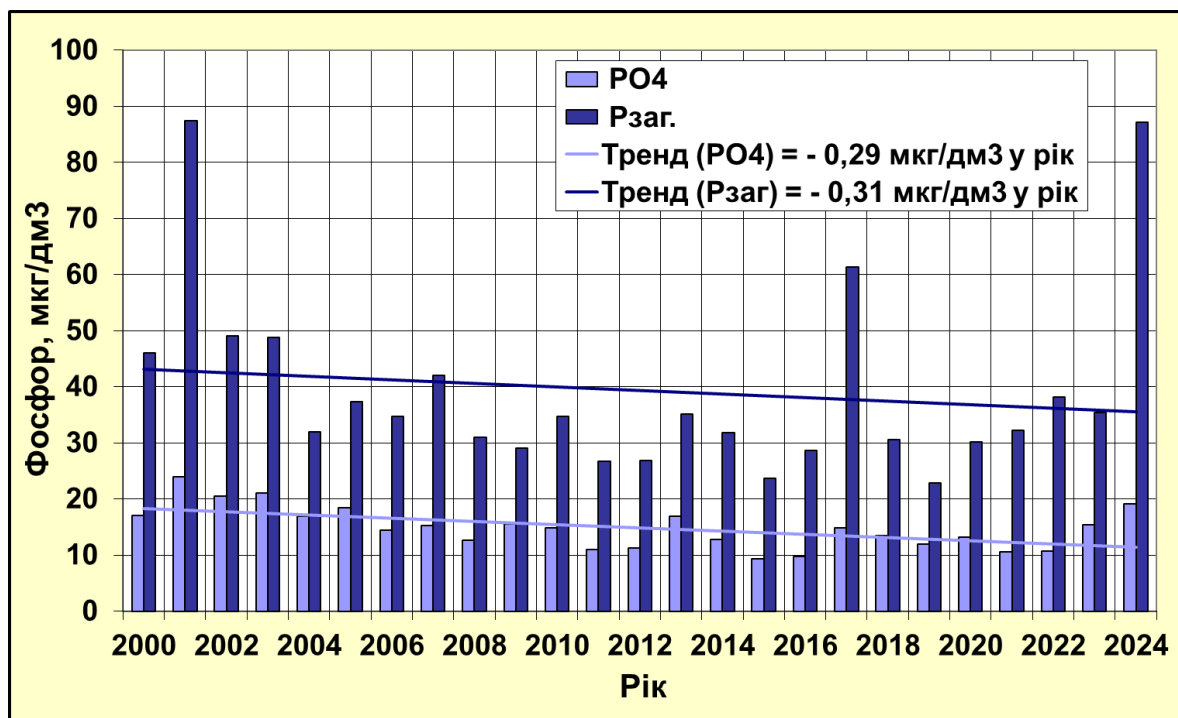


Рисунок 5.1 – Багаторічні зміни вмісту фосфору фосфатного і загального в прибережних водах масиву CW5 в рекреаційній зоні району м. Одеса

В багаторічному плані 2000-2024 рр. вміст середньої річної суми мінеральних форм азоту (DIN) в прибережному масиві вод CW5 ЧМ виявляв

тенденцію до зменшення її концентрації з 182,9 мкг/дм³ в 2001 р. до 47,7 мкг/дм³ в 2020 р. (рис. 5.2), проте за останні три роки концентрації зросли: 131,1 мкг/дм³ в 2022 р., 278,7 мкг/дм³ в 2023 р. та 299,3 мкг/дм³ в 2024 р. В 2022-2024 рр. за показником середньої річної концентрації DIN прибережні води в даному районі не відповідали ДЕС (52,7 мкг/дм³). Загальна тенденція до зниження вмісту DIN в період 2000-2022 рр. складала 2,54 мкг/дм³ у рік, а з врахуванням 2023 та 2024 років маємо тенденцію до зростання, що становить 1,52 мкг/дм³ у рік.

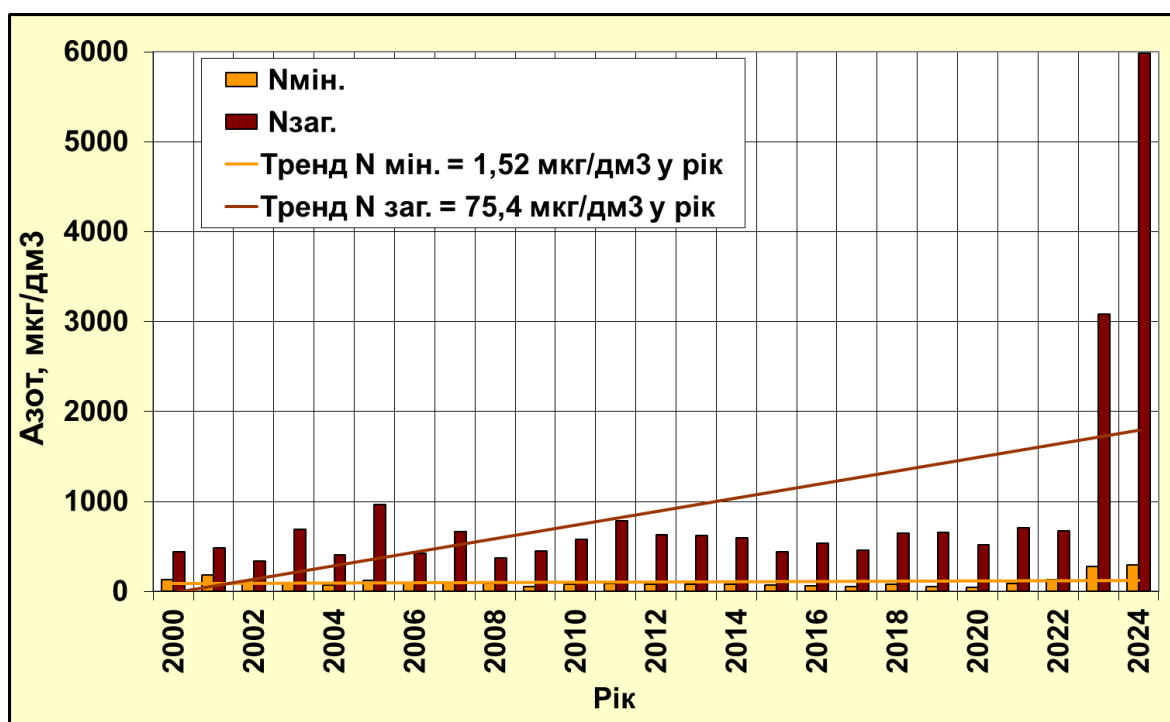


Рисунок 5.2 – Багаторічні зміни вмісту азоту мінерального і загального в прибережних морських водах масиву CW5 в рекреаційній зоні району м. Одеса

Тенденція до зниження вмісту мінеральних сполук азоту визначається за його індивідуальними показниками нітритного, нітратного і амонійного азоту, що відображено на рисунку 5.3.

Вміст нітритного азоту у період 2000-2024 рр. в прибережних водах масиву CW5 ЧМ за даними середніх річних значень змінювався в діапазоні від 2,0 мкг/дм³ до 8,2 мкг/дм³ і в середньому за цей період складав 3,3 мкг/дм³. В останні п'ять років середній вміст азоту нітритного знаходився в діапазоні від 2,5 мкг/дм³ до 5,4 мкг/дм³. В 2024 р. його середній вміст був на рівні

3,9 мкг/дм³, що відповідало «задовільному» екологічному статусу та не відповідало рівню ДЕС (3,0 мкг/дм³).

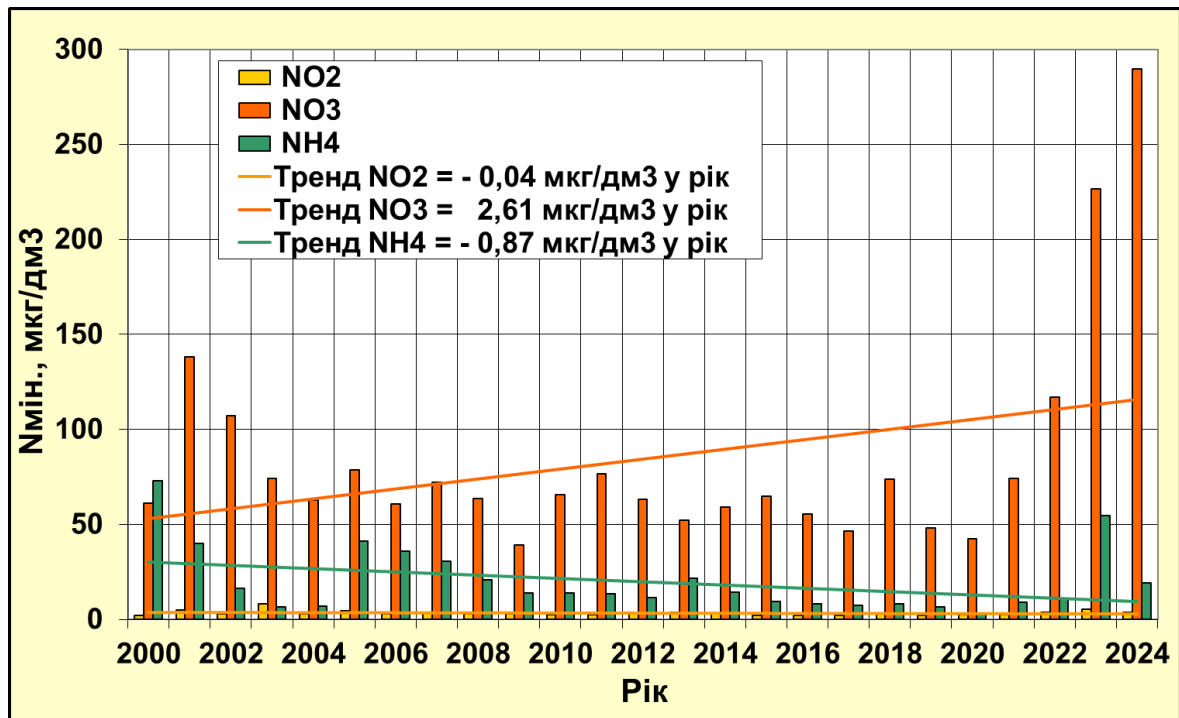


Рисунок 5.3 – Багаторічні зміни вмісту мінеральних форм азоту в прибережних морських водах масиву CW5 в рекреаційній зоні району м. Одеса

В багаторічній мінливості біогенних речовин за даними регулярних спостережень в прибережних водах Одеського регіону з початку 2000 р. спостерігалась тенденція до зменшення середньої річної концентрації фосфатного і загального фосфору, мінеральних форм азоту і відповідно пониження трофності прибережних вод масиву CW5 в період 2000-2012 рр [2]. В 2012-2024 роки спостерігається стабілізація трофності вод масиву CW5 на рівні від 4,52 од. до 5,46 од. і відповідає «середньому» рівню трофності при значенні середнього індексу $TRIX = 4,94$ од. (рис. 5.4).

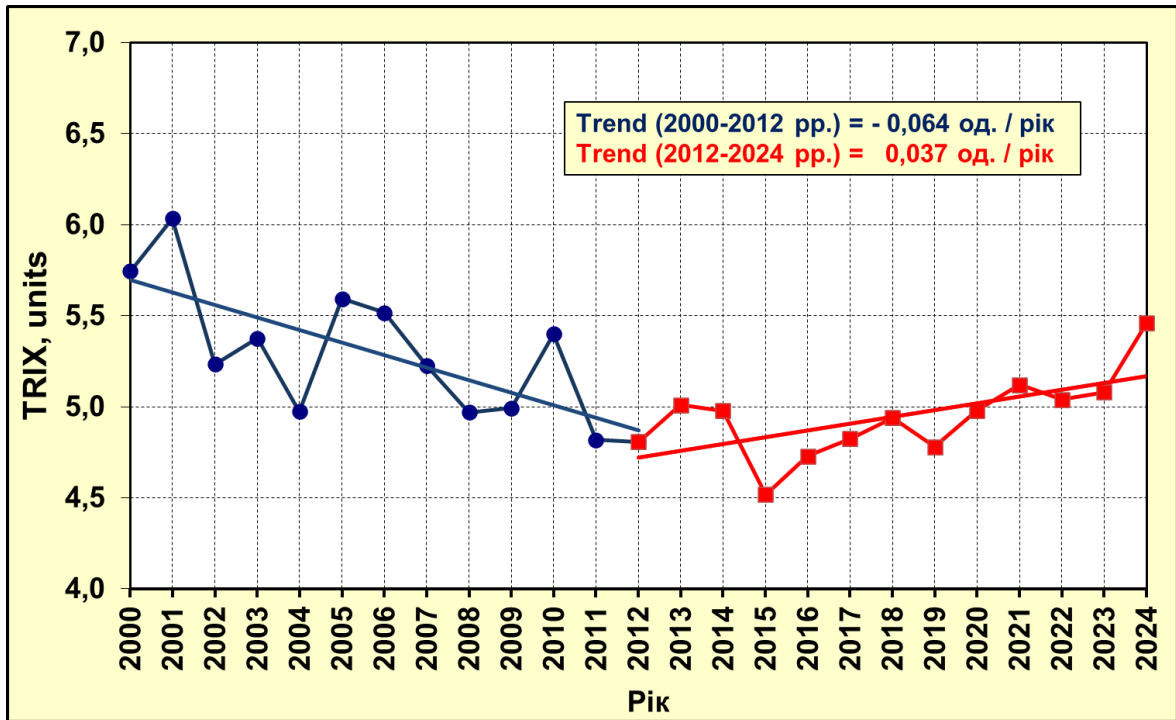


Рисунок 5.4 – Багаторічна мінливість трофічного та якості прибережних вод Одеського регіону ПЗЧМ за показником індексу TRIX

Таблиця 6.3 – Статистика кількості параметрів за роками д/в

Група параметрів	рік										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Гідрохімія	2	2	2	2	2			2			
ПАВ			16	17	17	18	18	18			
ПХБ	19	21	23	23	31	32	26	34			
Пестициди	11	12	12	12	12	14	14	14			
НВ	1	1	1	1	1	1	1	1			
Феноли	1	1	1	1	1	1	1	1			
Токсичні метали	12	10	12	12	11	12	11	12	12		

Таблиця 6.4 – Статистика кількості параметрів за роками у біоті

Група параметрів	рік										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ПХБ	20	23	23	23	30	31	26			35	
Пестициди	11	12	12	12	12	14	14			12	
Слідові залишки (важких) металів	11	10	11	11	11	11	11			11	
ПАВ			16	16	16	17	18			16	

Таблиця 6.5– Статистика кількості зразків за групами параметрів і за роками у воді

Група параметрів	рік										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Детергенти	10										
Гідрохімія	210	204	560	807	189	530	204	316	118	250	274
Гідрологія	212	312	302	409	48	275	124	168	56	124	124
Біогенні речовини	646	678	999	1337	288	957	396	552	217	427	434
ПАВ			889	1564	867	1422	432	486	136		357
ПХБ	342	657	1357	2139	1179	2560	624	1632	280	237	735
Пестициди	214	346	708	1116	612	1120	336	630	112	77	252
Нафтові вуглеводні	18	4	61	64		30		24		22	21
Феноли											
Радіонукліди											
Токсичні метали	180	480	525	990	509	780	240	480	50	70	140

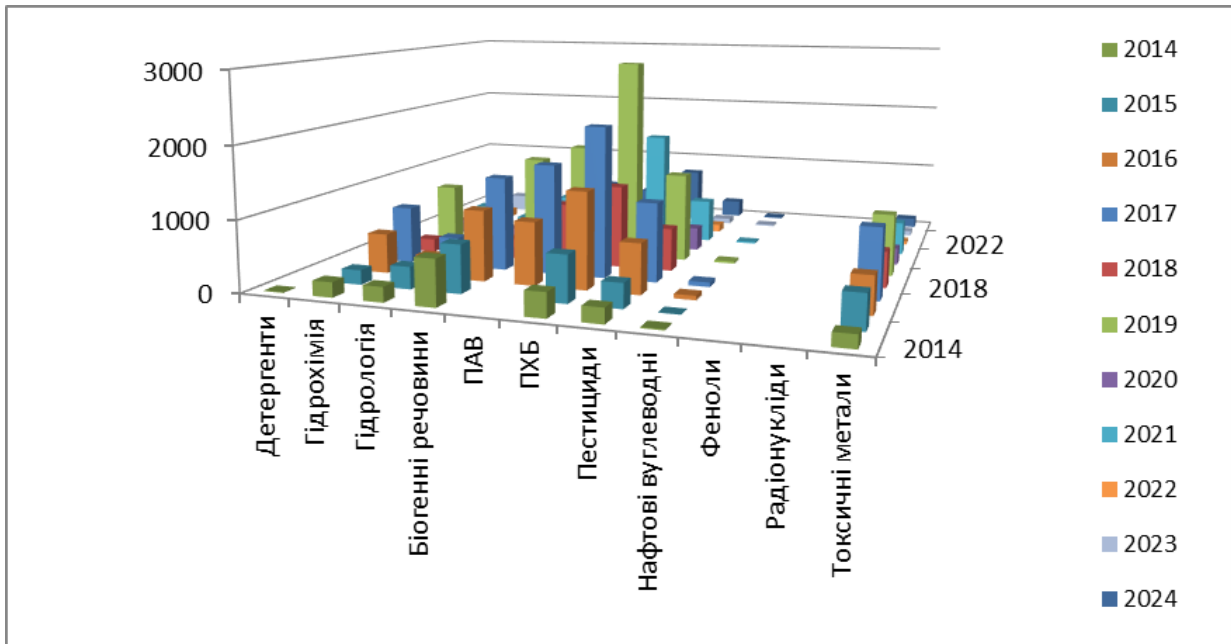


Рисунок 6.1 – Розподіл кількості зразків за групами параметрів і за роками у воді

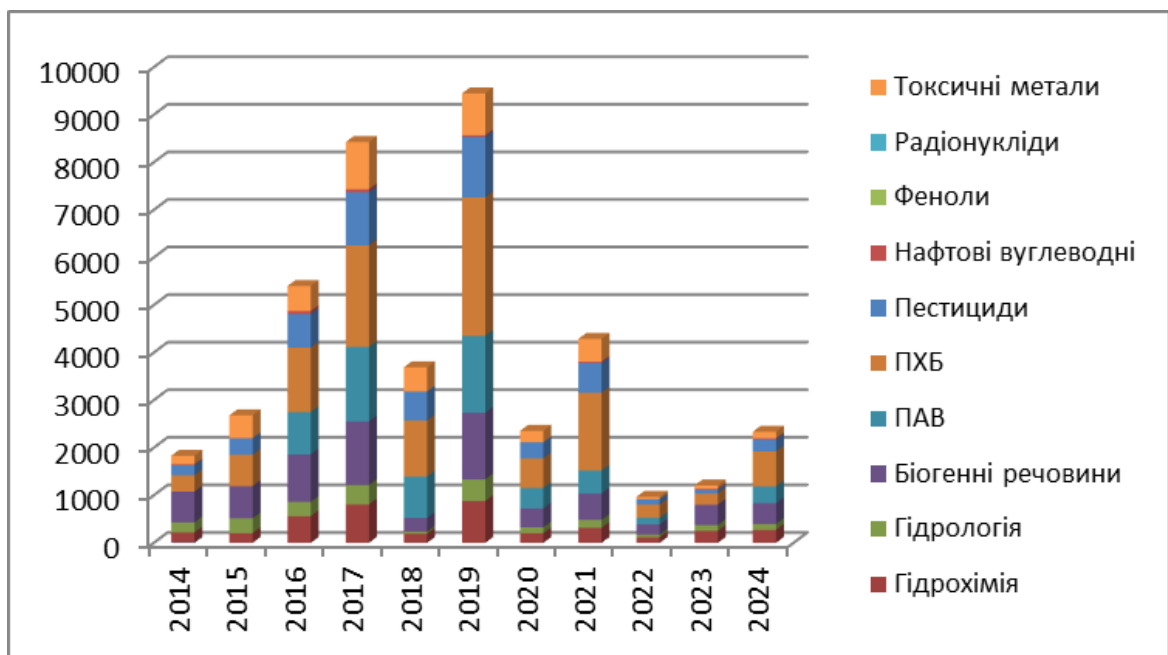


Рисунок 6.2 – Загальна кількість зразків для кожної групи параметрів у воді

Таблиця 6.6 – Статистика кількості зразків за групами параметрів і за роками у донних відкладеннях

Група параметрів	рік										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Hydrochemistry	20	56	64	88	24			48			
PAHs			416	833	442	702	216	198			
PCBs	266	684	621	1081	614	1344	312	888			
Pesticides	154	359	324	564	312	582	168	310			
Petroleum Hydrocarbons	15	26	39	49	24	24	12	24			
Phenols	10	19	39	44	24	39	12	24			
Radionuclides											
Trace (heavy) metals	180	330	348	588	312	504	132	288	24		

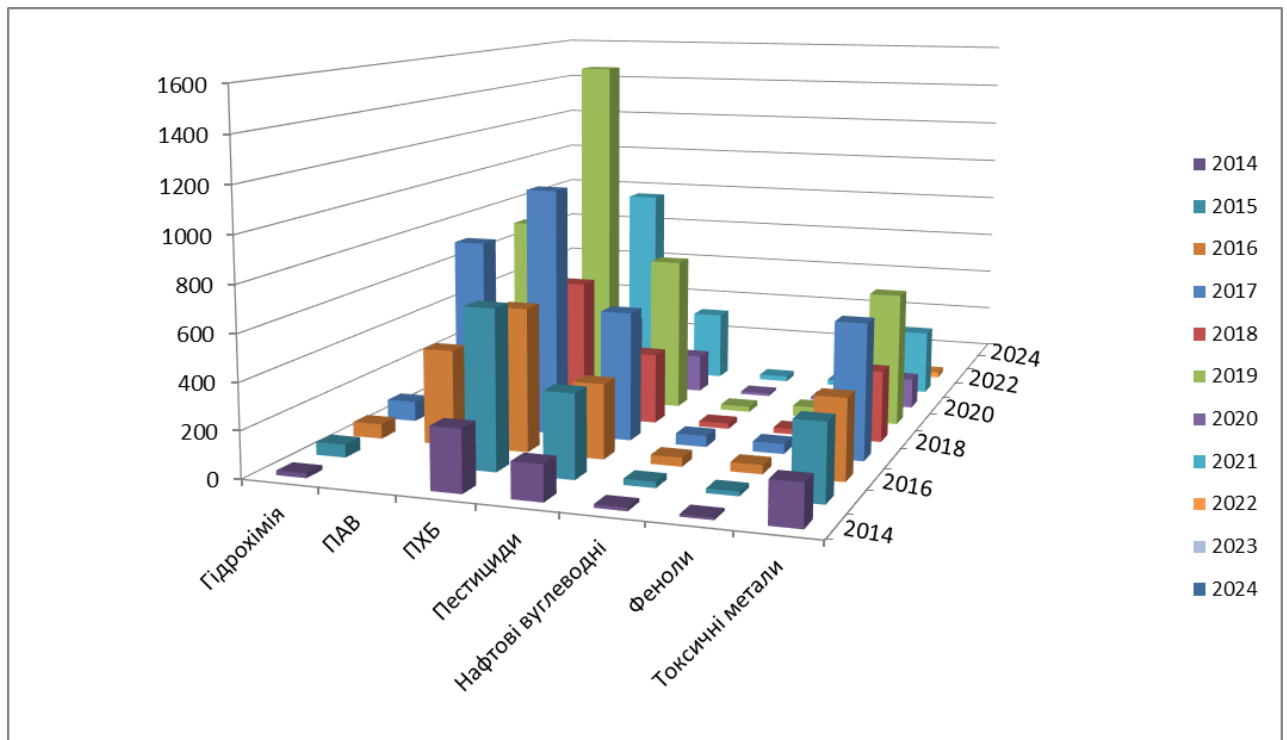


Рисунок 6.3 – Розподіл кількості зразків за групами параметрів і за роками у донних відкладеннях

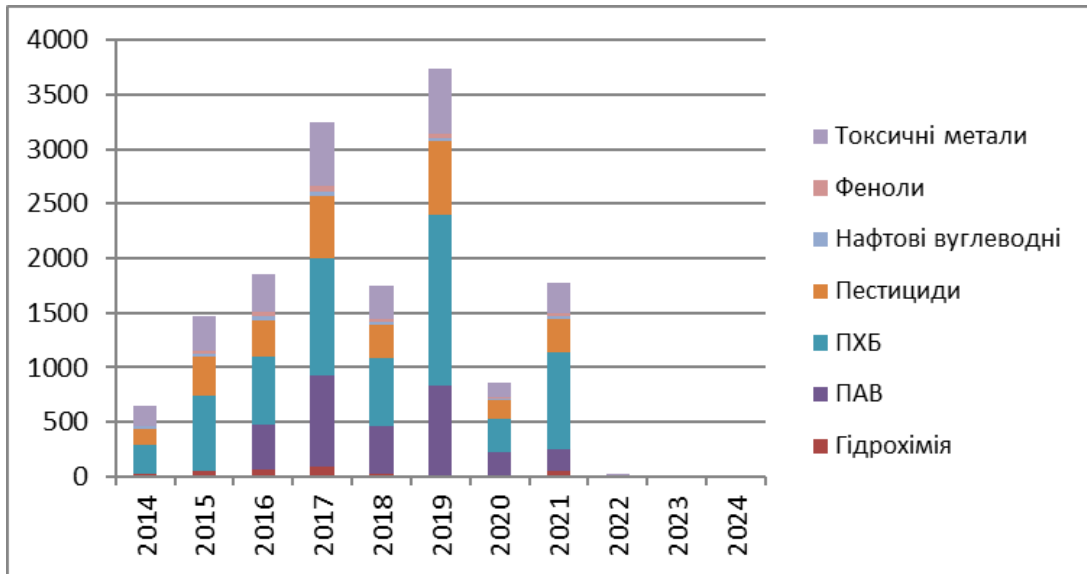


Рисунок 6.4 – Загальна кількість зразків для кожної групи параметрів у донних відкладеннях

Таблиця 6.7– Статистика кількості зразків за групами параметрів і за роками у біоті

Група параметрів	рік										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ПХБ	320	128	414	529	120	186	234			238	
Пестициди	176	69	216	276	48	84	126			84	
Токсичні метали	176	70	190	242	44	77	121			77	
ПАВ			288	368	64	102	162			112	

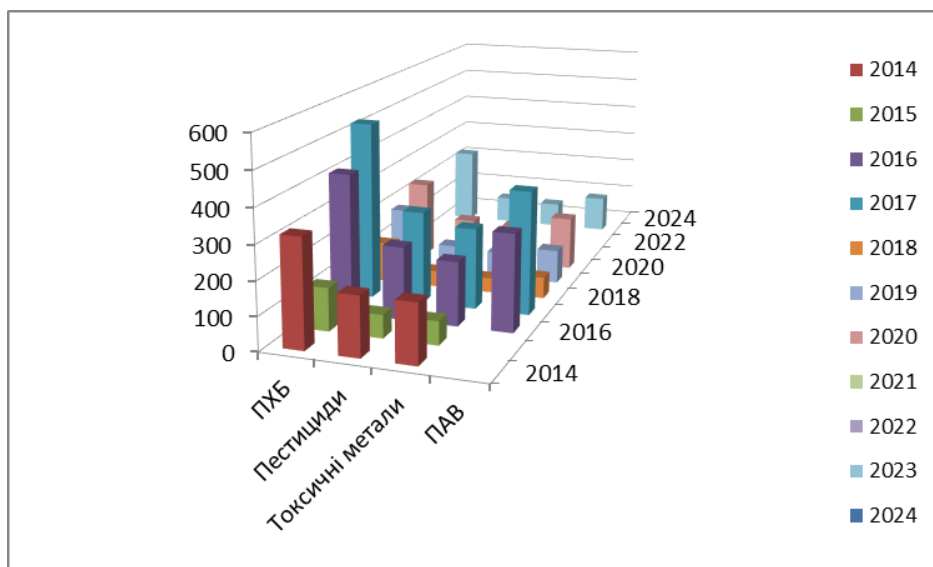


Рисунок 6.5 – Розподіл кількості зразків по групах параметрів і за роками у біоті

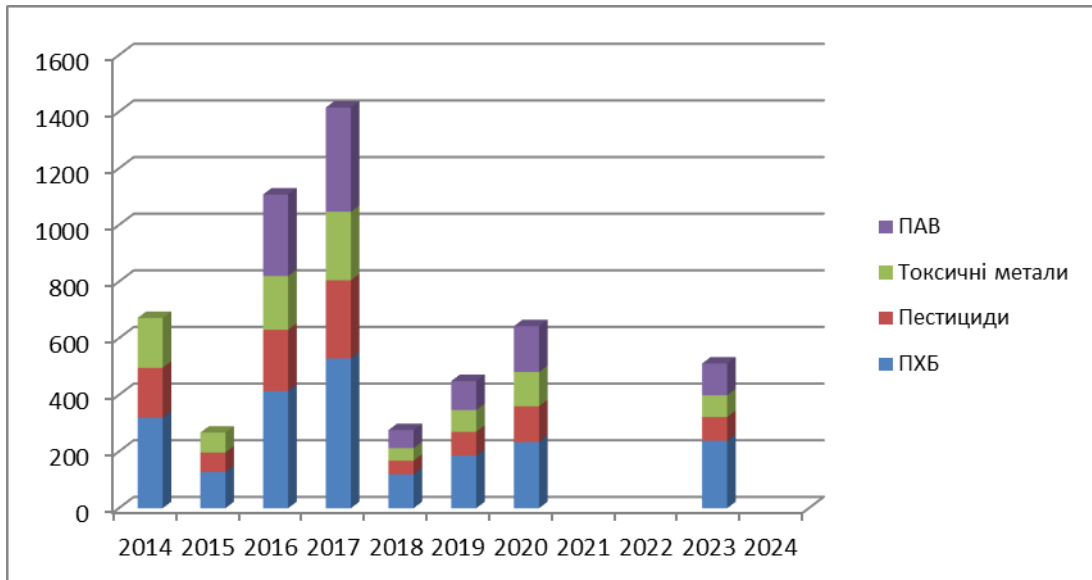


Рисунок 6.6 – Загальна кількість зразків для кожної групи параметрів у біоті

ВИСНОВКИ

Підготовлено щорічний звіт про виконання національної частини Програми Регіонального моніторингу забруднення вод Чорного моря, в якому відображена оцінка стану забруднення та оцінка біорізноманіття Чорного моря за форматом Секретаріату Чорноморської Комісії у 2024 р.

Всі дані представлені в часі і просторі з прив'язкою до географічної системі координат, занесені в таблиці Ексель відповідно до формату програми BSIMAP.

Проведено науковий аналіз отриманих даних моніторингу і підготовлені відповідні таблиці, карти просторового розподілу гідролого-гідрохімічних характеристик, діаграми та графіки стану гідробіонтів та рівня забруднення морської води, донних відкладів та гідробіонтів. Виконана оцінка рівня евтрофікації північно-західного шельфу Чорного моря на підставі розрахунків індексу TRIX для визначення категорії трофності вод.

Звіт України про стан морського середовища у 2024 році передано Секретаріату Чорноморської Комісії.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря: довідковий посібник [Текст] / І.Г. Орлова, М.Ю. Павленко, В.В. Український [та ін.]; відповід. ред. І.Д. Лоєва. – К.: КНТ, 2008. – 616 С.
2. Iarochevitch Alexei Proposal. For Delineation of Transitional and Coastal Water Bodies in the Ukrainian and Georgian part of the Black Sea and related maps (Draft). [Text] / Developed by: Alexei Iarochevitch/ This report has been produced with the assistance of the European Union. May 2017. – 28 p.

Публікації в 2024 році

1. Viktor Vyshnevskiy, Yuri Dykhanov, Viktor Komorin. Long-term changes in water level of the northwestern part of the black sea National Aviation University Geographia Polonica 2024, Volume 97, Issue 4, pp. 473-484 <https://doi.org/10.7163/GPol.0288>
2. V. M. Komorin. Mathematical model for managing marine ecosystem risks. No 33 (2024): Ukrainian hydrometeorological journal / Oceanography. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.33.2024.04>
3. Yu. S. Tuchkovenko, D. V. Kushnir, A. V. Torgonskiy, V. M. Komorin. The impact of the destruction of the Kakhovka reservoir dam on the oceanographic conditions in the north-western part of the Black Sea according to the results of modeling. Ukrainian hydrometeorological journal // September 2024. DOI:10.31481/uhmj.33.2024.05.
4. Implementing regional blue economy research and innovation strategies: a case study for the Black Sea. *Frontiers in Marine Science* Volume 11 – 2024. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1409689>
5. N. Alygizakis, N. Kostopoulou, G. Gkotsis, M.C. Nika, A. Orfanoti, P. Gol'din et al. Network analysis to reveal the most commonly detected compounds in predator-prey pairs in freshwater and marine mammals and fish in Europe // *Science of The Total Environment* – 2024. – P. 175303. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175303>
6. J. Ivanchikova, N. Tregenza, D. Popov, G. Meshkova, R.M. Paiu, C. Timofte, A. Amaha Öztürk, A.M. Tonay, A. Dede, U. Özsandıkçı, N. Kopaliani, D. Dekanoidze, Z. Gurielidze, K. Vishnyakova, P.S. Hammond, P. Gol'din. Seasonal and diel patterns in Black Sea harbour porpoise acoustic activity in 2020–2022 // *Ecology and Evolution* – 2024. – 14(10). – P. e70182. <https://doi.org/10.1002/ece3.70182>
7. R.-M. Paiu, A. Cañadas, A. Dede, G. Meshkova, D. Murariu, A.A.

Öztürk, D. Popov, A.M. Tonay, C. Timofte, N. Kopaliani, P. Gol'din, S. Panigada. Density and abundance estimates of cetaceans in the Black Sea through aerial survey (ASI/CeNoBS) // *Frontiers in Marine Science*. – 2024. – 11. – P. 1248950. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1248950>

8. D. Popov, G. Meshkova, K. Vishnyakova, J. Ivanchikova, M. Paiu, C. Timofte, A. Öztürk, A. Tonay, M. Panayotova, E. Düzgüneş, P. Gol'din. Assessment of the bycatch level for the Black Sea harbour porpoise in the light of new data on population abundance // *Frontiers in Marine Science*. – 2023. – 10. – P. 1119983. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1119983>

A. Krakhmalny, G. Terenko, M. Krakhmalnyi. Harmful Dinoflagellates in Odessa Bay (Black Sea). *An IOC Newsletter on Toxic Algae and Algal Blooms (1020-2706) (UNESCO UIOC)*, 2024-12, N. 77, P. 11-12. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00927/103927/115859.pdf>

9. Aleksandr F. Krakhmalnyi, Yuri B. Okolodkov, Galyna V. Terenko, Maxim A. Krakhmalnyi. Are *Protoperidinium knipowitschii* from the Sea of Azov and the Western Mediterranean *P. paulseni* (Dinoflagellata: Peridinales) Synonymous? *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(6), TRJFAS25068. <https://doi.org/10.4194/TRJFAS25068>

10. Aiken, M., Gladilina, E., Cakirlar, C., Telizhenko, S., Bejenaru, L., Bukhsianidze, M., Olsen, M.T. Gol'din, P. 2024. Earliest Records of Holocene Cetaceans in the Black Sea. *Journal of Quaternary Science* 39: 585-591. DOI: 10.1002/jqs.3609

11. Diana Vaičiūtė, Yevhen Sokolov, Martynas Bučas, Toma Dabulevičienė, Olga Zotova. Earth Observation-Based Cyanobacterial Bloom Index Testing for Ecological Status Assessment in the Open, Coastal and Transitional Waters of the Baltic and Black Seas. *Remote Sens.* 2024, 16(4), 696; <https://doi.org/10.3390/rs16040696>

12. Тучковенко Ю. С., Овчарук В. А., Мартинюк М. О, Газетов Є. І., Зотова О. В., Хохлов В. М., Jiang D., Tyler A. N. Сучасні підходи до моніторингу екологічного стану вод озерних екосистем // *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2024. Випуск 42. С. 35-50