

УДК 504.4.054.001.5; 504.4.06.001.5, 504.4.054.001.5; 504.4.06.001.5,
504.45.058; 504.4.054; 504.064

КП 87.19.03

№ держреєстрації 0122U201787

Інв. №

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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



Віктор КОМОРИН
« 19 » січня 2024 року

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Оцінка та діагноз стану морського середовища України в межах виключної
морської економічної зони та уточнення критеріїв оцінки доброго екологічного
стану морських регіонів у 2023 р.

ОЦІНКА СТАНУ МОРСЬКИХ ВОД ЗА ПОКАЗНИКАМИ
ЕВТРОФОВАНOSTІ ВІДПОВІДНО ДО ДЕС ЗА ДЕСКРИПТОРОМ 5 РДМС

Том 1

Науковий керівник НДР:

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

В.М. Коморін

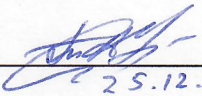
Рукопис закінчено 25 грудня 2023 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ,
протокол № 6 від 29 грудня 2023 р.

СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальний
виконавець:

В.о. начальника відділу
АМЕАН – начальника
МІАЦ




25.12.23

А. С. Тітяпкин
(вступ, висновки,
розділи 1, 2, 3)

Виконавці:

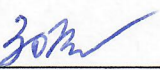
В.о. начальника відділу
НД та ОМБ



25.12.23

І. П. Третьяк
(розділ 3)

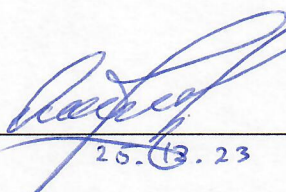
Наук. співроб. сектору
ГБД відділу НД та ОМБ



25.12.23

О. В. Зотова
(розділ 3)

В.о. начальника відділу
АД та ОМ



25.12.23

Ю. В. Олейнік
(розділ 1)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 71 с., 14 табл., 45 рис., 27 джерел, 1 Додаток.

ЧОРНЕ МОРЕ В МЕЖАХ ВИКЛЮЧНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ, ЕВТРОФІКАЦІЯ, ПОКАЗНИКИ ДОБРОГО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ, БАЗОВА ОЦІНКА, ПОКАЗНИКИ ІНДЕКСУ ТРОФНОСТІ І ЯКОСТІ МОРСЬКИХ ВОД.

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

Мета НДР – оцінка та діагноз евтрофікації морських вод України, що знаходяться під впливом антропогенного навантаження та природних чинників, оцінка масштабів евтрофікації та її негативних наслідків.

Методи дослідження – в НДР використовувалися традиційні методи аналітичного узагальнення даних та статистичного аналізу, на підставі екологічних спостережень виконаних Українським науковим центром екології моря в 2023 р., з залученням супутникової інформації, даних служби моніторингу морського середовища Copernicus – The Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS), Державної гідрометеорологічної служби України та літературних джерел. Інтегральна оцінка рівня трофності і якості вод виконувалась за комплексними показниками TRIX та BEAST (HELCOM).

Результати дослідження – визначені тенденції мінливості вмісту біогенних речовин в водах північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ). За показником мінливості середньої річної концентрації загального азоту відмічається тенденція до її підвищення за рахунок збільшення вмісту його органічної форми. Визначені умови «цвітіння» вод ПЗЧМ у 2023 р. в межах Одеського регіону (в водному масиві CW5), що обумовлювались розвитком синьо-зелених водоростей: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Dolichospermum flos-aquae* та *Microcystis aeruginosa* влітку та було наслідком катастрофи, яка сталась після підриву греблі Каховської гідроелектростанції.

ЗМІСТ

	С.
Перелік умовних позначень і скорочень	5
Вступ.....	6
1 Характеристика режиму абіотичних показників евтрофікації вод північно-західної частини Чорного моря у 2023 році.....	9
1.1 Мінливість гідрохімічного стану морських вод Одеського регіону	9
1.2 Внутрішньорічна мінливість абіотичних показників стану евтрофікації прибережних вод в рекреаційній зоні м. Одеса	15
1.3 Мінливість гідрохімічного стану вод Дунайського узмор'я	30
2 Оцінка екологічного стану шельфових вод України за індивідуальними показниками	38
2.1 Оцінка екологічного стану морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря за даними середніх річних показників біогенних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації морських вод.....	38
2.2 Оцінка екологічного стану морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря за даними середніх сезонних показників біогенних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації морських вод.....	42
3 Оцінка стану і тенденцій евтрофікації шельфових вод України за комплексними показниками	50
3.1 Показник трофності і якості вод TRIХ.....	50
3.2 Оцінка евтрофікації шельфових вод України за показником TRIХ	52
3.3 Методика оцінки ступеню евтрофікації морських вод BEAST.....	58
3.4 Оцінка евтрофікації шельфових вод України за показником BEAST.....	60
Висновки.....	63
Перелік джерел посилання.....	66
Додаток А.....	70

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

БР	- біогенні речовини
ГДК	- гранично допустима концентрація
ДЕС	- Добрий екологічний стан
КЕС	- клас екологічного статусу
НДР	- науково-дослідна робота
ПЗЧМ	- північно-західна частина Чорного моря
ПЗШ ЧМ	- північно-західний шельф Чорного моря
СКВ	- середнє квадратичне відхилення
УкрНЦЕМ	- Український науковий центр екології моря
ЧМ	- Чорне море
БСК ₅	- біологічне споживання кисню
BEAST	- методика оцінки рівня евтрофікації
EQR	- показник якості і трофності вод
MSFD	- Рамкова Директива про морську стратегію
N(NH ₄)	- азот амонійний
N(NO ₃)	- азот нітратний
N(NO ₂)	- азот нітритний
DIN	- сума розчинених мінеральних форм азоту
DIP	- фосфор фосфатний; мінеральні форми фосфору
Ref. Con.	- (Reference Conditions) нормальні умови
TN	- азот загальний
TP	- фосфор загальний
P(PO ₄)	- фосфор фосфатний
pH	- водневий показник
Si(SiO ₄)	- кремній
TRIX	- (trophic index) індекс трофності і якості вод
WFD	- Водна Рамкова Директива

ВСТУП

Несприятливі і згубні процеси, які пов'язані з евтрофікацією морських вод, виникають в результаті збільшення кількості біогенних речовин і надмірного розвитку фітопланктону. У зв'язку з цим зменшується прозорість морської води, виникають процеси «цвітіння», під пікноклином і в придонних шарах шельфової зони в теплий період року розвиваються зони гіпоксії і аноксії, що відповідно призводить до замору і гибелі придонних і донних організмів. Наряду з забрудненням токсичними речовинами та біологічним забрудненням чужорідними вселенцями і нераціональним використанням біоресурсів моря, евтрофікація морських вод є одним із головніших чинників антропогенних порушень [1], що спостерігаються в екосистемі Чорного моря (ЧМ). Результатами наслідків евтрофікації, як відомо [1]-[2], є деградація флори і фауни бенталі, що особливо помітно на північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ) в зменшенні площі полів та біомаси філофори, мідій та їх біоценозу. Вважається, що основними джерелами біогенного забруднення морських вод є річковий стік та берегові точкові джерела, до яких у першу чергу відносяться випуски стічних вод різних суб'єктів господарювання, які розташовані у береговій зоні. На долю річок ПЗЧМ припадає біля 79 % загального стоку річок Чорного моря [3]. Річковий стік на ПЗЧМ надходить з території 18 країн, розташованих, цілком чи частково, у басейнах Дунаю, Дніпра, Південного Бугу та Дністра.

Одним з важливих і актуальних екологічних завдань є виконання Загальнодержавної програми охорони і відродження природного середовища Чорного і Азовського морів [4], Програми державного моніторингу вод (в частині діагностичного моніторингу прибережних та морських вод Чорного та Азовського морів) [5] і забезпечення Морської природоохоронної стратегії України [6], що розроблена згідно Угоди про Асоціацію між Україною та Європейським Союзом, зокрема в частині імплементації

Директиви Європейського Парламенту та Ради 2008/56/ЄС від 17 червня 2008 р. [7] про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері екологічної політики щодо морського середовища (Рамкова директива про морську стратегію), та з урахуванням Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 р. [8] "Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики" (Водна рамкова директива).

Відповідно до рамкової Директиви морської стратегії 2008/56/ЄС [7] та рішення Європейської комісії 2017/848/ЄС [9] про встановлення критеріїв і методологічних стандартів належної екологічної якості морських водних масивів оцінка їх здійснюється відповідно дескриптору D5 (евтрофікація), за наступними первинними і вторинними критеріями:

- D5C1 – первинний критерій. Поживні речовини у товщі води: розчинений неорганічний азот (DIN), загальний азот (TN), розчинений неорганічний фосфор (DIP), загальний фосфор (TP);
- D5C2 – первинний критерій. Хлорофіл-а у товщі води;
- D5C3 – вторинний критерій. Шкідливе цвітіння водоростей (наприклад, ціанобактерій) у товщі води;
- D5C4 – вторинний критерій. Фотична межа (прозорість) товщі води;
- D5C5 – первинний критерій (може бути замінений на D5C8). Розчинений кисень в нижній частині водяного стовпа;
- D5C6 – вторинний критерій. Опортуністичні макроводорості донних середовищ існування;
- D5C7 – вторинний критерій. Спільноти макрофітів (багаторічні морські водорості та морські трави, такі як фукоїди, вугор і трава Нептуна) донних середовищ існування;
- D5C8 – вторинний критерій (за винятком випадків, коли використовується як заміник D5C5). Спільноти макрофауни донних середовищ існування.

Програма екологічного моніторингу УкрНЦЕМ включає виміри щодо комплексної оцінки стану забруднення та евтрофікації, концентрацію поживних речовин, показників первинних і вторинних критеріїв (особливо рівнів вмісту хлорофілу, планктону та кисню) у прибережних водах відповідно до Водної Рамкової Директиви (WFD) і у морських водах, що визначено Рамковою Директивою про морську стратегію (MSFD), є предметом загальної оцінки доброго екологічного стану (ДЕС). Загальна оцінка стану евтрофікації виконується на підставі методик розрахунку індексу трофності морських вод TRIX та на підставі трьох груп показників за методикою BEAST або HEAT-3.0 Гельсінської комісії (HELCOM).

НДР «Оцінка та діагноз стану морського середовища України в межах виключної морської економічної зони та уточнення критеріїв оцінки доброго екологічного стану морських регіонів у 2023 р.» виконувалась в рамках напрямку наукових досліджень УкрНЦЕМ «Оцінка стану морських вод за показниками евтрофованості відповідно до дес за дескриптором 5 РДМС» згідно завдань «Програми державного моніторингу вод (в частині діагностичного моніторингу прибережних та морських вод Чорного та Азовського морів)» та міжнародних зобов'язань України щодо захисту Чорного моря від забруднення та Угоди про Асоціацію між Україною та Європейським Союзом в частині імплементації Директив Європейського Парламенту про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері екологічної політики щодо морського середовища Чорного моря.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМУ АБІОТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ У 2023 РОЦІ

1.1 Мінливість гідрохімічного стану морських вод Одеського регіону

На екологічний стан Одеського регіону значно впливають прибережні антропогенні джерела, що пов'язані з діяльністю портів, промислових підприємств, комунально-побутових та сільських господарств. Крім цього, на якість морських вод суттєво впливає стік трансформованих річних вод Дніпра і Південного Бугу. В результаті цих факторів в морське середовище цього регіону надходить значна кількість біогенних речовин (БР), що сприяє розвитку процесу евтрофікації і, як наслідок, призведе до змін гідрохімічного режиму вод акваторії, зниження їх якості і погіршення екологічного стану. Стік в морське середовище за сумою розчинених мінеральних сполук азоту і фосфору від антропогенних джерел Одеського регіону в 1,5 рази перевищує їх стік р. Південного Бугу [10], [11]. Антропогенні прибережні джерела сумісно з річковим стоком БР та сумісно з природними факторами обумовлюють формування гідрохімічного режиму вод, ступеню їх трофності і значно впливають на стан морської екосистеми шельфу України.

Екологічний моніторинг стану прибережних вод Одеського регіону в 2023 р. через військові дії виконувався УкрНЦЕМ на підставі даних європейської служби моніторингу морського середовища The Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) програми Європейського Союзу зі спостереження за Землею Copernicus, створеної в 2014 р. відповідно до регламенту ЄС № 377/2014 Європейського парламенту та Ради [12] і спрямованої на вивчення нашої планети та її навколишнього середовища на благо всіх європейських громадян. Програма Copernicus пропонує інформаційні послуги, які опираються на дані супутникового спостереження

Землі та дані in-situ (не з космосу). Керує та координує Програму Copernicus Європейська Комісія в партнерстві з Союзом, державами-членами, Європейським космічним агентством (ESA), Європейською організацією з експлуатації метеорологічних супутників (EUMETSAT), Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF), агентствами ЄС і некомерційною організацією Mercator Ocean International, яка перебуває в процесі переходу на міжурядову організацію та надає океанічні науково обґрунтовані послуги загального інтересу, зосереджені на збереженні та сталому використанні океану, морів і морських ресурсів [13].

Сучасний рівень біогенного навантаження і просторову мінливість вмісту БР в морських водах вздовж узбережжя Одеського регіону в 2023 р. характеризують дані аналізу і прогнозу з фізичного та біогеохімічного стану екосистем морської служби Copernicus.

При оцінці стану евтрофікації, за визначенням Європейської комісії [9], показник вмісту розчиненого у воді кисню в нижній частині водного стовпа є первинним критерієм евтрофікації. Вміст кисню і його зміни є індикатором відношення інтенсивності первинної продукції органічної речовини і інтенсивності її біохімічного окислення.

Вміст кисню (O_2) в прибережних водах Одського регіону (водні масиви CW4-CW7) в 2023 р. змінювався в діапазоні від 1,5 мг/дм³ до 14,3 мг/дм³, а відносне насичення кисню знаходилось в межах від 13,8 % до 151,6 %, наведено в таблиці 1.1. Середнє річне значення вмісту кисню за водними масивами CW4-CW7 склало 9,5 мг/дм³ (104,5 % насичення).

В просторовому розподілі за абсолютним значенням максимальний вміст кисню в 2023 р. відмічався в середині квітня в водному масиві CW4 – 14,3 мг/дм³, а максимальне насичення 151,6 % – в кінці травня у водному масиві CW7. Підвищені значення вмісту кисню спостерігались взимку та на початку весни, а насичення – в весінній та літній періоди, що обумовлювалось інтенсивними процесами фотосинтезу фітопланктону (рис. 1.1 та 1.2).

Таблиця 1.1 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих прибережних вод Одеського регіону в 2023 р.

Показник	O ₂	O ₂	pH **	Прозорість
	мг/дм ³	% насичення	од. рН	м
CW4				
Кількість визначень	334	334	334	334
Середнє	9,9	109,1	8,27	3,3
Максимум	14,3	139,6	8,42	13,5
Мінімум	6,5	57,8	8,15	1,3
СКВ ***	1,4	11,9	0,07	2,2
CW5				
Кількість визначень	334	334	334	334
Середнє	10,0	110,3	8,27	3,6
Максимум	14,0	141,0	8,41	15,0
Мінімум	4,7	41,0	8,16	1,3
СКВ	1,4	14,2	0,07	2,4
CW6				
Кількість визначень	334	334	334	334
Середнє	9,08	99,62	8,29	3,09
Максимум	13,60	139,23	8,46	14,25
Мінімум	1,52	13,88	8,16	1,32
СКВ	1,81	18,33	0,09	2,15
CW7				
Кількість визначень	334	334	334	334
Середнє	9,17	99,04	8,42	2,49
Максимум	12,71	151,64	8,61	9,63
Мінімум	5,05	53,61	8,16	1,39
СКВ	1,61	15,55	0,17	1,15

* – Водневий показник
** – Середнє квадратичне відхилення

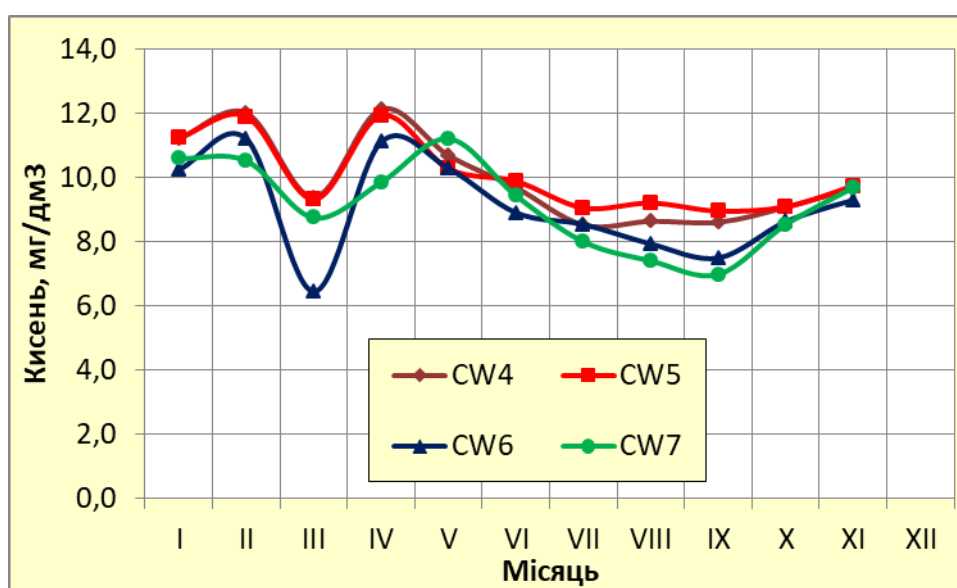


Рисунок 1.1 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень абсолютного вмісту кисню в прибережних водах Одеського регіону в 2023 р.

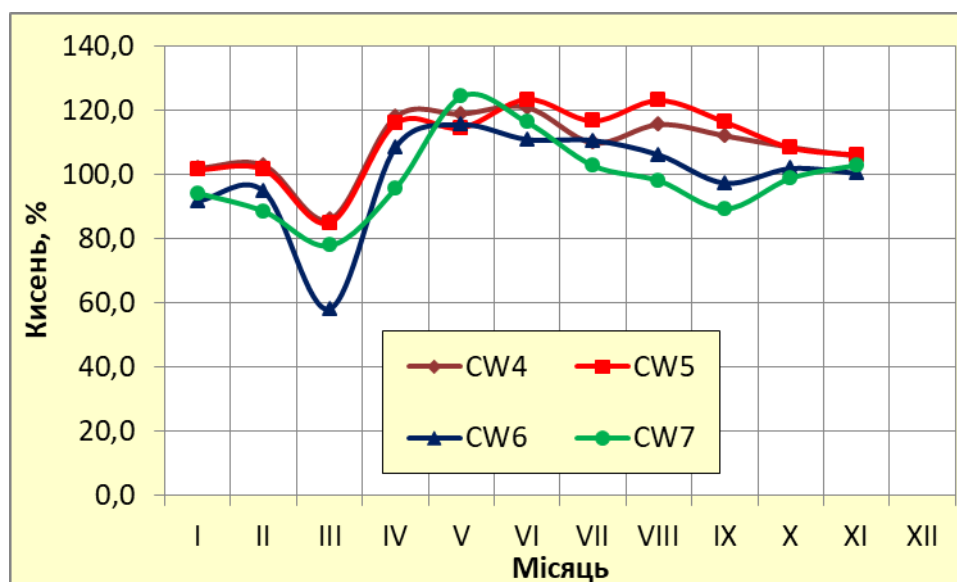


Рисунок 1.2 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень відносного вмісту кисню в прибережних водах Одеського регіону в 2023 р.

Понижені значення вмісту кисню в прибережних водних масивах CW4-CW7 у 2023 р. одночасно спостерігались переважно у першій половині березня, при цьому в масиві CW6 (Одеська затока) значення вмісту кисню були меншими за значення гранично допустимої концентрації (ГДК) ($4,0 \text{ мг/дм}^3$) у внутрішніх морських водах та територіальному морі України [14]-[15]. В цілому, середньорічні значення вмісту кисню водних масивів CW4-CW7 за класами екологічного статусу (КЕС) відповідали «відмінному» та «доброму» статусу якості, проте в річному ході, особливо в березні, – «задовільному», «посередньому» та «поганому» екологічним статусам.

Значення водневого показника в 2023 р. в прибережних водах Одеського регіону змінювались в діапазоні від 8,16 од. рН до 8,61 од. рН при середньому – 8,31 од. рН. Середньорічні значення рН не перевищували ГДК (8,50 од. рН) визначеного у внутрішніх морських водах та територіальному морі України і за КЕС по показнику рН водні масиви CW4-CW7 Одеського регіону відповідали «доброму» екологічному стану якості. Проте, середньомісячні значення рН водного масиву CW7 трохи перевищували ГДК в першій половині року та не відповідали «доброму» екологічному стану якості.

Значення прозорості в водних масивах CW4-CW7 Одеського регіону змінювались в діапазоні від 1,3 м до 15,0 м при середньому – 3,1 м. Висока прозорість вод спостерігалась в січні. В цілому, середні місячні значення прозорості в водних масивах Одеського регіону змінювались в діапазоні від 2,5 м до 3,6 м і відповідали переважно «задовільному», «посередньому» та «поганому» статусам та не відповідали «доброму» екологічному стану.

Рівні суми поживних речовин, що визначенні Європейською комісією, є головними показниками стану евтрофікації. Узагальненні дані моніторингу евтрофікації водойм світу переконливо підтверджують провідну роль у цьому процесі фосфору й азоту. Надмірна кількість розчинених мінеральних поживних речовин, фосфору, азоту та їх органічних сполук призводять до небажаних наслідків евтрофікації включаючи зміни в структурі та функціонуванні всієї морської екосистеми і зниження її стабільності.

Вміст фосфору фосфатного в прибережних водних масивах CW4-CW7 Одеського регіону в 2023 р. змінювався в широкому діапазоні від аналітичного нуля (< 5 мкг/дм³) до 127 мкг/дм³, при середньому значенні 10,8 мкг/дм³ (рис. 1.3), яке відповідає «відмінному» екологічному статусу.

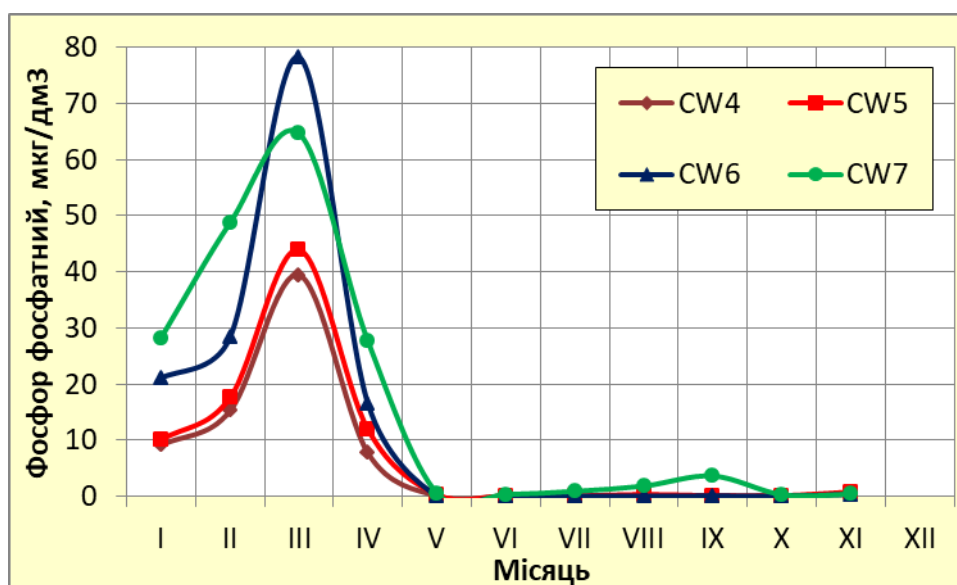


Рисунок 1.3 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень фосфору фосфатного в прибережних водах Одеського регіону в 2023 р.

Максимальні значення фосфору фосфатного (78-127 мкг/дм³) в водних масивах CW4-CW7 (табл. 1.2), які спостерігались в березні, відповідали «поганому» статусу та не відповідали «доброму» екологічному стану.

Таблиця 1.2 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в прибережних поверхневих водах Одеського регіону в 2023 р.

Показник	P(PO ₄)	N(NO ₃)	P(PO ₄)	N(NO ₃)	P(PO ₄)	N(NO ₃)	P(PO ₄)	N(NO ₃)
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Водний масив	CW4		CW5		CW6		CW7	
Кількість визначень	334	334	334	334	334	334	334	334
Середнє	6,54	256,62	7,7	274,1	13,11	320,56	15,90	559,85
Максимум	81,59	1033,27	93,9	1327,9	126,88	1658,42	77,84	1902,87
Мінімум	< 5,0	42,08	< 5,0	39,2	< 5,0	0,39	< 5,0	72,23
СКВ	14,01	178,25	16,2	206,5	26,03	363,28	22,81	549,12

Вміст азоту нітратного в поверхневих прибережних водах Одеського регіону в 2023 р. змінювався в діапазоні від аналітичного нуля (< 5,0 мкг/дм³) до 1902,8 мкг/дм³. Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень азоту нітратного відображено на рисунку 1.4.

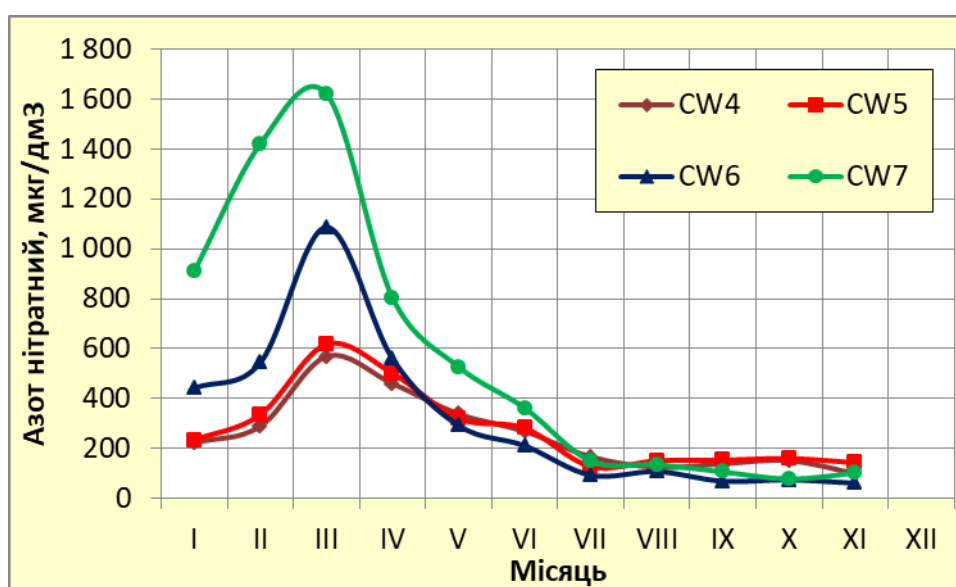


Рисунок 1.4 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень азоту нітратного в прибережних водах Одеського регіону в 2023 р.

Середньорічні (257-560 мкг/дм³) та максимальні (1033-1903 мкг/дм³) значення азоту нітратного в водних масивах CW4-CW7, які також спостерігались в березні, відповідали «поганому» статусу та не відповідали «доброму» екологічному стану.

Підвищені концентрації фосфору фосфатного та азоту нітратного спостерігалась в зимовий та весінній періоди в усіх спостережуваних водних масивах.

1.2 Внутрішньорічна мінливість абіотичних показників стану евтрофікації прибережних вод в рекреаційній зоні м. Одеса

У 2023 р. екологічні спостереження охоплювали результати регулярного комплексного моніторингу (один раз у тиждень) на двох станціях водного масиву CW5 в районах мису Малий Фонтан та Одеського яхт-клубу. Після підриву дамби Каховської гідроелектростанції за підтримки волонтерів, з допомогою місцевих органів влади, рятувально-водолазної служби було здійснено відбір проб води та донних відкладів з р. Дніпро поблизу м. Херсон, затоплених територій, Дніпровсько-Бузького лиману, в Чорному морі поблизу м. Очаків, в Одеській затоці та с. Приморське. Карту-схему просторового розподілу станцій відбору проб води та донних відкладів представлено на рисунку 1.5.

Регулярні екологічні спостереження, які виконуються УкрНЦЕМ в рекреаційній зоні м. Одеси водного масиву CW5 з початку XXI сторіччя з періодичністю раз у тиждень, дозволяють виконати оцінку як внутрішньорічної мінливості, так і оцінити довгострокові тенденції в змінах ступеню евтрофікації прибережних вод, віддалених від промислових районів.

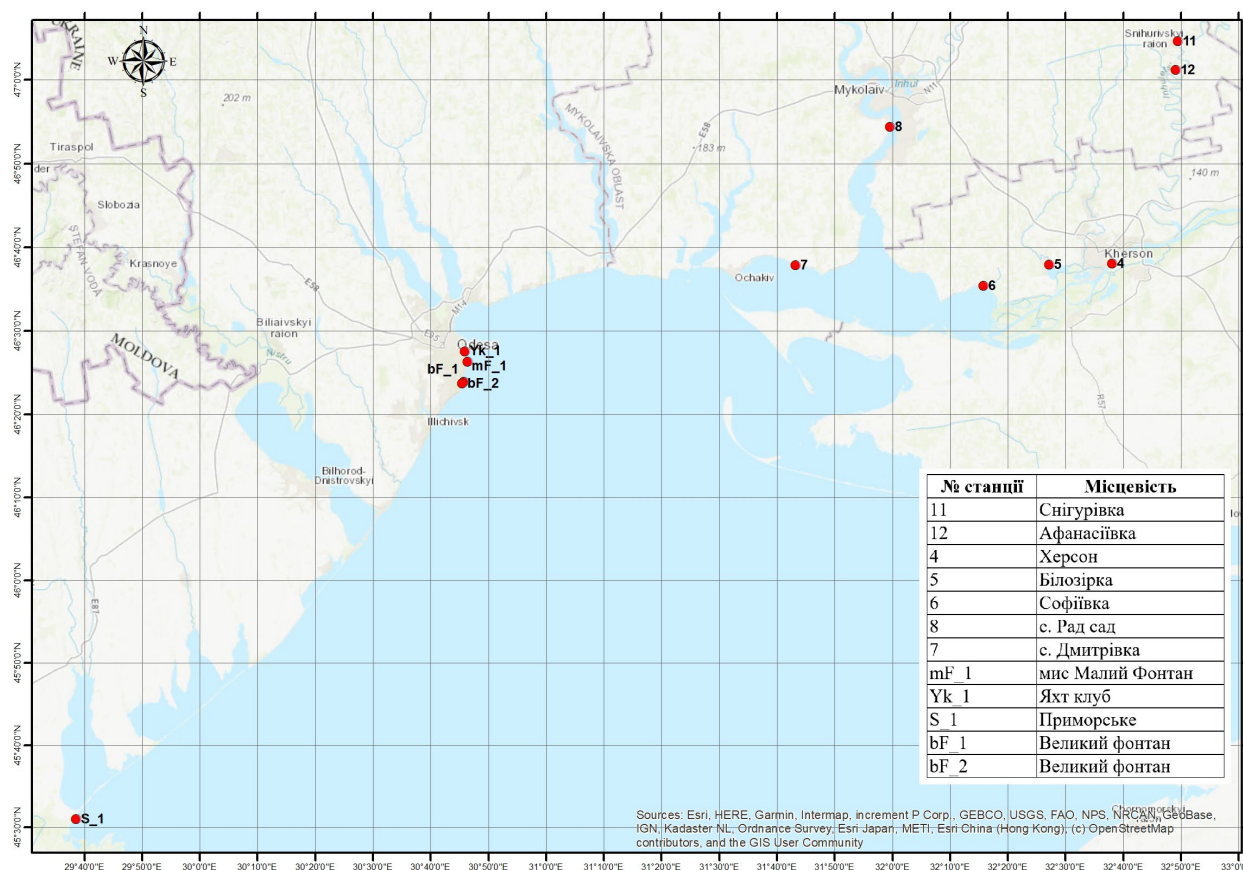


Рисунок 1.5 – Станції моніторингу у 2023 році

Вміст кисню в поверхневих і придонних водах є гарним показником стану їх якості і ступеню евтрофікації. У 2023 р. в прибережних водах м. Одеса за даними вимірювань вміст кисню змінювався в діапазоні від $5,7 \text{ мг/дм}^3$ до $12,3 \text{ мг/дм}^3$ (від 68,6 % до 125,0 % насичення). Середній вміст кисню був на рівні $9,0 \text{ мг/дм}^3$ (100,2 % насичення). Максимальне значення вмісту кисню $11,1 \text{ мг/дм}^3$ спостерігалось в середині січня в районі Одеського яхт-клубу, а максимальне насичення 123,0-125,0 % – в середині червня в районі місів Малий Фонтан та Великий Фонтан, а також в районі Одеського яхт-клубу. Мінімальні значення вмісту кисню $5,7\text{-}5,9 \text{ мг/дм}^3$ спостерігались на початку та в кінці жовтня в районі Одеського яхт-клубу, а мінімальне насичення 68,6 % – в кінці жовтня в районі Одеського яхт-клубу (табл. 1.3).

В цілому, за даними вимірювань значення вмісту кисню рекреаційної зони м. Одеси були трохи нижчими за рівень гранично-допустимої концентрації $6,0 \text{ мг/дм}^3$, визначеної для вод рибогосподарських водойм [16],

але були більшими за рівень гранично-допустимої концентрації 4,0 мг/дм³, визначеної для внутрішніх морських вод та територіальних морів України. Значення вмісту кисню водного масиву CW5 відповідали «доброму» екологічному стану, проте окремі значення у жовтні відповідали «задовільному» статусу.

Таблиця 1.3 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих вод водного масиву CW5 у 2023 р.

Показник	O ₂	O ₂	БСК ₅	pH
	мг/дм ³	% насичення	мг/дм ³	од. рН
Кількість визначень	63	61	63	63
Середнє	9,0	100,2	1,5	8,66
Максимум	12,3	125,0	3,1	9,04
Мінімум	5,7	68,6	0,4	8,25
СКВ	1,5	12,6	0,7	0,18

В річному ході максимальний вміст кисню відмічався в зимові періоди і зменшувався з підвищенням температури води, що обумовлюється зменшенням ступеню його розчинності, що зображено на рисунку 1.6.

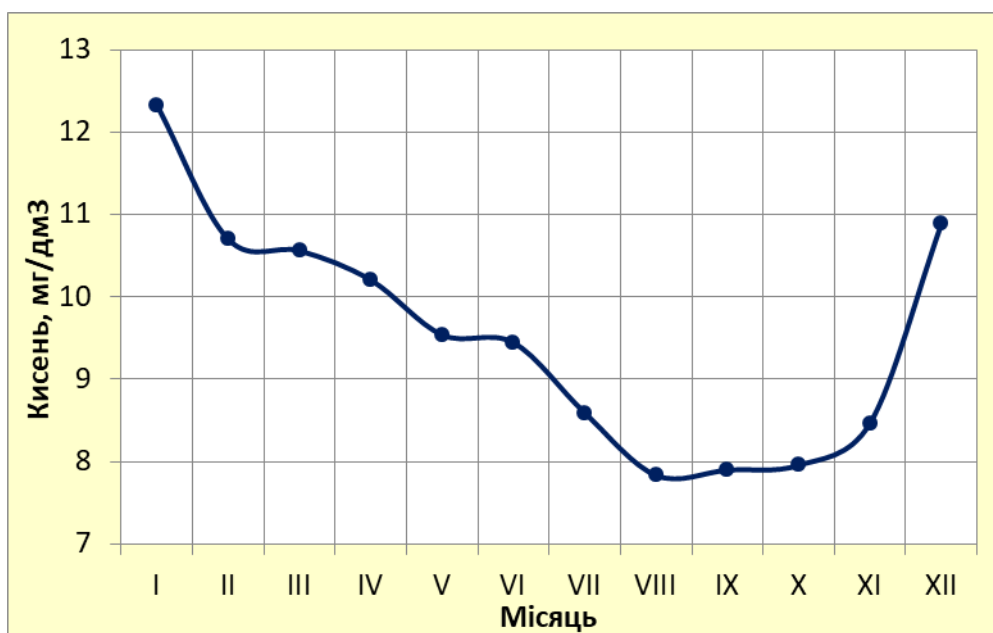


Рисунок 1.6 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень абсолютного вмісту кисню в прибережних водах м. Одеси в 2023 р.

Підвищене насичення вод киснем спостерігалось в літні періоди 2023 р., що обумовлювалось інтенсифікацією процесів фотосинтезу фітопланктону, що наведено на рисунку 1.7.

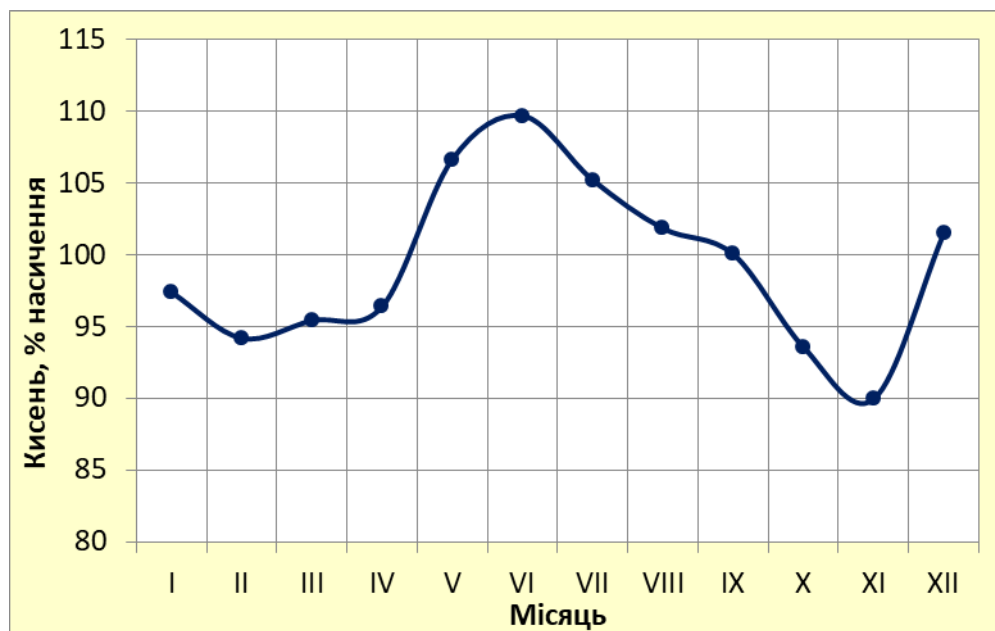


Рисунок 1.7 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень відносного вмісту кисню в прибережних водах м. Одеси в 2023 р.

Біологічне споживання кисню (БСК₅) в 2023 р. змінювалось в діапазоні від 0,4 мг/дм³ до 3,1 мг/дм³ при середньому значенні – 1,5 мг/дм³. Незначне перевищення значення ГДК (3,0 мг/дм³ визначеного для вод рибогосподарських водойм) спостерігалось в середині червня та очевидно було викликане значним надходженням органічних речовин з Дніпровсько-Бузького лиману, як наслідок після підриву дамби Каховської гідроелектростанції. Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень БСК₅ наведена на рисунку 1.8.

Значення водневого показника в 2023 р. в прибережних водах м. Одеси за даними вимірювань коливались в діапазоні від 8,25 од. рН до 9,04 од. рН і в середньому склало 8,66 од. рН., що перевищувало ГДК визначених для внутрішніх морських вод України (8,50 од. рН). Перевищення ГДК

відмічались з квітня по грудень 2023 р. (рис. 1.9), максимум значень рН зафіксовано 20 червня – 9,04 од. рН.

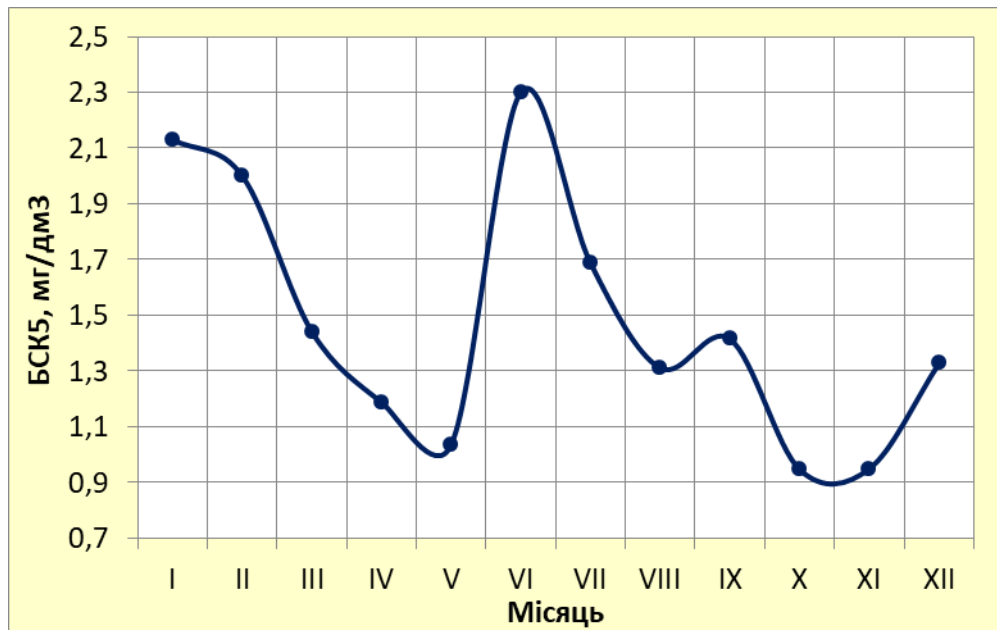


Рисунок 1.8 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень біологічного споживання кисню в прибережних водах м. Одеси в 2023 р.

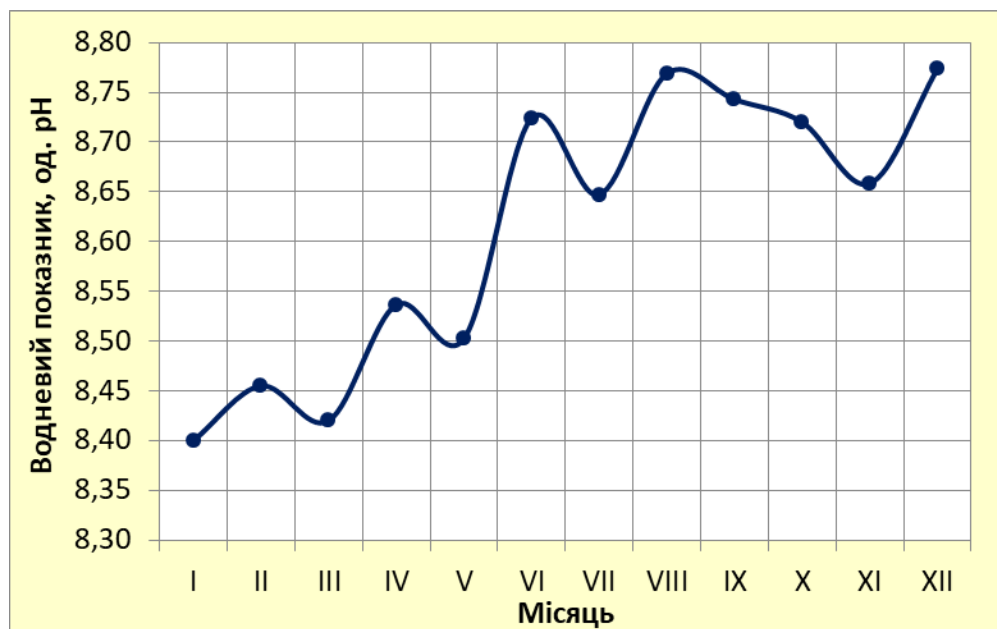


Рисунок 1.9 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень водневого показника в прибережних водах м. Одеси в 2023 р.

Вміст розчиненого фосфору фосфатного в прибережних водах рекреаційної зони м. Одеси у 2023 р. змінювався від аналітичного нуля < 5,0 мкг/дм³ до 42,6 мкг/дм³ (таблиця 1.4) і в середньому складав 15,5 мкг/дм³, що за екологічною класифікацією відповідало «доброму» статусу. Проте, максимальні концентрації фосфору фосфатного, які спостерігались в осінній та зимовий періоди (від 18,4 мкг/дм³ до 42,6 мкг/дм³) відповідали «задовільному», «посередньому» та «поганому» статусам і не відповідали доброму екологічному стану.

Таблиця 1.4 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в поверхневих водах рекреаційної зони м. Одеса у 2023 р.

Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	TN	Si(SiO ₄)
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Кількість визначень	58	61	58	61	63	63	63
Середнє	15,5	35,5	5,4	226,5	54,4	3083,1	269,2
Максимум	42,6	92,3	22,2	681,0	245,0	14853,0	701,0
Мінімум	< 5,0	7,2	0,8	0,6	< 15,0	352,0	4,4
СКВ	13,2	17,9	5,0	177,8	52,7	2713,9	164,8

В річній мінливості середнього місячного вмісту фосфору фосфатного підвищені концентрації спостерігаються в осінньо-зимовий період за рахунок зимових процесів вертикального обміну і надходження фосфору фосфатного до поверхні з придонного шару. В весняний і літній періоди вміст фосфатів зменшується за рахунок біохімічного споживання їх фітопланктоном, що наведено на рисунку 1.10.

Вміст фосфору загального (суми мінеральних і органічних сполук) в 2023 р. в рекреаційній зоні м. Одеса змінювався в діапазоні від 7,2 мкг/дм³ до 92,3 мкг/дм³, а середнє річне значення склало 35,5 мкг/дм³, що за екологічною класифікацією якості відповідало «задовільному» статусу. Починаючи з червня і до кінця року спостерігались підвищені концентрації загального фосфору, які відповідали переважно «посередньому» статусу, що очевидно є наслідком катастрофи на Каховській гідроелектростанції. В річній

мінливості концентрації фосфору загального, представлено на рисунку 1.11, переважав вміст його органічної форми.

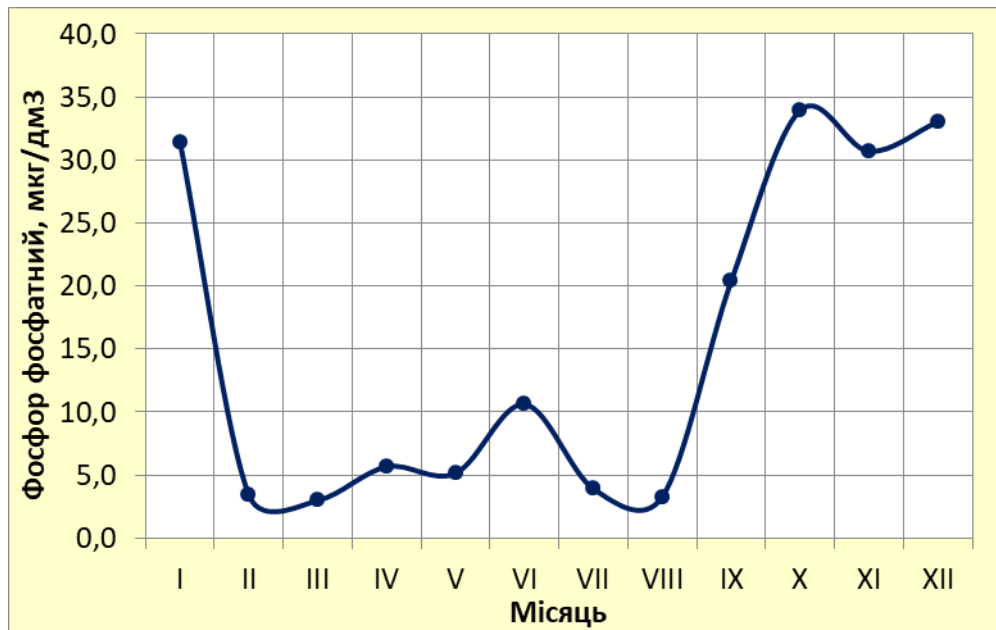


Рисунок 1.10 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень вмісту фосфору фосфатного в прибережних водах м. Одеси в 2023 р.

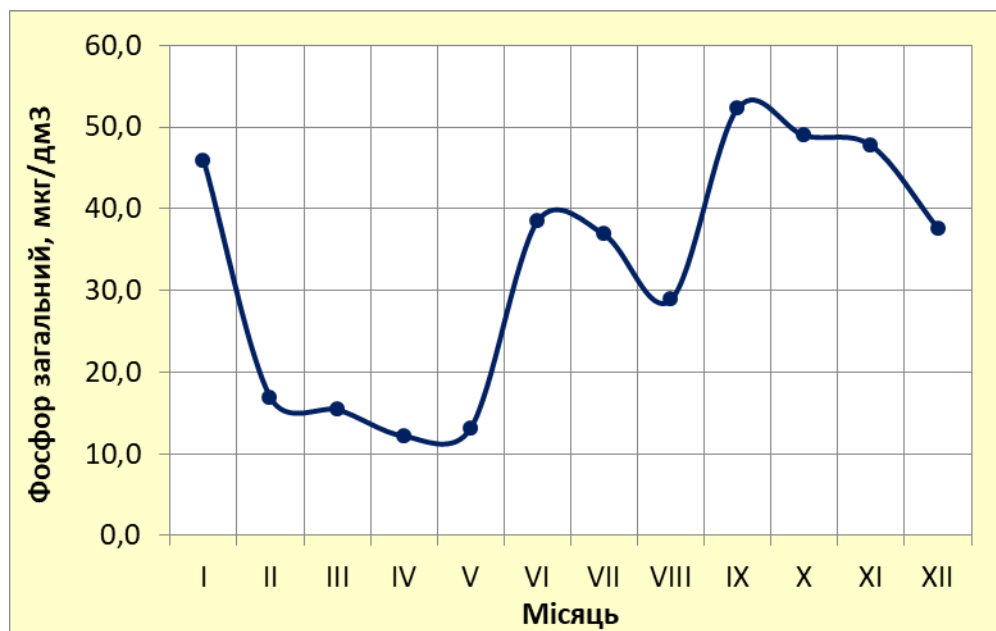


Рисунок 1.11 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень вмісту фосфору загального в прибережних водах м. Одеси в 2023 р.

За даними багаторічних спостережень 2000-2023 рр. в прибережних водах масиву CW5 Одеського регіону ЧМ спостерігається тенденція зменшення мінерального DIP і загального фосфору TP. Середній річний вміст фосфору фосфатного в цей період змінювався в діапазоні від 23,9 мкг/дм³, на початку XXI сторіччя, до 9,3 мкг/дм³ в 2015 р. (рис. 1.12). В останні п'ять років середній річний вміст фосфору фосфатного в прибережних водах в цьому районі знаходився в діапазоні від 10,6 мкг/дм³ до 15,5 мкг/дм³, при середньому 12,4 мкг/дм³. Рівень вмісту середніх річних значень концентрації фосфору фосфатного в рекреаційній зоні водного масиву CW5 відповідає доброму екологічному стану при значенні ДЕС 16,4 мкг/дм³.

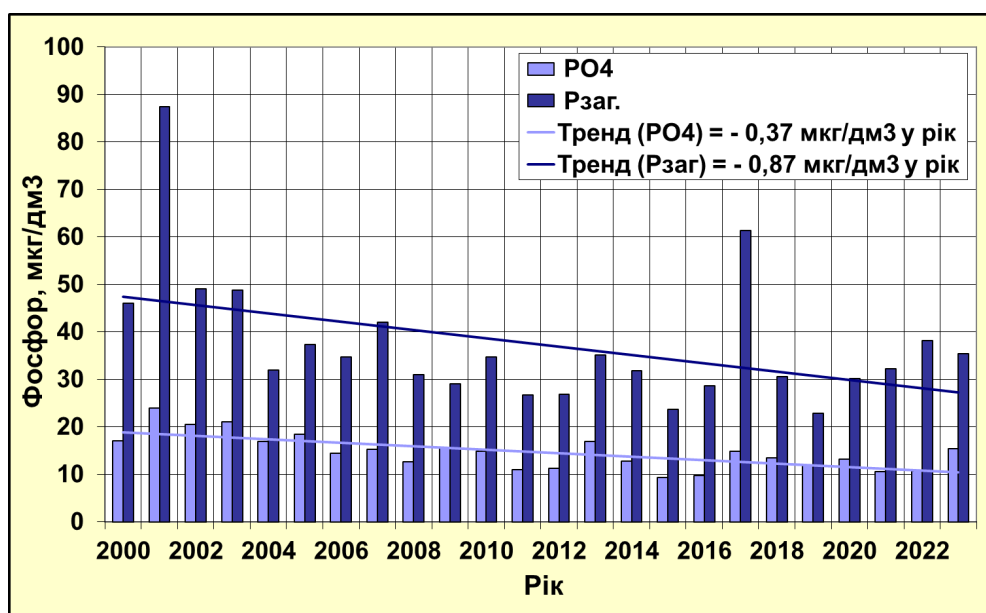


Рисунок 1.12 – Багаторічні зміни вмісту фосфору фосфатного і загального в прибережних водах масиву CW5 в рекреаційній зоні району м. Одеса

Вміст азоту нітритного в прибережних водах м. Одеси в 2023 р. змінювався в діапазоні від 0,8 мкг/дм³ до 22,2 мкг/дм³ і в середньому складав 5,4 мкг/дм³, що відповідало «посередньому» екологічному статусу. В річному ході вмісту середнього місячного азоту нітритного підвищені значення, які відповідали «поганому» статусу вод, спостерігались в осінній та зимовий

періоди, а також в червні як наслідок забруднення морських вод, що сталося в результаті підриву греблі Каховської гідроелектростанції (рис. 1.13).

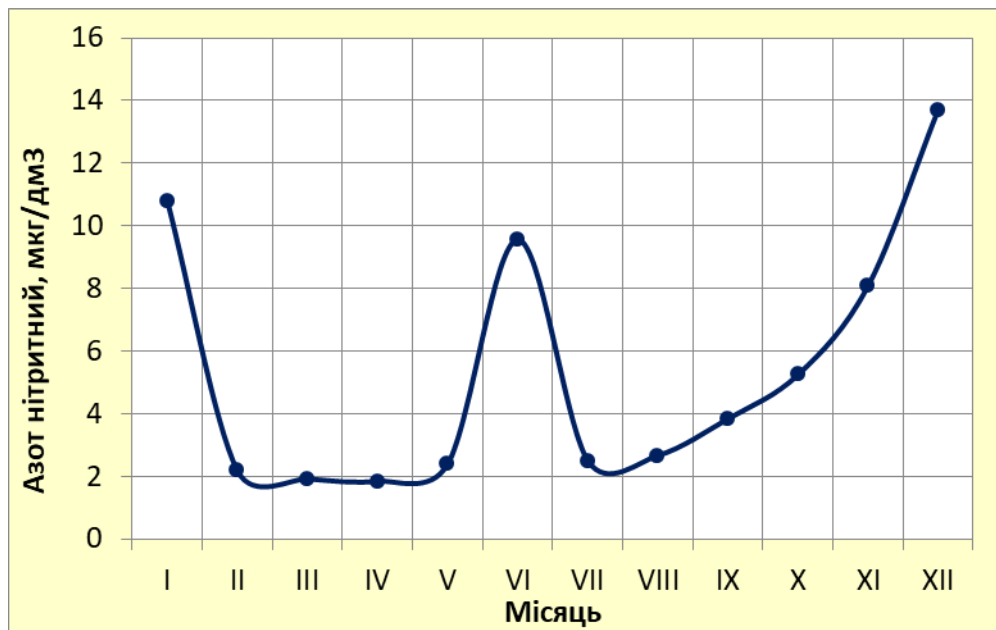


Рисунок 1.13 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень вмісту азоту нітритного в прибережних водах м. Одеси в 2023 р.

Вміст азоту нітратного в 2023 р. в прибережних водах м. Одеса коливався в межах від 0,6 мкг/дм³ до 681,0 мкг/дм³ при середньому річному значенні 226,5 мкг/дм³ і фактично весь рік відповідав «поганому» екологічному статусу. В річному ході середні місячні значення азоту нітратного досягали дуже високих значень в зимовий, літній та осінній періоди, наведено на рисунку 1.14.

Вміст азоту амонійного в прибережних водах зони рекреації м. Одеси у 2023 р. коливався в межах від аналітичного нуля < 15 мкг/дм³ до 245 мкг/дм³ при середньому річному значенні 54,4 мкг/дм³), що відповідало «поганому» екологічному статусу. Високі значення концентрації азоту амонійного реєструвались до кінця року в районах мису Малий Фонтан та Одеського яхт-клубу переважно після катастрофи, що сталась в результаті підриву греблі Каховської гідроелектростанції (рис. 1.15).

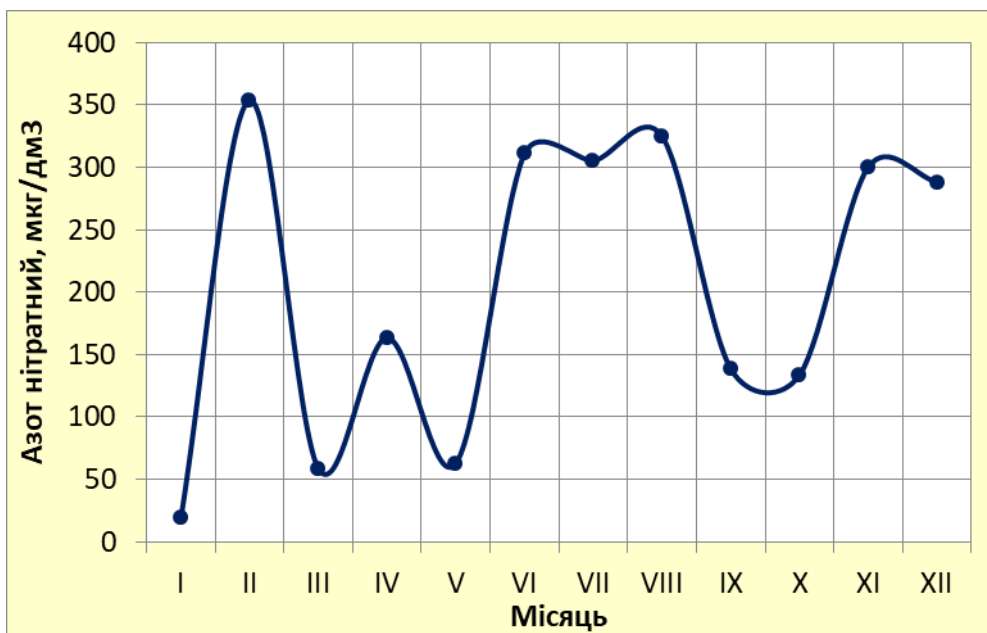


Рисунок 1.14 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень вмісту азоту нітратного в прибережних водах м. Одеси в 2023 р.

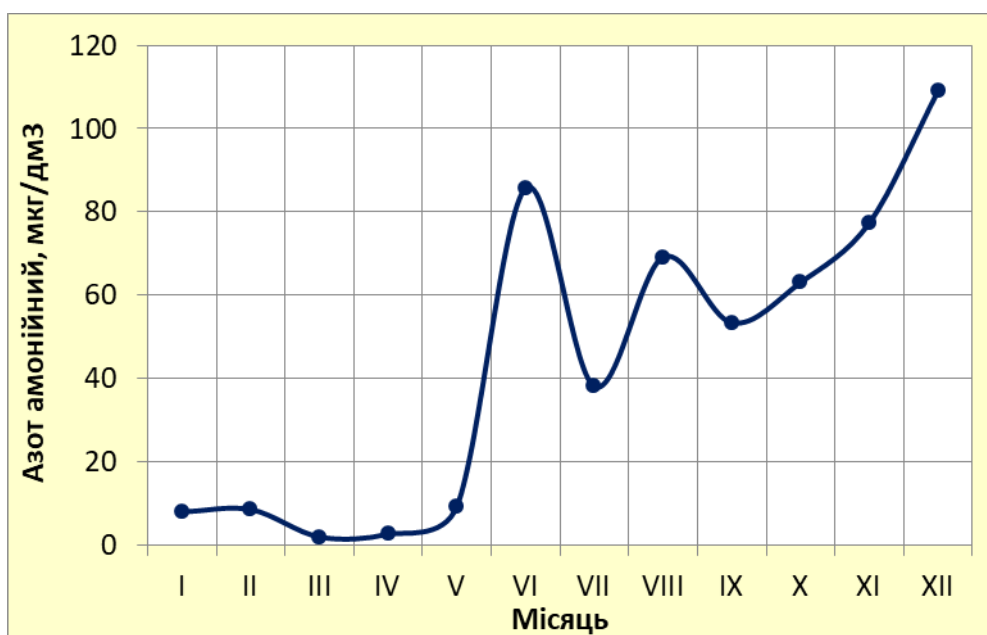


Рисунок 1.15 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень вмісту азоту амонійного в прибережних водах м. Одеси в 2023 р.

Сума вмісту мінеральних форм азоту в прибережних водах м. Одеси в зоні рекреації в 2023 р. змінювалась в межах від 2,9 мкг/дм³ до 732,6 мкг/дм³ і в середньому за рік становила 278,8 мкг/дм³, що відповідало «поганому» статусу якості вод. В сумі мінеральних форм азоту у 2023 р. максимальний

внесок 72 % припадає на азот нітратний, 4 % – на азот нітритний і 24 % – на азот амонійний, тому річний хід середньої місячної суми мінеральних форм азоту в цілому співпадає з ходом нітратного азоту.

Концентрації азоту загального в прибережних водах м. Одеси в зоні рекреації в 2023 р. змінювались в діапазоні від 352 мкг/дм³ до 14853 мкг/дм³, при середньому значенні за рік 3083 мкг/дм³, що за екологічною класифікацією якості вод відповідало «поганому» статусу. За даними спостережень співвідношення Норг. / Нмін. в середньому дорівнювало 18,1 од. В цілому, річний хід органічної складової азоту практично співпадає з ходом азоту загального, тому що в його складі значно переважає органічна форма. В річному ході середнього місячного вмісту загального азоту максимуми відмічаються в зимові місяці, що наведено на рисунку 1.16.

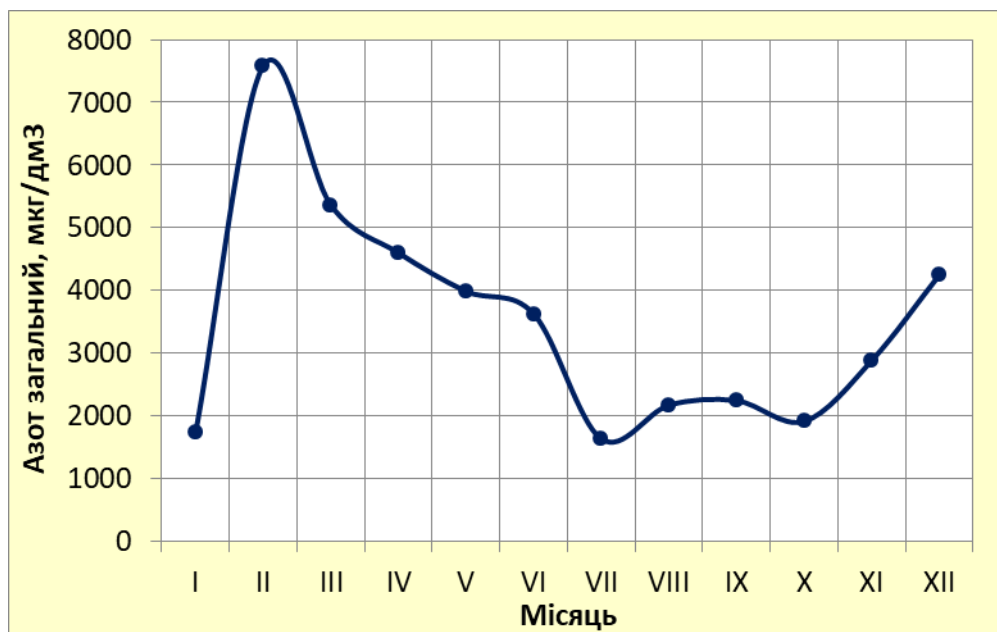


Рисунок 1.16 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень вмісту азоту загального в прибережних водах м. Одеси в 2023 р.

В багаторічному плані 2000-2023 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. 1.17), проте за останні чотири роки концентрації

зросли з 47,7 мкг/дм³ в 2020 р. до 286,4 мкг/дм³ в 2023 р. В 2023 р. 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 року становить -0,28 мкг/дм³ у рік.

На відміну від суми мінеральних форм азоту, середній річний вміст загального азоту в період 2000-2023 рр. виявляє тенденцію підвищення його вмісту за рахунок органічної складової. Середня річна концентрація TN в цей період в прибережному масиві вод CW5 ЧМ коливалась в діапазоні від 335 мкг/дм³ в 2002 р. до 3083 мкг/дм³ в 2023 р. Відношення Норг./ Nмін. поступово зростало від 1,7 в 2001р. до 10,6 в 2019 р., в 2023 р. це відношення становило 10 од. В останні п'ять років середній річний вміст TN знаходився в діапазоні від 522 мкг/дм³ до 3083 мкг/дм³, при середньому значенні 1128 мкг/дм³. У 2023 р. середній річний вміст TN 3083 мкг/дм³ в водному масиві CW5 не відповідав рівню ДЕС (314 мкг/дм³) і був аномально високим за рахунок його органічної складової, що очевидно пов'язано з впливом воєнних дій на стан поверхневих водотоків, що впадають у Чорне море.

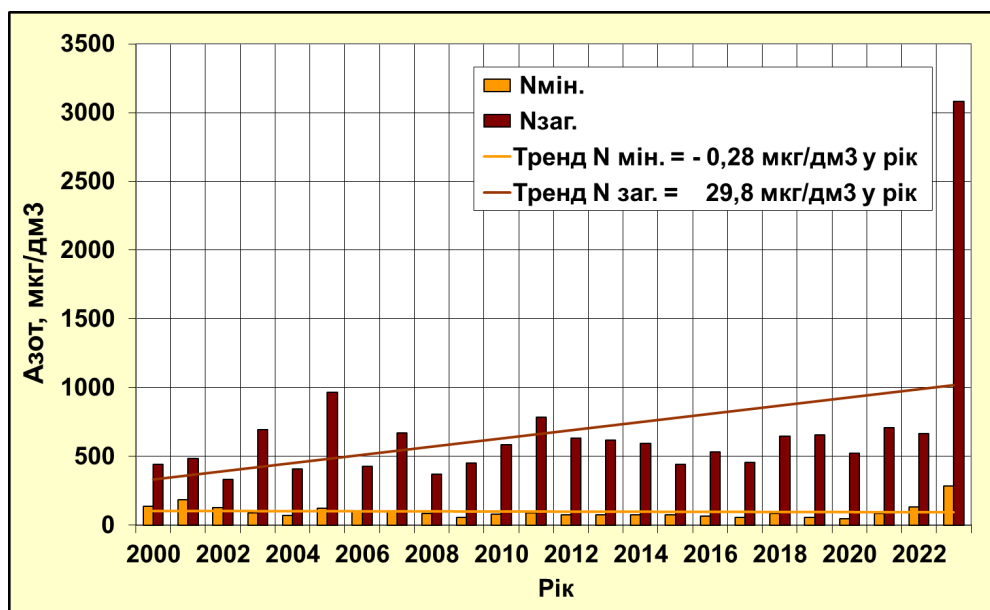


Рисунок 1.17 – Багаторічні зміни вмісту азоту мінерального і загального в прибережних морських водах масиву CW5 в рекреаційній зоні м. Одеса

Тенденція до зниження вмісту мінеральних сполук азоту визначається за його індивідуальними показниками нітритного і амонійного азоту, що відображено на рисунку 1.18.

Вміст нітритного азоту у період 2000-2023 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 3,2 мкг/дм³. В останні п'ять років середній вміст азоту нітритного знаходився в діапазоні від 2,0 мкг/дм³ до 5,4 мкг/дм³. В 2023 р. його середній вміст був на рівні 5,4 мкг/дм³, що відповідало «посередньому» екологічному статусу та не відповідало рівню ДЕС (3,0 мкг/дм³) для водного масиву CW5.

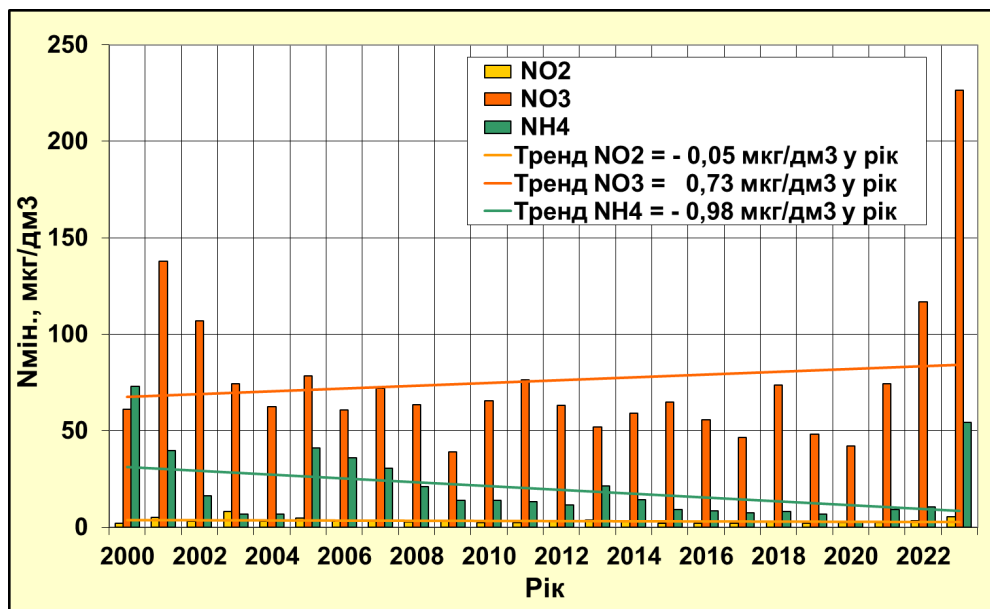


Рисунок 1.18 – Багаторічні зміни вмісту мінеральних форм азоту в прибережних морських водах м. Одеса масиву CW5

Середній річний вміст азоту нітратного в 2000-2023 рр. змінювався в межах від 39,2 мкг/дм³ до 226,5 мкг/дм³ і був на рівні 75,9 мкг/дм³. Максимум азоту нітратного відмічався у 2023 р., а до цього у 2001 р. Тенденція лінійного тренду до збільшення вмісту азоту нітратного складала 0,7 мкг/дм³ у рік. У 2023 р. середній вміст азоту нітратного 226,5 мкг/дм³ для прибережного водного масиву CW5 не відповідав рівню ДЕС (45,2 мкг/дм³).

Вміст амонійного азоту в період 2000-2023 рр. за даними середніх річних значень коливався в діапазоні від 3,0 мкг/дм³ до 73,1 мкг/дм³, з максимумом у 2000 р. В середньому за цей період його вміст був на рівні 19,7 мкг/дм³. Загальна тенденція до зниження його вмісту склала 1,0 мкг/дм³ у рік. За останні п'ять років азот амонійний знаходився в діапазоні від 3,0 мкг/дм³ до 54,4 мкг/дм³ і складав в середньому за цей період 16,8 мкг/дм³. У 2023 р. середній вміст амонійного азоту 54,4 мкг/дм³ для прибережного водного масиву CW5 не відповідав рівню ДЕС (4,5 мкг/дм³).

Концентрації кремнію в прибережних водах м. Одеси в 2023 р. змінювались в широкому діапазоні від аналітичного нуля (< 10,0 мкг/дм³) до 701 мкг/дм³. Середнє значення за рік в зоні досліджень склало 269 мкг/дм³ та за екологічною класифікацією якості вод відповідало «задовільному» статусу. В річному ході середнього місячного вмісту кремнію максимальні його значення спостерігались в зимовий та осінній періоди (рис. 1.19).

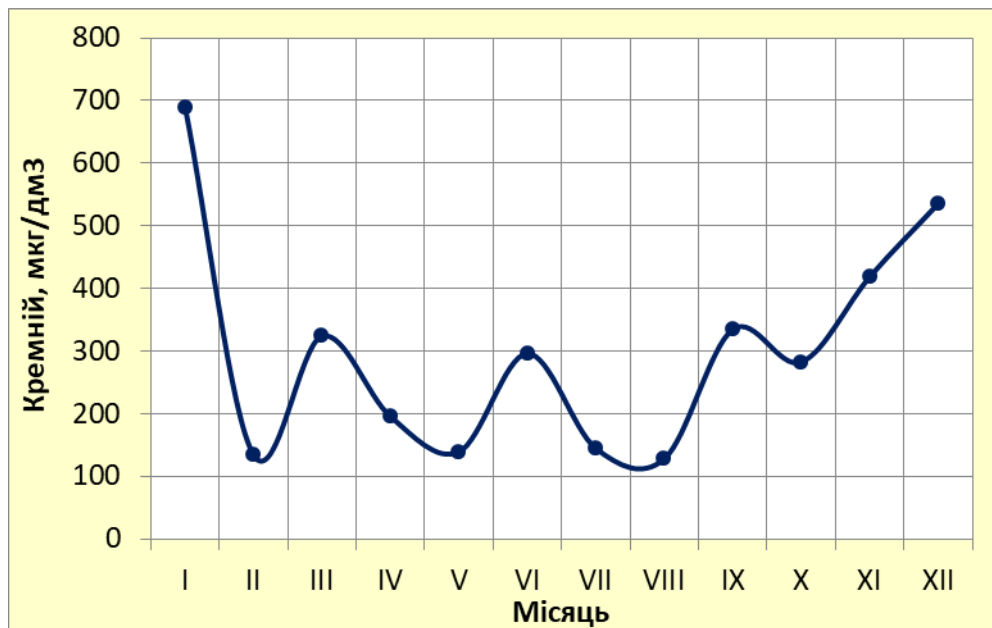


Рисунок 1.19 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень вмісту кремнію в прибережних водах Одеси в 2023 р.

За багаторічними даними спостережень 2003-2023 рр. в прибережних водах масиву CW5 Одеського регіону ЧМ також спостерігається і тенденція

зменшення вмісту кремнію, концентрація якого в цей період змінювались в діапазоні від 208 мкг/дм³ до 782 мкг/дм³ і в середньому за цей період складала 460 мкг/дм³. Загальна тенденція лінійного тренду в цей період до зниження його вмісту складала 18,7 мкг/дм³ у рік (рис. 1.20).

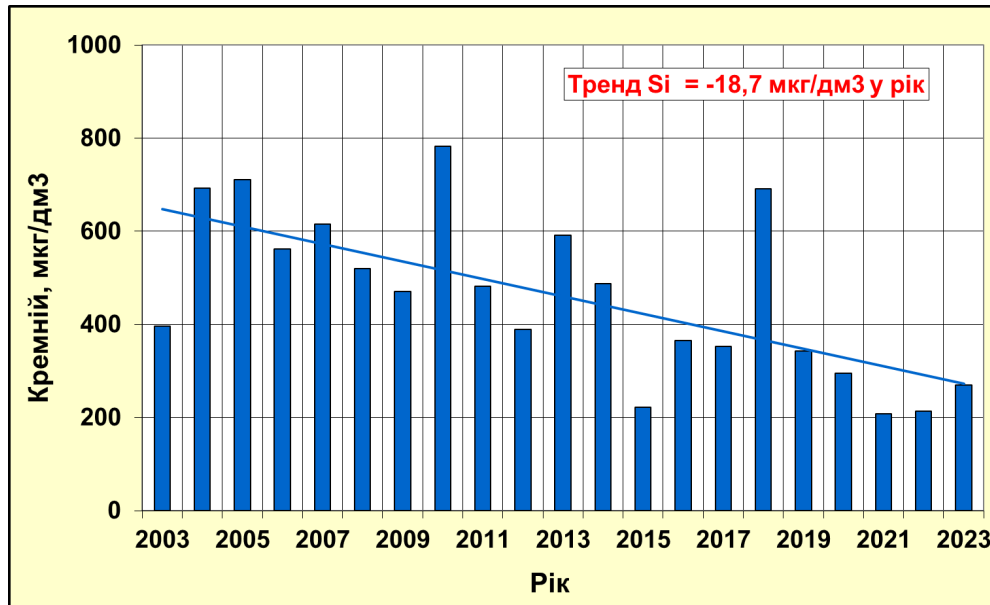


Рисунок 1.20 – Багаторічні зміни вмісту кремнію в прибережних морських водах масиву CW5 ЧМ в рекреаційній зоні району м. Одеса

За останні п'ять років середній річний вміст кремнію знаходився в діапазоні від 208 мкг/дм³ до 344 мкг/дм³, при середньому значенні 266 мкг/дм³. В 2023 р. середня річна концентрація кремнію складала 269 мкг/дм³ і була заниженою відповідно до ДЕС 400 мкг/дм³, що в деякій мірі лімітує розвиток діатомових водоростей.

1.3 Мінливість гідрохімічного стану вод Дунайського узмор'я

Дунайське узмор'я знаходиться під постійним пресом найбільшого на ПЗЧМ джерела біогенного навантаження, стоку р. Дунай, що обумовлює формування високих концентрацій БР і високого рівня трофності вод прилеглих акваторій до гирла Дунаю і в цілому західної частини ПЗЧМ. Тиск біогенного навантаження стоку Дунаю значно впливає на формування гідрохімічного режиму вод Дунайського узмор'я ПЗЧМ.

Екологічний моніторинг ПЗШ ЧМ району узмор'я Дунаю в 2023 р. не проводився через воєнні дії, проте виконана спроба оцінити екологічний стан даного району, а саме водні масиви CW1, TW5 та ShW1 за даними морської служби СМЕМС.

Протягом року за даними СМЕМС вміст кисню не був нижчим за рівень ГДК ($6,0 \text{ мг/дм}^3$). Концентрації кисню в поверхневих водах Дунайського узмор'я в 2023 р. змінювались в діапазоні від $7,4 \text{ мг/дм}^3$ до $12,6 \text{ мг/дм}^3$ (від 78 % до 139 % насичення) при середньому значенні $9,6 \text{ мг/дм}^3$ (106 % насичення), що наведено в таблиці 1.5. Водні масиви CW1, TW5 та ShW1 як за абсолютним, так і за відносним вмістом кисню відповідали «доброму» екологічному стану, і за екологічною класифікацією якості вод масиви CW1 і TW5 відповідали «доброму» статусу. В літній період року, особливо у серпні, спостерігались підвищені значення абсолютного і відносного вмісту кисню у водних масивах TW5 та ShW1, що знаходяться безпосередньо під впливом стоку р. Дунай. Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень вмісту кисню наведено на рисунках 1.21 і 1.22. Середньорічний за 2023 р. просторовий розподіл вмісту абсолютного та відносного кисню в межах виключної морської економічної зони України наведено на рисунках 1.23 і 1.24.

Таблиця 1.5 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих вод Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ в 2023 р.

Показник	O ₂	O ₂	pH	Прозорість
	мг/дм ³	% насичення	од. рН	м
CW1				
Кількість визначень	334	334	334	334
Середнє	9,4	104,2	8,23	4,9
Максимум	12,3	126,5	8,28	14,0
Мінімум	7,4	96,5	8,19	1,5
СКВ	1,4	4,3	0,03	2,5
TW5				
Кількість визначень	334	334	334	334
Середнє	9,8	106,7	8,05	2,9
Максимум	12,6	139,5	8,19	6,3
Мінімум	7,7	78,2	7,94	1,4
СКВ	1,2	11,3	0,07	1,1
ShW1				
Кількість визначень	334	334	334	334
Середнє	9,6	106,4	8,23	4,2
Максимум	12,0	130,2	8,27	10,1
Мінімум	7,5	93,8	8,17	1,9
СКВ	1,3	6,5	0,03	1,6

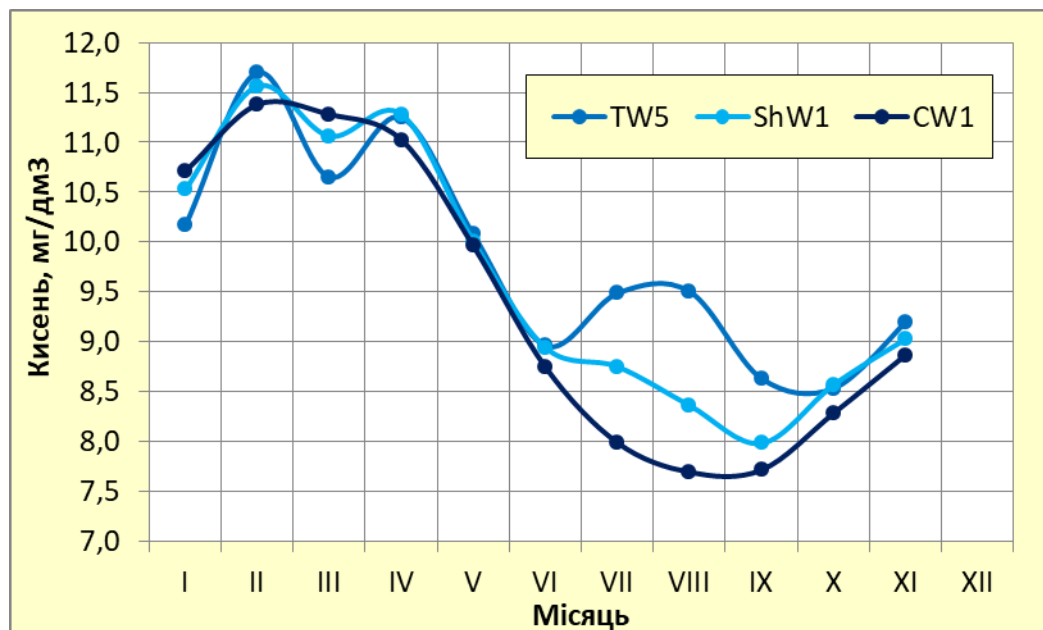


Рисунок 1.21 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень абсолютного вмісту кисню в поверхневих водах Дунайського узмор'я

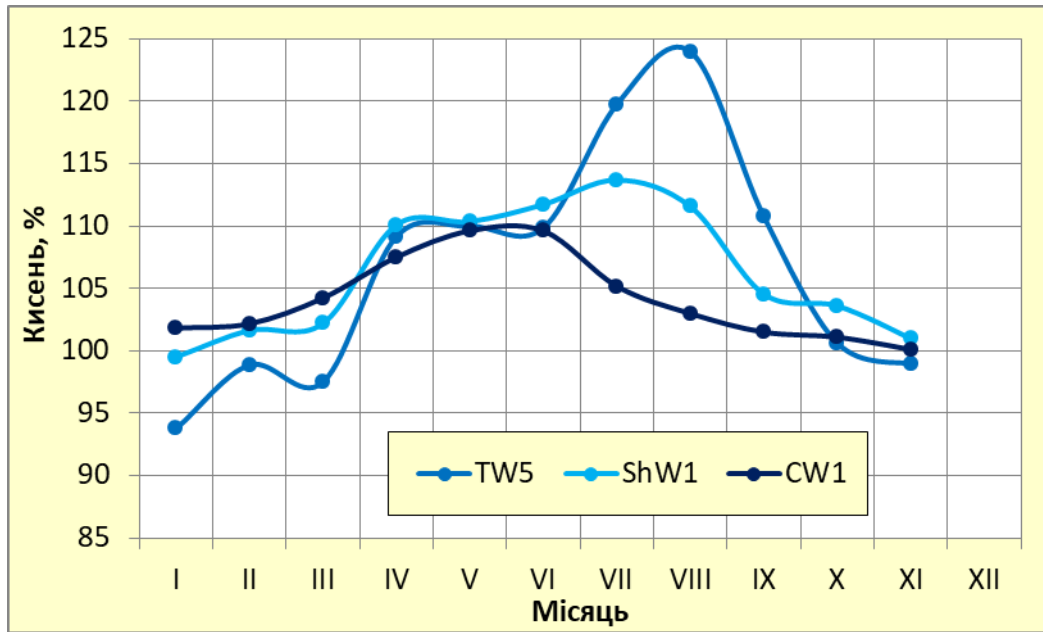


Рисунок 1.22 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень відносного вмісту кисню в поверхневих водах Дунайського узмор'я

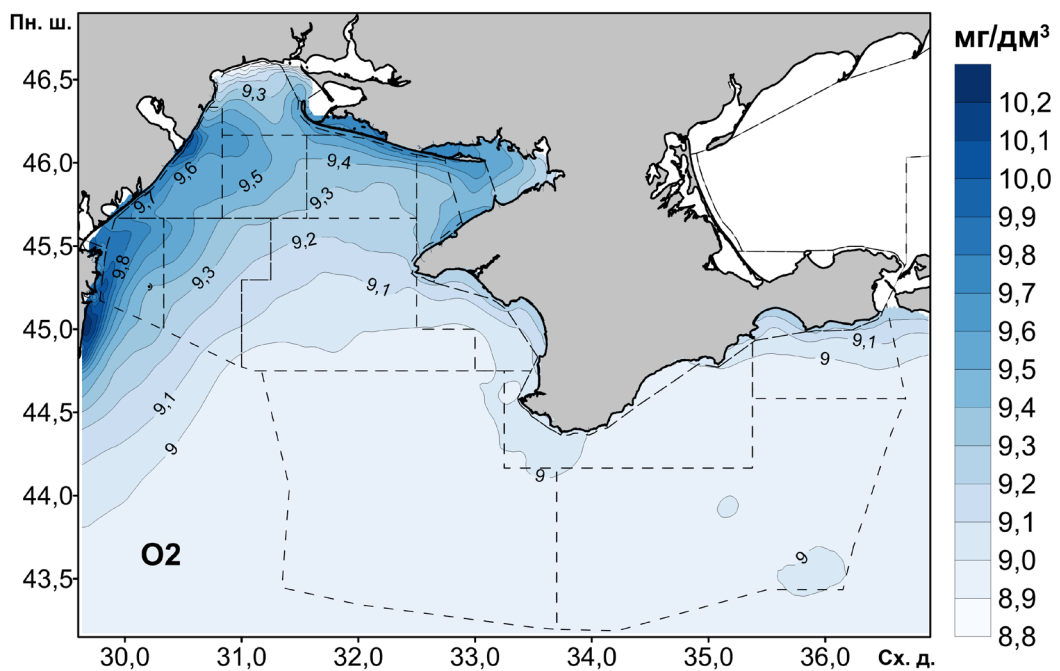


Рисунок 1.23 – Середньорічний поверхневий просторовий розподіл вмісту абсолютного кисню в межах виключної морської економічної зони України

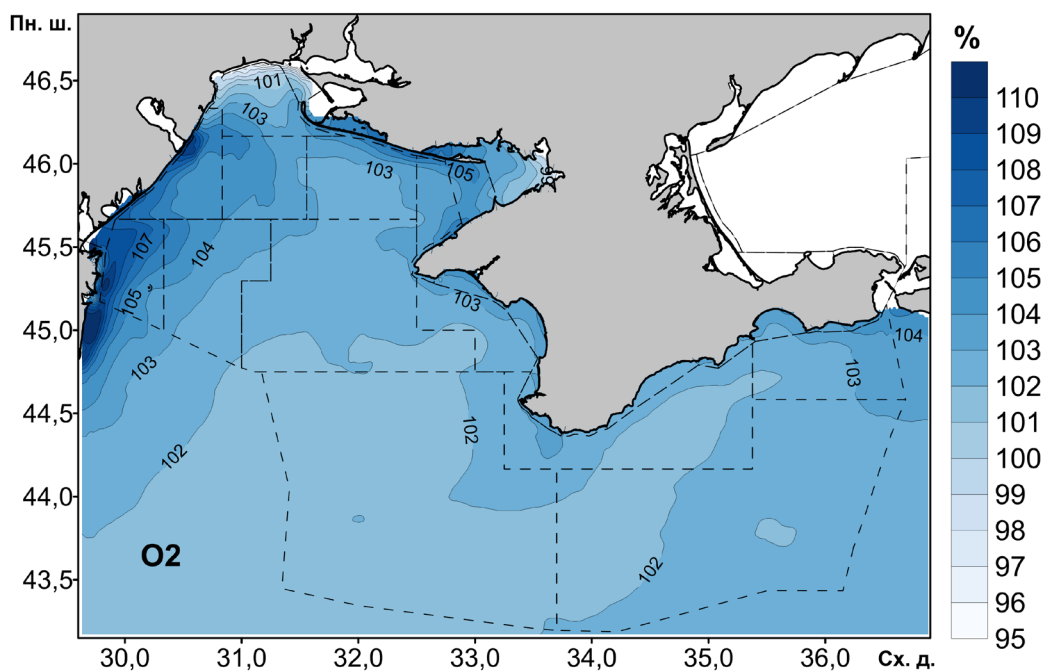


Рисунок 1.24 – Середньорічний поверхневий просторовий розподіл вмісту відносного кисню в межах виключної морської економічної зони України

Водневий показник рН на Дунайському узмор'ї в 2023 р. змінювався в поверхневих водах в діапазоні від 7,94 од. рН до 8,28 од. рН при середньому значенні по району досліджень 8,17 од. рН (рис. 1.25). Перевищень допустимого рівня ГДК 8,50 од. рН, визначеного для внутрішніх морських вод та в територіальному морі України, не спостерігалось.

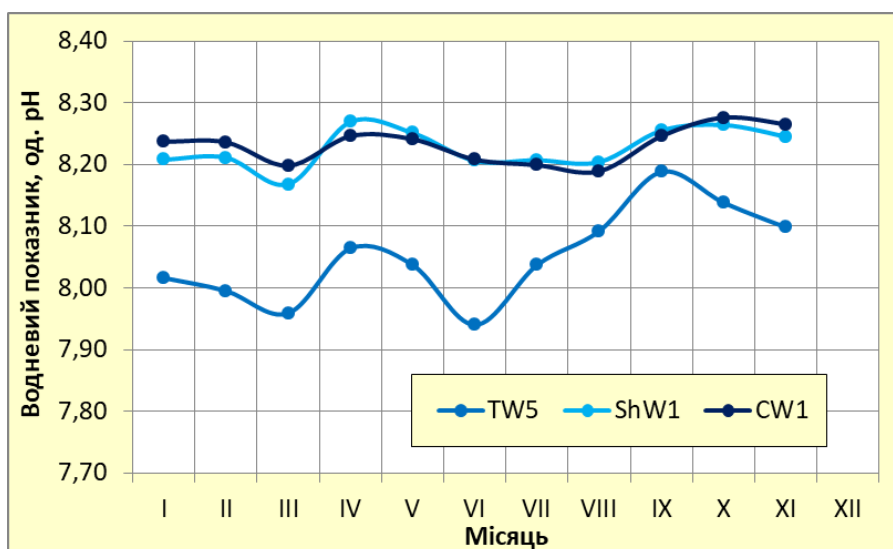


Рисунок 1.25 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень водневого показника в поверхневих водах Дунайського узмор'я

Прозорість вод Дунайського узмор'я в 2023 р. змінювалась в діапазоні від 1,4 мг/дм³ до 14,0 мг/дм³ і в середньому складала 4,0 м (рис. 1.26).

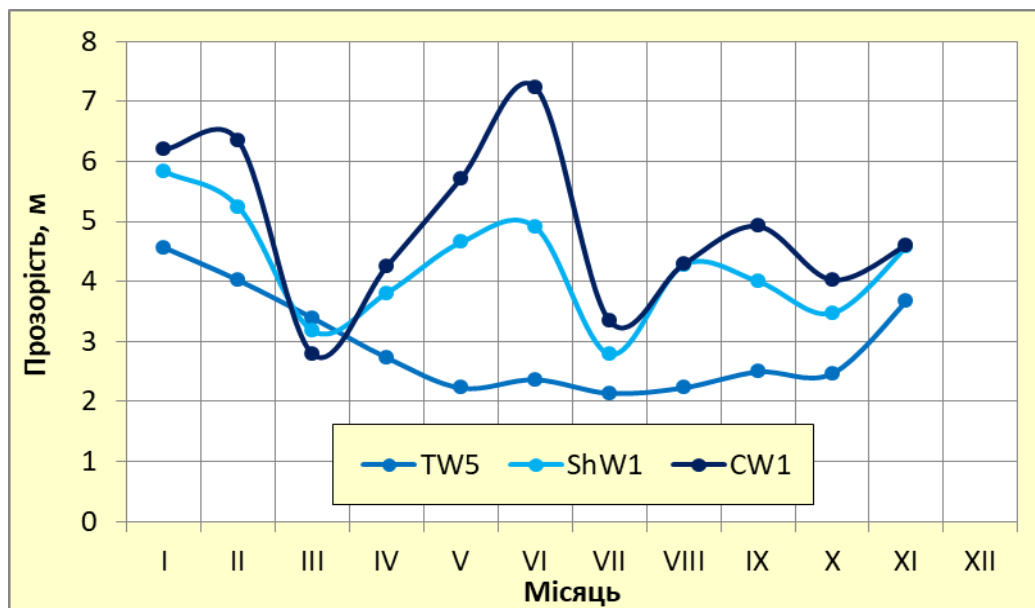


Рисунок 1.26 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень прозорості вод Дунайського узмор'я

За класами екологічного статусу середньомісячні значення прозорості водних масивів CW1 та TW5 відповідали «доброму» статусу, хоча окремі значення в усіх районах Дунайського узмор'я відповідали й «посередньому» і «поганому» статусам якості та не відповідали «доброму» екологічному стану. Середнє річне значення прозорості водного району ShW1 не відповідало «доброму» екологічному стану. Середньорічний за 2023 р. просторовий розподіл прозорості в українській частині Чорного моря наведено на рисунку 1.27.

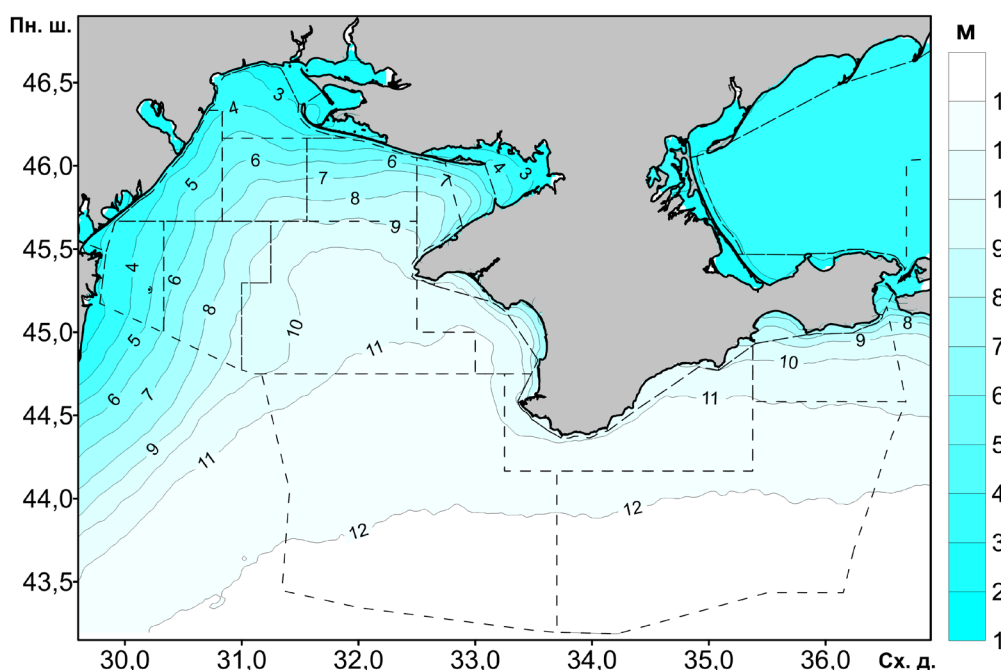


Рисунок 1.27 – Середньорічний просторовий розподіл прозорості в межах виключної морської економічної зони України

Вміст фосфору фосфатного в поверхневому шарі на узмор'ї Дунаю в 2023 р. змінювався в діапазоні від аналітичного нуля ($< 5,0$ мкг/дм³) до 31,3 мкг/дм³, а вміст азоту нітратного – від аналітичного нуля ($< 5,0$ мкг/дм³) до 1440,6 мкг/дм³, наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в поверхневих водах Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ

Показник	P(PO ₄)	N(NO ₃)	P(PO ₄)	N(NO ₃)	P(PO ₄)	N(NO ₃)
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Водний масив	CW1		TW5		ShW1	
Кількість визначень	334	334	334	334	334	334
Середнє	1,2	199,3	12,6	714,4	2,4	262,7
Максимум	19,5	928,5	31,3	1440,6	23,2	964,5
Мінімум	$< 5,0$	$< 5,0$	$< 5,0$	182,1	$< 5,0$	36,4
СКВ	3,1	145,1	7,6	293,6	3,7	155,2

За класами екологічного статусу середні річні значення фосфору фосфатного водних масивів CW1, TW5 та ShW1 відповідали «відмінному» статусу та ДЕС, проте його максимальні значення не відповідали ДЕС, статус

водних масивів CW1 та TW5 характеризувався як «поганий» та «задовільний», відповідно.

Середні річні значення азоту нітратного водних масивів CW1, TW5 та ShW1 не відповідали ДЕС, статус водних масивів CW1 та TW5 характеризувався як «поганий».

В просторовому розподілі середніх річних фосфору фосфатного та азоту нітратного в поверхневому шарі вод підвищені концентрації їх вмісту спостерігаються в прибережній зоні, що знаходиться під впливом стоку річок (рис. 1.28-1.29), окрім того, великий вплив на погіршення екологічного стану північно-західної частини Чорного моря здійснило руйнування дамби Каховської гідроелектростанції внаслідок воєнного злочину, здійсненого окупаційними силами російської федерації.

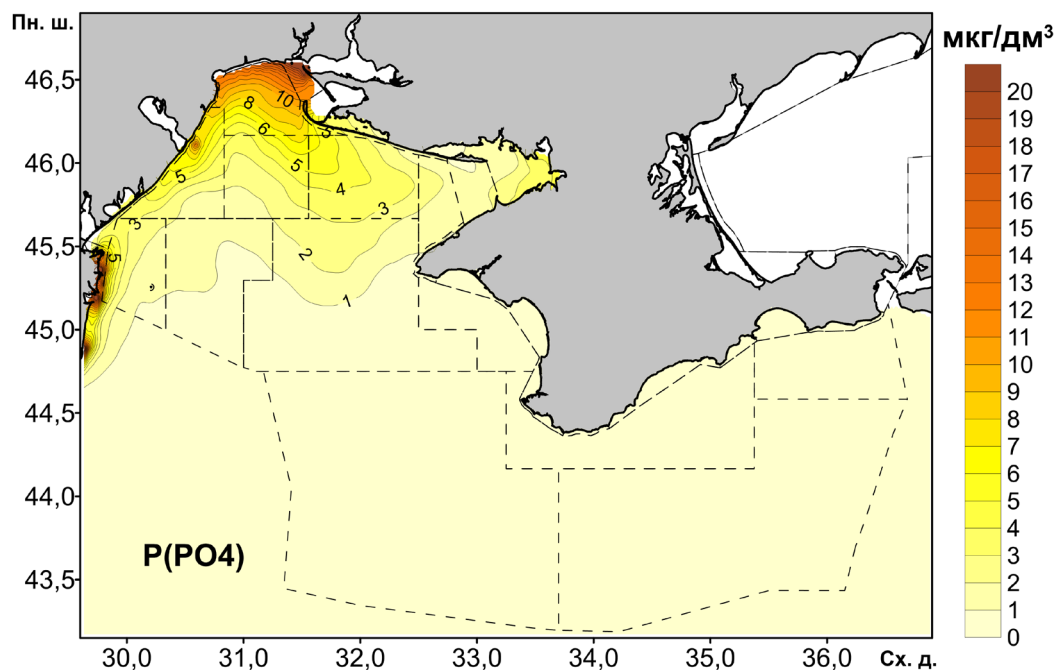


Рисунок 1.28 – Просторовий розподіл фосфору фосфатного в поверхневому шарі вод в межах виключної морської економічної зони України

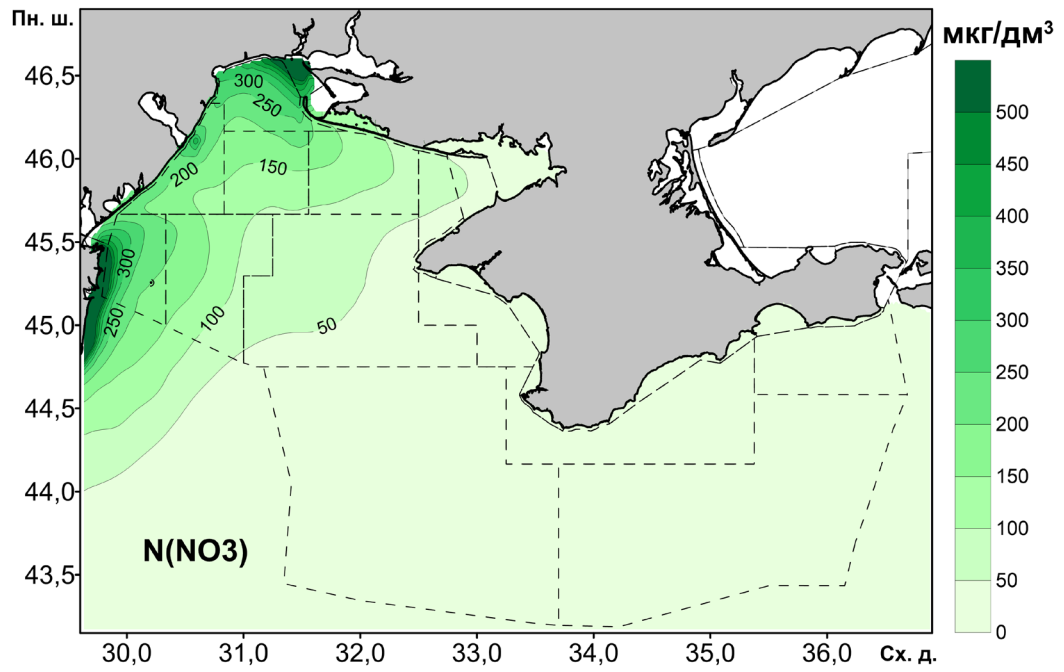


Рисунок 1.29 – Просторовий розподіл азоту нітратного в поверхневому шарі вод в межах виключної морської економічної зони України

2 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ШЕЛЬФОВИХ ВОД УКРАЇНИ ЗА ІНДИВІДУАЛЬНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

2.1 Оцінка екологічного стану морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря за даними середніх річних показників біогенних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації морських вод

Оцінка екологічного стану морського середовища виконувалась УкрНЦЕМ в 2023 р. за даними морської служби СМЕМС. По виділених в [17]-[18] районах (рисунок 2.1) визначались середні і екстремальні значення, середнє квадратичне відхилення вмісту поживних речовин, показників первинних і вторинних критеріїв збагачення вод поживними речовинами в порівнянні з цільовими значеннями, що відповідають ДЕС та нормальними умовами (Ref. Con.) для цих районів (табл. 2.1).

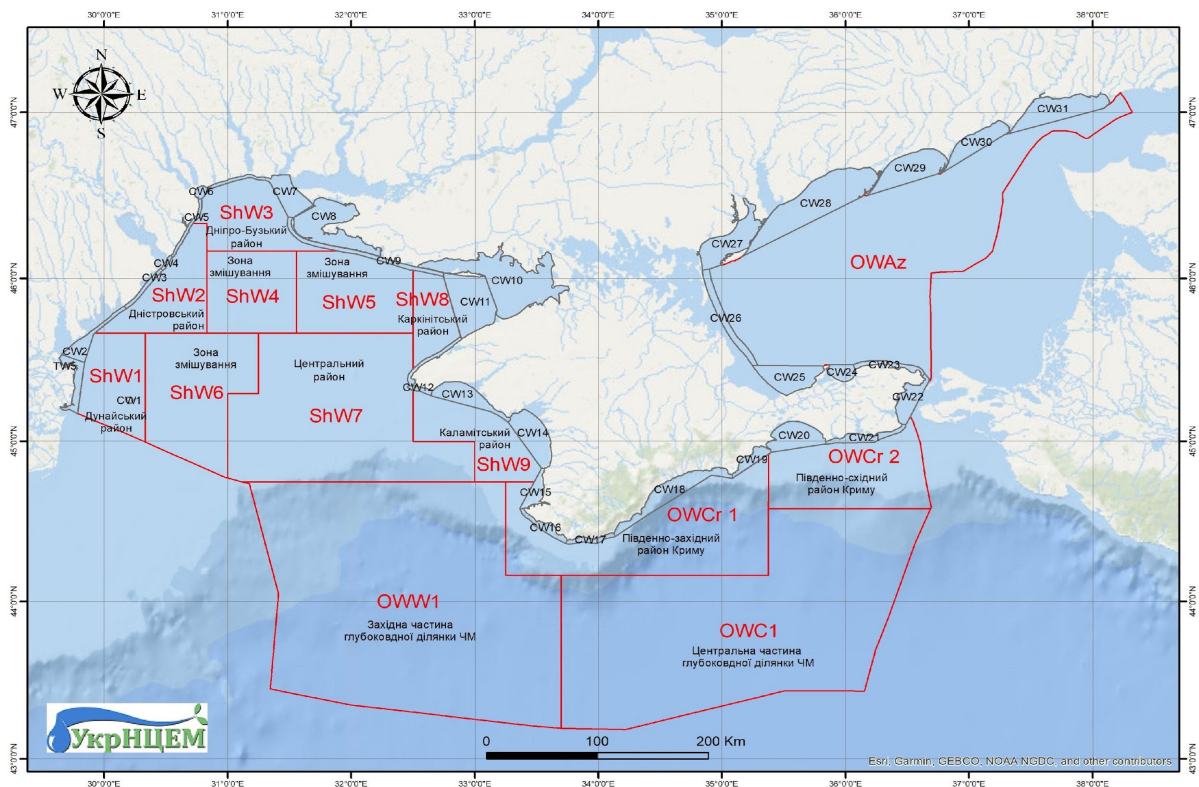


Рисунок 2.1 – Райони водних масивів Чорного та Азовського морів України

Таблиця 2.1 – Статистичні показники поживних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації та відповідності статусу ДЕС водних масивів ЧМ у 2023 р.

Район	Показник	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)	
ShW1	Середнє	2,4	262,7	3,0	4,2	9,6	106,4	
	Максимум	23,2	964,5	10,7	10,1	12,0	130,2	
	Мінімум	0,0	36,4	0,5	1,9	7,5	93,8	
	СКВ	3,7	155,2	1,7	1,6	1,3	6,5	
	Кіл-сть даних	334	334	334	334	334	334	
	ДЕС	Цільова	21,5	35,4	1,8	4,9	7,8	125,3
		Ref.Con.	14,3	23,6	1,2	6,1	9,8	104,4
CW1	Середнє	1,2	199,3	1,7	4,9	9,4	104,2	
	Максимум	19,5	928,5	9,3	14,0	12,3	126,5	
	Мінімум	0,0	0,2	0,0	1,5	7,4	96,5	
	СКВ	3,1	145,1	1,3	2,5	1,4	4,3	
	Кіл-сть даних	334	334	334	334	334	334	
	ДЕС	Цільова	9,5	12	1,8	4,9	7,9	83
		Ref.Con.	6,3	8	1,2	6,1	9,8	104,4
TW5	Середнє	12,6	714,4	6,5	2,9	9,8	106,7	
	Максимум	31,3	1440,6	17,0	6,3	12,6	139,5	
	Мінімум	0,7	182,1	1,2	1,4	7,7	78,2	
	СКВ	7,6	293,6	3,6	1,1	1,2	11,3	
	Кіл-сть даних	334	334	334	334	334	334	
	ДЕС	Цільова	28,4	255	2,1	2,1	11,2	126,5
		Ref.Con.	18,9	170	1,4	2,6	9,3	105,4
CW4	Середнє	6,5	256,6	4,7	3,3	9,9	109,1	
	Максимум	81,6	1033,3	23,9	13,5	14,3	139,6	
	Мінімум	0,0	42,1	0,0	1,3	6,5	57,8	
	СКВ	14,0	178,3	3,0	2,2	1,4	11,9	
	Кіл-сть даних	334	334	334	334	334	334	
	ДЕС	Цільова	16,4	56,4	1,8	5,0	11,0	126,7
		Ref.Con.	10,9	37,6	1,2	6,2	9,2	105,6
CW5	Середнє	7,7	274,1	5,4	3,6	10,0	110,3	
	Максимум	93,9	1327,9	20,3	15,0	14,0	141,0	
	Мінімум	0,0	39,2	0,0	1,3	4,7	41,0	
	СКВ	16,2	206,5	2,7	2,4	1,4	14,2	
	Кіл-сть даних	334	334	334	334	334	334	
	ДЕС	Цільова	16,4	28,2	1,7	5,3	10,4	127,9
		Ref.Con.	10,9	18,8	1,1	6,6	8,7	106,6
CW6	Середнє	13,1	320,6	5,3	3,1	9,1	99,6	
	Максимум	126,9	1658,4	25,6	14,3	13,6	139,2	
	Мінімум	0,0	0,4	0,0	1,3	1,5	13,9	
	СКВ	26,0	363,3	3,8	2,1	1,8	18,3	
	Кіл-сть даних	334	334	334	334	334	334	
	ДЕС	Цільова	16,4	30,2	1,8	5,0	11,4	120,6
		Ref.Con.	10,9	20,1	1,2	6,2	9,5	100,5
CW7	Середнє	15,9	559,9	8,0	2,5	9,2	99,0	
	Максимум	77,8	1902,9	22,1	9,6	12,7	151,6	
	Мінімум	0,1	72,2	0,2	1,4	5,0	53,6	
	СКВ	22,8	549,1	4,9	1,1	1,6	15,5	
	Кіл-сть даних	334	334	334	334	334	334	
	ДЕС	Цільова	15,6	23,4	2,3	4,6	11,1	121,3
		Ref.Con.	10,4	15,6	1,5	5,8	9,3	101,1

Результати виконаної оцінки показали, що середні річні значення фосфору фосфатного в розглянутих районах Дунайського узмор'я ShW1, CW1, TW5 та прибережних водних масивах CW4 і CW5 відповідали «відмінному» статусу якості вод та ДЕС, в CW6 – «доброму» статусу та ДЕС, а в CW7 – «задовільному» статусу і не відповідало ДЕС. Максимальні значення фосфору фосфатного не відповідали ДЕС.

Максимальні та середні річні значення азоту нітратного усіх розглянутих водних масивів значно перевищували цільові і Ref. Con. показники, в деяких масивах на цілий порядок, не відповідали ДЕС, статус якості вод характеризувався як «поганий».

Аналіз показників вмісту хлорофілу-а та прозорості води (первинних критеріїв оцінки евтрофікації) показав, що у всіх районах середні річні значення хлорофілу-а, за виключенням CW1, перевищували цільові, а прозорість вод була менше відповідних їй цільових значень, за виключенням TW5 і CW1. Доброму екологічному стану за значеннями хлорофілу-а відповідав водний масив CW1, а за значеннями прозорості – CW1 та TW5. Однак, максимальні значення хлорофілу-а та мінімальні значення прозорості цих районів не відповідали ДЕС.

Результати статистичного аналізу показників вмісту розчиненого кисню (показника вторинних критеріїв оцінки евтрофікації) показали, що середні річні його значення відповідають ДЕС в усіх розглянутих водних масивах, проте максимумами показників вмісту кисню вищі, ніж цільові значення, і не відповідають ДЕС. Мінімальне значення вмісту розчиненого кисню, що було меншим ГДК (4,0 мг/дм³), визначеної у внутрішніх морських водах та територіальному морі України, за даними СМЕМС спостерігались у водному масиві CW6 у березні. Також мінімальні значення, що були менші ГДК (6,0 мг/дм³), визначеної для водойм рибогосподарського призначення, спостерігались у березні в водних масивах CW7 та CW5.

Оцінка якості вод щодо їх трофності для прибережних водних масивів підрозділяється на п'ять класів залежно від класу екологічного статусу (КЕС),

а для шельфових водних масивів і відкритого моря – на два класи, що наведено в таблицях 2.2 та 2.3:

Таблиця 2.2 – Статус прибережних водних масивів

Клас екологічного статусу	Стан морського середовища				
	Відмінний	Добрий	Задовільний	Посередній	Поганий
	$\leq 0,5$	$0,5 < \text{КЕС} \leq 1,0$	$1,0 < \text{КЕС} \leq 1,5$	$1,5 < \text{КЕС} \leq 2,0$	$> 2,0$

Таблиця 2.3 – Статус шельфових водних масивів і відкритого моря

Клас екологічного статусу	Стан морського середовища	
	Відповідає ДЕС	Не відповідає ДЕС
	$\leq 1,0$	$> 1,0$

Просторові розподіли відношень середніх річних значень основних біогенних речовин до відповідних їм цільових значень (таблиця А.1 Додатку А) відображено на рисунку 2.2.

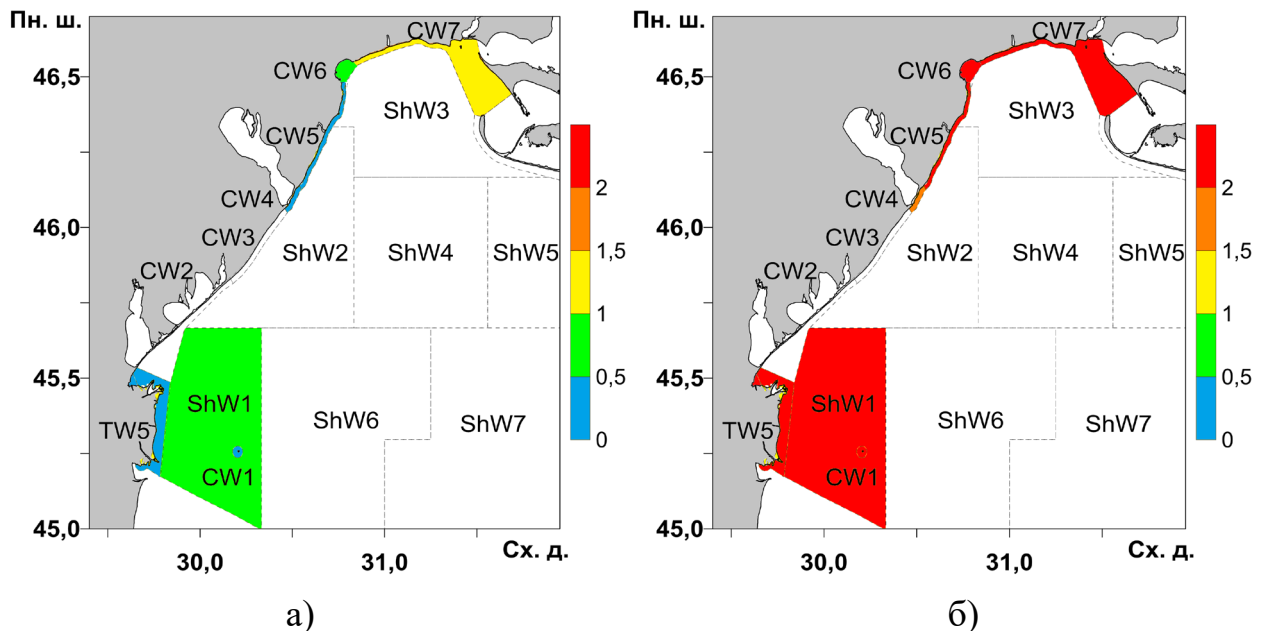


Рисунок 2.2 – Статус водних масивів західної частини ЧМ за показниками середнього річного вмісту фосфору фосфатного (а) і азоту нітратного (б) по відношенню до їх цільових значень

2.2 Оцінка екологічного стану морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря за даними середніх сезонних показників біогенних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації морських вод

Оцінка екологічного стану морського середовища за сезонами у 2023 р. виконувалась за даними морської служби СМЕМС по водним масивам ЧМ. Визначені сезонні статистичні показники вмісту поживних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації в порівнянні з цільовими значеннями, що відповідають ДЕС та нормальними умовами (Ref. Con.) для досліджуваних районів, що наведено в таблицях 2.4–2.7.

Визначені середні сезонні значення вмісту фосфору фосфатного в усіх розглянутих районах (Дунайського узмор'я ShW1, CW1, TW5, прибережних водних масивах CW4, CW5, CW6, CW7) відповідали «відмінному» та «доброму» статусу якості вод та ДЕС, крім масивів CW6 та CW7 в зимовий період. Максимальні значення фосфору фосфатного в переважній більшості розглянутих районів не відповідали ДЕС.

Середні значення вмісту азоту нітратного протягом року в усіх досліджуваних водних масивах не відповідали ДЕС. В багатьох районах середні сезонні концентрації азоту нітратного значно перевищують відповідні їм цільові значення.

Просторові розподіли відношень середніх сезонних значень основних біогенних речовин до відповідних їм цільових значень (таблиця А.2 Додатку А) відображено на рисунках 2.3-2.6.

На підставі розрахованих середніх сезонних значень хлорофілу-а і прозорості вод, показників первинних критеріїв евтрофікації, і виконаної їх оцінки по відношенню до рівнів цільових значень було встановлено, що вміст хлорофілу-а в районі CW1 відповідав ДЕС у весняний та літній періоди 2023 р., а прозорість води відповідала ДЕС в зимовий та весняний періоди в

районі CW1 та протягом року в районі TW5. Проте, максимальні сезонні значення хлорофілу-а та мінімальні сезонні значення прозорості усіх розглянутих районів не відповідали ДЕС.

Результати статистичного аналізу і оцінки середніх сезонних значень вмісту в поверхневому шарі моря розчиненого кисню, показника вторинних критеріїв оцінки евтрофікації, показали, що в цілому середні значення його абсолютного та відносного вмісту відповідають ДЕС, за винятком водних масивів: CW6 в зимовий період, CW4 у весняний період та CW5 в літній та весняний періоди. В весінній період максимуми показників абсолютного та відносного вмісту кисню, що перевищували цільові значення і не відповідали ДЕС, спостерігались в водних масивах CW4, CW6, CW7, а в літній період – CW5 та TW5. Також максимуми показників абсолютного відносного вмісту кисню, що перевищували цільові значення і не відповідали ДЕС, спостерігались у весняний період у водному масиві CW5, у літній період – CW6, в осінній період – TW5, CW4, CW5, CW7. Як було зазначено в попередньому пункті розділу, мінімальне значення вмісту розчиненого кисню, що було меншим ГДК ($4,0 \text{ мг/дм}^3$), визначеної у внутрішніх морських водах та територіальному морі України, за даними СМЕМС спостерігались у водному масиві CW6 у березні. Мінімальні значення, що були менші ГДК ($6,0 \text{ мг/дм}^3$), визначеної для водойм рибогосподарського призначення, спостерігались в водних масивах CW7 та CW5 теж у березні.

В цілому в 2023 р. в усіх досліджуваних водних масивах за окремими індивідуальними показниками за даними морської служби СМЕМС відмічалась невідповідність ДЕС.

Таблиця 2.4 – Статистичні показники поживних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації та відповідності статусу ДЕС водних масивів ЧМ у зимовий період

Район	Показник	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)	
ShW1	Середнє	7,3	311,4	2,4	4,7	11,0	101,1	
	Максимум	23,2	964,5	4,3	10,1	12,0	105,2	
	Мінімум	1,6	36,4	1,3	2,0	9,7	93,8	
	СКВ	4,1	192,8	0,7	2,0	0,5	2,7	
	Кіл-сть даних	90	90	90	90	90	90	
	ДЕС	Цільова	25,2	32,6	1,3	5,0	9,4	81,5
		Ref.Con.	16,8	21,7	0,9	6,2	11,8	101,9
CW1	Середнє	4,3	248,9	2,2	5,1	11,1	102,8	
	Максимум	19,5	928,5	5,7	13,0	12,3	107,9	
	Мінімум	0,1	0,2	0,2	1,7	10,1	97,7	
	СКВ	4,8	211,1	1,2	2,9	0,5	2,7	
	Кіл-сть даних	90	90	90	90	90	90	
	ДЕС	Цільова	11,1	11,0	1,3	5,0	9,4	122,3
		Ref.Con.	7,4	7,4	0,9	6,2	11,8	101,9
TW5	Середнє	19,9	873,6	2,7	4,0	10,8	96,6	
	Максимум	31,3	1440,6	8,0	6,3	12,6	105,3	
	Мінімум	9,4	375,3	1,2	2,5	8,3	78,2	
	СКВ	5,5	274,8	1,1	1,0	1,0	6,0	
	Кіл-сть даних	90	90	90	90	90	90	
	ДЕС	Цільова	33,3	235	1,5	2,1	9,0	82,3
		Ref.Con.	22,2	156	1,0	2,6	11,2	102,9
CW4	Середнє	21,4	362,5	3,8	5,0	10,8	96,8	
	Максимум	81,6	1033,3	9,0	13,5	12,3	107,0	
	Мінімум	0,1	61,5	0,0	2,2	6,5	57,8	
	СКВ	19,1	241,9	2,5	3,0	1,4	12,1	
	Кіл-сть даних	90	90	90	90	90	90	
	ДЕС	Цільова	28,4	40,0	1,3	5,3	9,2	83,9
		Ref.Con.	19,0	26,6	0,9	6,6	11,5	104,9
CW5	Середнє	24,0	397,3	3,9	5,4	10,8	95,8	
	Максимум	93,9	1327,9	9,6	15,0	12,3	105,7	
	Мінімум	2,1	98,2	0,0	1,9	4,7	41,0	
	СКВ	21,7	293,0	2,4	3,4	1,6	13,3	
	Кіл-сть даних	90	90	90	90	90	90	
	ДЕС	Цільова	28,4	32,3	1,2	5,6	8,7	84,7
		Ref.Con.	19,0	21,5	0,8	7,0	10,9	105,9
CW6	Середнє	43,0	695,8	4,3	4,4	9,2	81,1	
	Максимум	126,9	1658,4	8,1	14,3	12,2	105,3	
	Мінімум	0,2	0,4	0,0	1,5	1,5	13,9	
	СКВ	32,8	462,3	2,0	3,1	2,7	22,7	
	Кіл-сть даних	90	90	90	90	90	90	
	ДЕС	Цільова	23,7	36,2	1,1	4,6	9,8	82,4
		Ref.Con.	15,8	24,2	0,8	5,7	12,3	103,0
CW7	Середнє	47,1	1314,3	2,4	3,3	9,9	86,8	
	Максимум	77,8	1902,9	10,7	9,6	12,2	105,2	
	Мінімум	14,6	456,5	0,2	1,5	5,8	53,6	
	СКВ	17,8	399,6	1,6	1,6	1,5	13,2	
	Кіл-сть даних	90	90	90	90	90	90	
	ДЕС	Цільова	22,6	28,1	1,4	4,3	9,6	82,9
		Ref.Con.	15,1	18,8	0,9	5,3	12,0	103,6

Таблиця 2.5 – Статистичні показники поживних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації та відповідності статусу ДЕС водних масивів ЧМ у весняний період

Район	Показник	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)	
ShW1	Середнє	1,0	345,6	3,2	4,5	10,1	110,7	
	Максимум	6,0	653,9	10,7	8,6	11,9	126,2	
	Мінімум	0,0	135,5	0,5	2,1	8,5	103,1	
	СКВ	1,2	118,1	2,0	1,6	1,0	4,0	
	Кіл-сть даних	91	91	91	91	91	91	
	ДЕС	Цільова	15,8	44,6	2,8	5	11,9	89,9
		Ref.Con.	10,5	29,7	1,9	4,7	9,9	112,4
CW1	Середнє	0,1	243,3	1,3	5,7	9,9	108,9	
	Максимум	1,3	531,4	9,3	14,0	11,3	126,5	
	Мінімум	0,0	94,7	0,1	1,5	8,2	103,9	
	СКВ	0,2	103,7	1,4	2,9	1,0	3,4	
	Кіл-сть даних	91	91	91	91	91	91	
	ДЕС	Цільова	6,9	15,1	2,8	3,8	11,9	89,9
		Ref.Con.	4,6	10,1	1,9	4,7	9,9	112,4
TW5	Середнє	13,9	935,5	6,5	2,4	10,1	109,7	
	Максимум	26,6	1259,5	12,5	6,3	12,2	120,4	
	Мінімум	2,1	500,4	2,5	1,4	8,4	96,5	
	СКВ	6,3	182,1	2,2	0,9	1,0	5,5	
	Кіл-сть даних	91	91	91	91	91	91	
	ДЕС	Цільова	20,8	321	3,3	1,6	11,3	90,8
		Ref.Con.	13,9	214	2,2	2	9,4	113,5
CW4	Середнє	2,6	355,2	7,0	2,6	10,8	119,2	
	Максимум	37,4	694,6	23,9	8,1	14,3	139,6	
	Мінімум	0,0	107,6	1,8	1,3	8,9	91,4	
	СКВ	7,6	102,0	4,0	1,4	1,3	9,0	
	Кіл-сть даних	91	91	91	91	91	91	
	ДЕС	Цільова	18,6	103,0	2,7	4,1	10,7	135,7
		Ref.Con.	12,4	68,9	1,8	5,1	8,9	113,1
CW5	Середнє	4,0	366,9	6,8	2,7	10,7	117,9	
	Максимум	49,5	815,4	20,3	7,1	14,0	141,0	
	Мінімум	0,0	115,9	1,3	1,3	8,6	82,4	
	СКВ	11,5	134,4	3,7	1,5	1,3	11,7	
	Кіл-сть даних	91	91	91	91	91	91	
	ДЕС	Цільова	18,6	83,0	2,5	4,3	10,1	137,0
		Ref.Con.	12,4	55,3	1,7	5,4	8,4	114,2
CW6	Середнє	5,4	353,0	7,5	2,6	10,1	111,7	
	Максимум	70,1	1141,3	25,6	9,9	13,6	139,2	
	Мінімум	0,0	59,8	1,5	1,3	5,2	47,6	
	СКВ	14,3	190,3	6,0	1,8	1,5	12,6	
	Кіл-сть даних	91	91	91	91	91	91	
	ДЕС	Цільова	14,7	22,4	2,5	3,8	10,7	125,2
		Ref.Con.	9,8	14,9	1,7	4,7	8,9	104,3
CW7	Середнє	9,4	563,7	13,4	2,4	10,2	112,2	
	Максимум	51,6	1093,7	22,1	5,4	12,7	151,6	
	Мінімум	0,1	160,8	3,1	1,4	7,0	69,2	
	СКВ	15,0	220,0	4,8	0,9	1,2	16,3	
	Кіл-сть даних	91	91	91	91	91	91	
	ДЕС	Цільова	14,0	17,4	3,2	3,5	10,4	126,0
		Ref.Con.	9,3	11,6	2,1	4,4	8,7	105,0

Таблиця 2.6 – Статистичні показники поживних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації та відповідності статусу ДЕС водних масивів ЧМ у літній період

Район	Показник	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)	
ShW1	Середнє	0,1	228,9	3,4	3,7	8,4	110,0	
	Максимум	1,5	586,2	9,8	6,2	9,6	130,2	
	Мінімум	0,0	60,2	0,6	1,9	7,5	101,0	
	СКВ	0,3	110,9	2,1	1,1	0,6	7,5	
	Кіл-сть даних	92	92	92	92	92	92	
	ДЕС	Цільова	20,9	26,9	1,6	5,0	6,7	128,5
		Ref.Con.	13,1	17,9	1,1	6,3	8,4	107,1
CW1	Середнє	0,0	184,3	1,6	4,2	7,8	103,2	
	Максимум	0,1	424,9	6,1	8,8	8,7	114,8	
	Мінімум	0,0	49,2	0,0	1,9	7,4	97,6	
	СКВ	0,0	91,3	1,3	1,5	0,3	3,9	
	Кіл-сть даних	92	92	92	92	92	92	
	ДЕС	Цільова	9,2	9,1	1,6	5,0	6,7	85,7
		Ref.Con.	6,1	6,1	1,1	6,3	8,4	107,1
TW5	Середнє	6,5	505,8	10,2	2,3	9,2	118,2	
	Максимум	20,7	965,5	17,0	4,5	10,7	139,5	
	Мінімум	0,7	227,2	5,0	1,4	7,9	100,2	
	СКВ	4,6	160,3	2,8	0,7	0,7	10,0	
	Кіл-сть даних	92	92	92	92	92	92	
	ДЕС	Цільова	27,6	193,0	1,9	2,1	9,6	129,7
		Ref.Con.	18,4	129,0	1,3	2,7	8,0	108,1
CW4	Середнє	0,0	142,9	3,9	2,3	8,6	112,5	
	Максимум	0,2	327,3	8,1	5,9	9,2	126,2	
	Мінімум	0,0	42,1	0,5	1,3	7,9	102,7	
	СКВ	0,0	49,2	1,6	0,8	0,3	5,0	
	Кіл-сть даних	92	92	92	92	92	92	
	ДЕС	Цільова	18,4	46,4	1,7	5,1	9,2	129,6
		Ref.Con.	12,2	30,9	1,1	6,3	7,7	108,0
CW5	Середнє	0,2	143,3	5,4	2,6	9,1	118,8	
	Максимум	2,9	264,2	10,7	4,8	10,4	137,2	
	Мінімум	0,0	39,2	1,3	1,5	7,7	103,2	
	СКВ	0,4	49,9	1,8	0,7	0,6	8,9	
	Кіл-сть даних	92	92	92	92	92	92	
	ДЕС	Цільова	18,4	37,4	1,5	5,4	8,8	130,8
		Ref.Con.	12,2	24,9	1,0	6,8	7,3	109,0
CW6	Середнє	0,0	89,4	3,8	2,4	8,0	104,8	
	Максимум	0,2	141,3	6,2	5,4	9,5	120,3	
	Мінімум	0,0	45,2	0,4	1,3	6,4	86,8	
	СКВ	0,0	26,4	1,4	0,9	0,6	7,3	
	Кіл-сть даних	92	92	92	92	92	92	
	ДЕС	Цільова	17,5	26,4	1,9	5,6	9,4	122,0
		Ref.Con.	11,7	17,6	1,3	7,0	7,8	101,7
CW7	Середнє	2,1	130,0	8,7	1,9	7,5	96,8	
	Максимум	13,2	215,8	13,2	3,4	9,1	114,5	
	Мінімум	0,1	86,0	5,3	1,5	5,0	68,2	
	СКВ	2,9	32,3	1,5	0,4	0,9	10,7	
	Кіл-сть даних	92	92	92	92	92	92	
	ДЕС	Цільова	16,7	20,5	2,3	5,2	6,1	81,8
		Ref.Con.	11,1	13,7	1,6	6,5	7,6	102,3

Таблиця 2.7 – Статистичні показники поживних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації та відповідності статусу ДЕС водних масивів ЧМ у осінній період

Район	Показник	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)	
ShW1	Середнє	0,6	118,1	3,1	4,0	8,8	102,3	
	Максимум	2,7	226,3	5,8	6,9	9,7	107,2	
	Мінімум	0,0	53,4	1,5	2,2	8,0	96,9	
	СКВ	0,7	45,5	1,1	1,2	0,4	2,5	
	Кіл-сть даних	61	61	61	61	61	61	
	ДЕС	Цільова	24,0	37,8	1,4	5,7	7,4	115,2
		Ref.Con.	16,0	25,2	0,9	7,1	9,2	96,0
CW1	Середнє	0,2	83,2	1,5	4,3	8,6	100,6	
	Максимум	2,7	164,0	3,9	8,2	9,6	103,6	
	Мінімум	0,0	30,1	0,1	1,6	7,9	96,5	
	СКВ	0,5	35,5	0,9	1,5	0,4	1,4	
	Кіл-сть даних	61	61	61	61	61	61	
	ДЕС	Цільова	10,6	12,8	1,4	5,7	7,4	115,2
		Ref.Con.	7,0	8,5	0,9	7,1	9,2	96,0
TW5	Середнє	8,9	464,5	6,5	3,1	8,9	99,8	
	Максимум	22,9	1060,5	13,8	4,9	10,6	111,3	
	Мінімум	1,8	182,1	1,8	1,4	7,7	86,0	
	СКВ	5,4	188,0	3,1	0,9	0,7	6,1	
	Кіл-сть даних	61	61	61	61	61	61	
	ДЕС	Цільова	31,7	272,0	1,7	2,4	10,4	116,3
		Ref.Con.	21,1	182,0	1,1	3,0	8,7	96,9
CW4	Середнє	0,3	125,0	3,9	3,3	9,4	107,2	
	Максимум	2,6	235,1	6,5	9,5	10,9	113,0	
	Мінімум	0,0	74,8	1,4	1,5	8,7	103,1	
	СКВ	0,5	36,4	1,2	1,7	0,5	2,2	
	Кіл-сть даних	61	61	61	61	61	61	
	ДЕС	Цільова	21,9	34,7	1,5	5,4	10,2	115,4
		Ref.Con.	14,6	23,1	1,0	6,8	8,5	96,2
CW5	Середнє	0,4	151,1	5,5	3,6	9,4	107,3	
	Максимум	3,3	224,6	8,6	8,4	10,8	114,0	
	Мінімум	0,0	68,1	2,9	1,4	8,3	103,0	
	СКВ	0,7	32,3	1,3	1,4	0,6	2,8	
	Кіл-сть даних	61	61	61	61	61	61	
	ДЕС	Цільова	21,9	27,9	1,4	5,8	9,6	116,5
		Ref.Con.	14,6	18,6	0,9	7,2	8,0	97,1
CW6	Середнє	0,2	67,2	5,6	3,0	9,0	101,1	
	Максимум	0,8	95,5	11,6	7,4	10,4	107,8	
	Мінімум	0,0	57,5	3,2	1,4	7,7	95,7	
	СКВ	0,2	9,9	1,8	1,4	0,6	2,7	
	Кіл-сть даних	61	61	61	61	61	61	
	ДЕС	Цільова	22,6	51,9	1,7	5,9	7,2	111,6
		Ref.Con.	15,0	34,6	1,1	7,4	9,0	93,0
CW7	Середнє	0,3	89,3	7,3	2,2	9,1	100,8	
	Максимум	1,5	123,6	10,6	6,0	10,9	107,3	
	Мінімум	0,1	72,2	4,0	1,4	7,7	95,1	
	СКВ	0,3	14,8	1,5	0,6	0,8	3,1	
	Кіл-сть даних	61	61	61	61	61	61	
	ДЕС	Цільова	21,5	35,0	2,1	5,5	10,6	112,3
		Ref.Con.	14,3	23,3	1,4	6,9	8,8	93,6

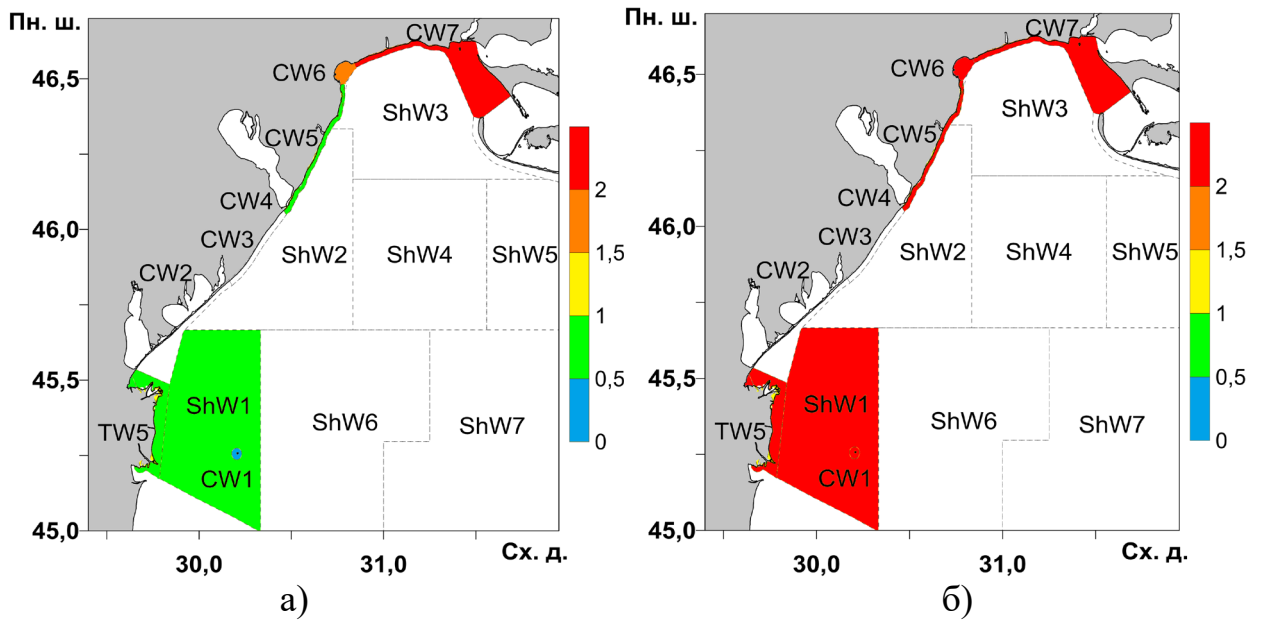


Рисунок 2.3 – Статус водних масивів західної частини ЧМ за показниками середнього річного вмісту фосфору фосфатного (а) і азоту нітратного (б) по відношенню до їх цільових значень у зимовий період

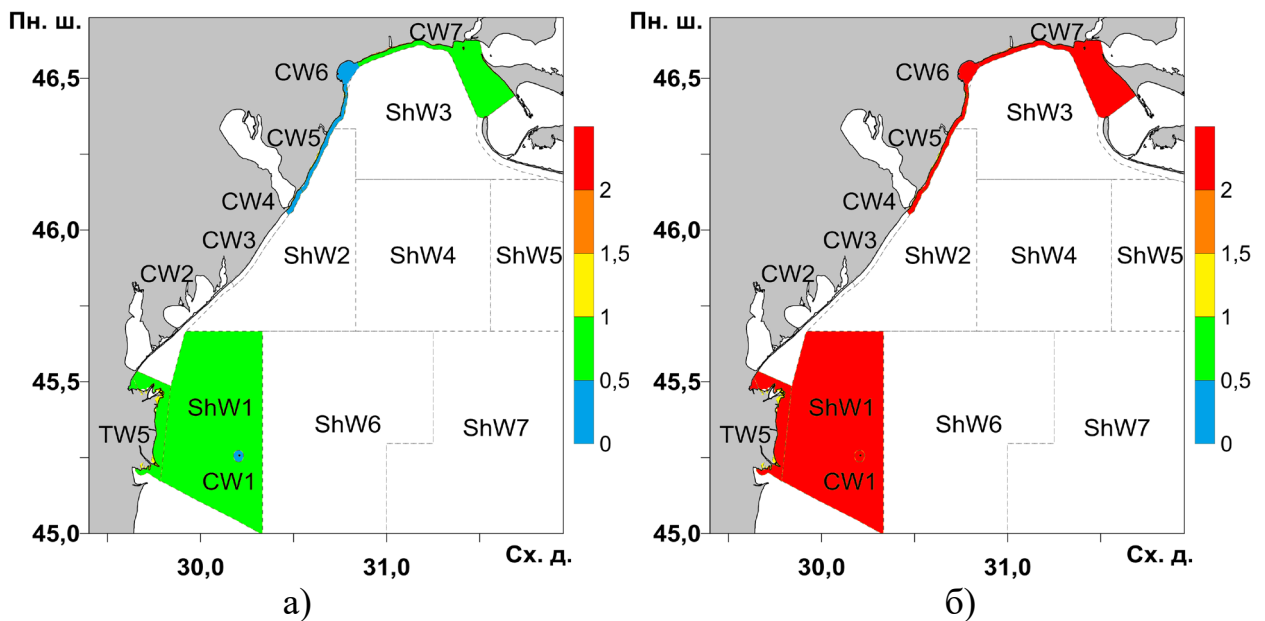


Рисунок 2.4 – Статус водних масивів західної частини ЧМ за показниками середнього річного вмісту фосфору фосфатного (а) і азоту нітратного (б) по відношенню до їх цільових значень у весняний період

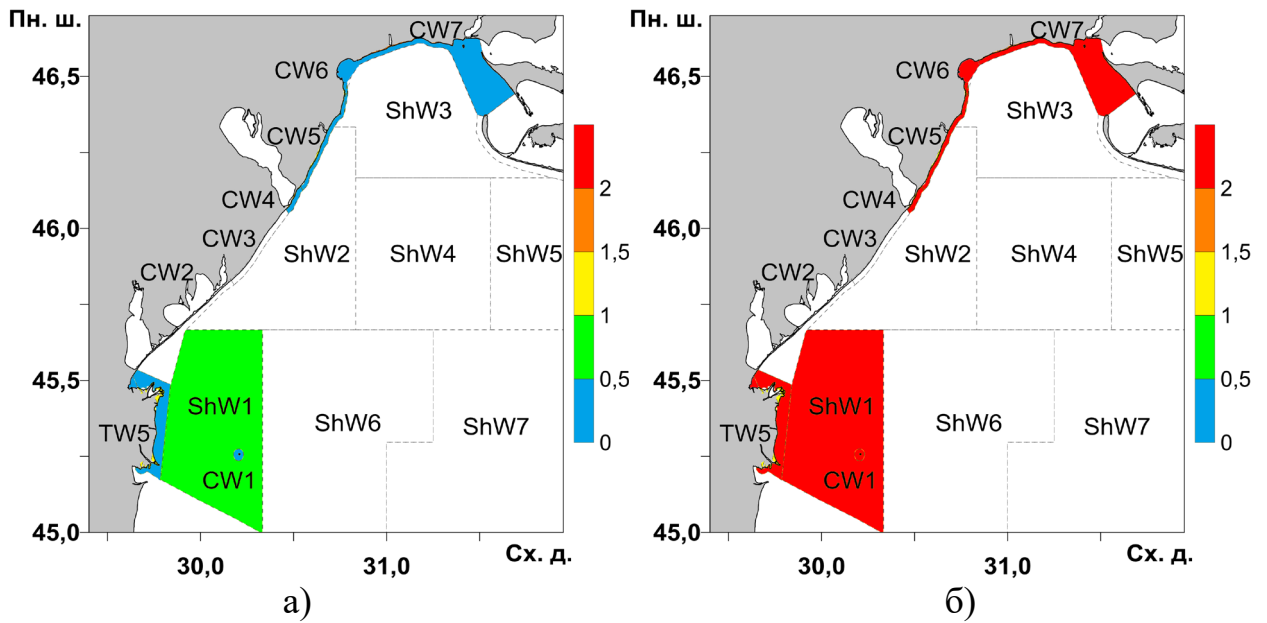


Рисунок 2.5 – Статус водних масивів західної частини ЧМ за показниками середнього річного вмісту фосфору фосфатного (а) і азоту нітратного (б) по відношенню до їх цільових значень у літній період

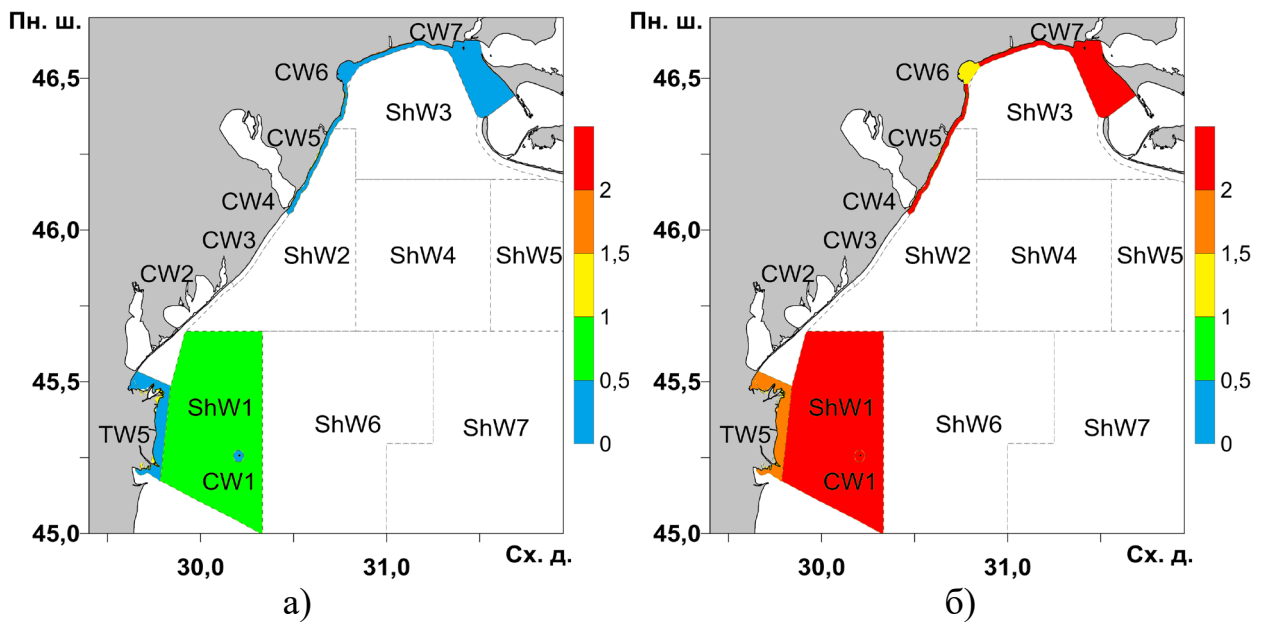


Рисунок 2.6 – Статус водних масивів західної частини ЧМ за показниками середнього річного вмісту фосфору фосфатного (а) і азоту нітратного (б) по відношенню до їх цільових значень у осінній період

3 ОЦІНКА СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЙ ЕВТРОФІКАЦІЇ ШЕЛЬФОВИХ ВОД УКРАЇНИ ЗА КОМПЛЕКСНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

3.1 Показник трофності і якості вод TRIХ

В практиці оцінки ступеню евтрофованості і якості вод, наряду з іншими показниками, досить широко використовується індекс трофності (TRIХ) [19]-[25], який є інтегральним показником, пов'язаним з характеристиками первинної продукції фітопланктону і з харчовими факторами (концентрацією поживних БР). В розрахункову формулу показника TRIХ 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 показника TRIХ 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 показником TRIХ різних районів моря і Світового океану [23], [24], [25].

Показник TRIХ розраховується за формулою:

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

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 показника TRIХ для ПЗЧМ, на підставі порівняльного аналізу діапазонів коливань показників ПЗЧМ і прийнятих в розрахунковій формулі, була виконана в [19]-[22].

Показник TRIХ змінюється відповідно умов трофності вод у межах від 0 од. до 10 од., а оцінка категорії трофності і стану якості вод здійснюється згідно величини показника, що наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Категорії трофності, стан якості вод і їх характеристика залежно від значення показника TRIХ

Значення TRIХ	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

3.2 Оцінка евтрофікації шельфових вод України за показником TRIX

Розрахунки показника TRIX виконувались за показниками кожного комплексу вимірювань, з подальшим їх просторовим і часовим усередненням, на підставі даних регулярного прибережного моніторингу, періодичних екологічних зйомок, а також даних супутникових спостережень вмісту хлорофілу-а та даних морської служби СМЕМС.

В 2023 р. трофність прибережних вод Одеського регіону, згідно категорій показника TRIX, відповідала по водним масивам CW4-CW7 «середньому», «високому» та «дуже високому» рівням. Значення показника TRIX, в розрахунки якого приймалися дані морської служби СМЕМС, змінювались впродовж року в масиві CW4 від 4,4 од. до 7,5 од., в масиві CW5 – від 3,9 од. до 7,7 од., в масиві CW6 – від 3,5 од. до 8,2 од., в масиві CW7 – від 4,5 од. до 7,4 од., при середніх річних значеннях по районах досліджень 5,6 од., 5,7 од., 5,6 од. та 5,9 од., відповідно (рис. 3.1).

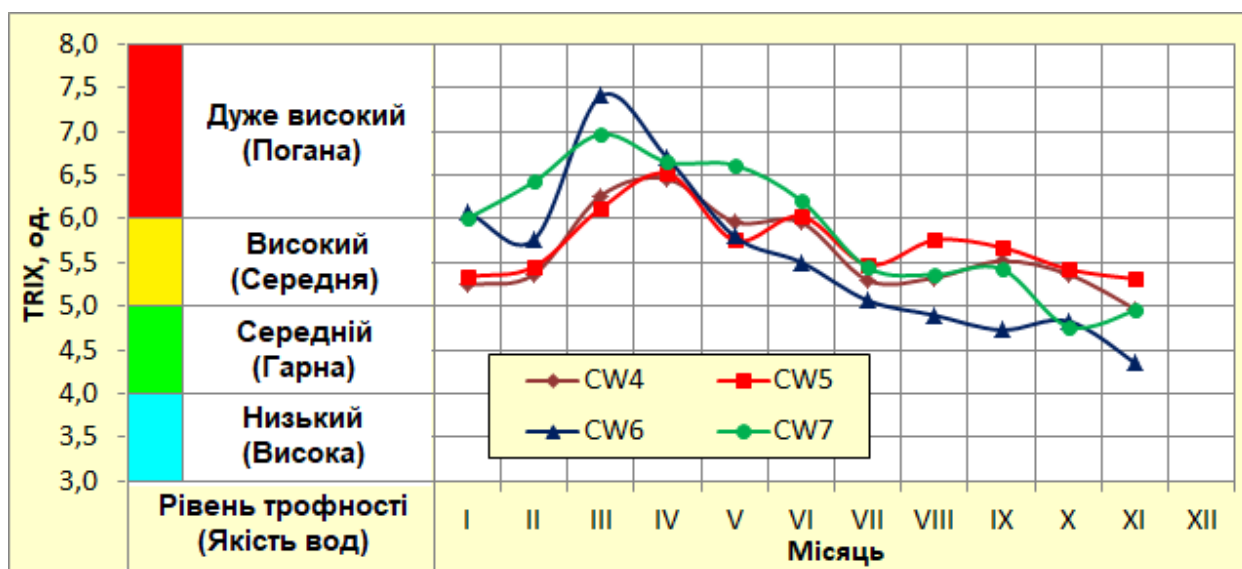


Рисунок 3.1 – Значення показника трофності TRIX прибережних вод Одеського регіону в 2023 р.

За середніми річними значеннями показника TRIX райони досліджень CW4, CW5, CW6 та CW7 відповідали «високому» рівню трофності. Відомо, що підвищені значення показника трофності пов'язані зі стоком Дніпробузького та Дністровського лиманів, з впливом стоку вод з СБО «Південна», дренажних стоків та з впливом військових дій.

За даними регулярних спостережень прибережних вод рекреаційної зони м. Одеси в районі мису Малий Фонтан та Одеського яхт-клубу в річному ході показника трофності TRIX мінімальні значення спостерігались в зимовий період, а максимуми – в літній період (рис. 3.2.), особливо в червні, що було пов'язано з наслідками підриву греблі Каховської гідроелектростанції, зокрема, цвітінням трьох видів синьо-зелених водоростей: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Dolichospermum flos-aquae* та *Microcystis aeruginosa* з загальною біомасою близько 7 г/м³ при середніх в червні температурі 20 °С та солоності 10,2 о.п.с.

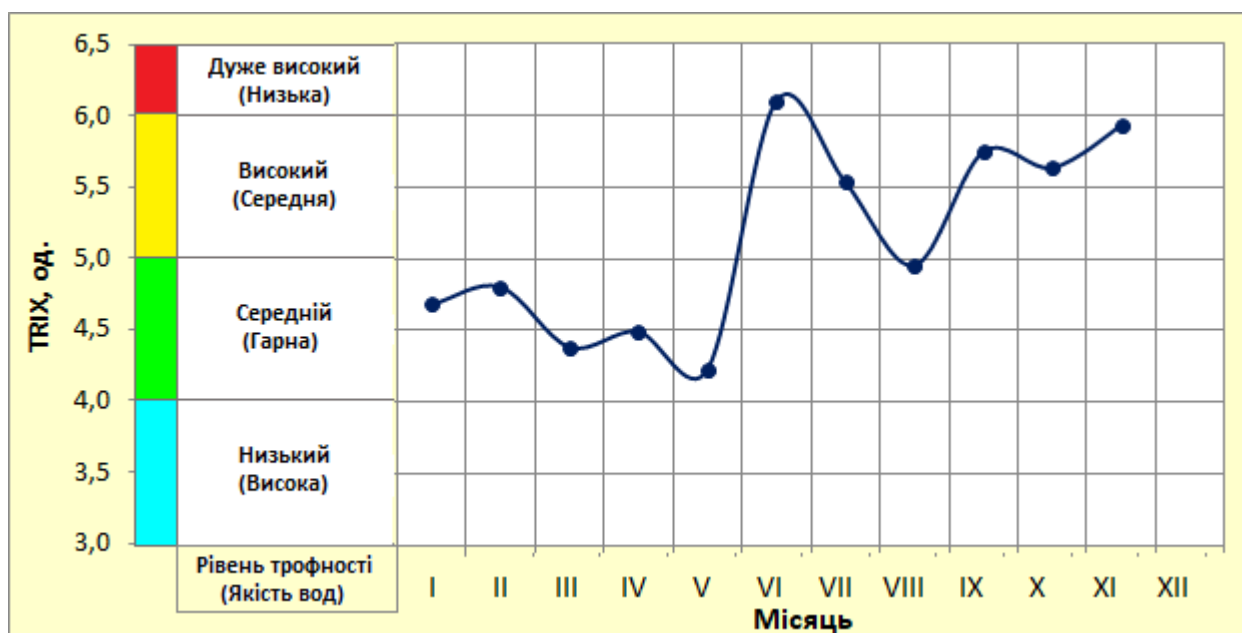


Рисунок 3.2 – Річний хід середніх місячних значень показника трофності TRIX прибережних вод м. Одеси у 2023 р.

Трофність прибережних вод м. Одеси в річному циклі, згідно категорії показника TRIX, відповідала «середньому» рівню в зимовий та весняний

періоди 2023 р. та переважно «високому» рівню – в літній та осінній періоди, а якість вод класифікувалась в зоні рекреації як «гарна» та «середня». Середнє значення показника TRIX у 2023 р. склало 5,1 од.

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

На фоні значних міжрічних коливань в багаторічних змінах ступеню евтрофікації і якості прибережних вод на шельфі в Одеському регіоні за даними спостережень в рекреаційній зоні віддаленій від промислових районів визначається тренд до зниження трофності і підвищення якості вод за інтегральним показником TRIX. В період 2000-2023 рр. за чисельними значеннями показника TRIX тенденція до зниження трофності вод складала – 0,032 од. у рік. Якщо на початку сторіччя значення показника TRIX перевищували 6,0 од. і стан трофності вод відповідав «дуже високому» рівню то у останні п'ять років значення показника TRIX в середньому не перевищували 5,0 од. і стан вод відповідав «середньому» рівню трофності, відображено на рисунку 3.3.

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. В 2012-2023 роки спостерігається стабілізація трофності вод масиву CW5 на рівні від 4,52 од. до 5,12 од. і відповідає «середньому» рівню трофності при значенні середнього індексу TRIX = 4,90 од., що зображено на рисунку 3.4.

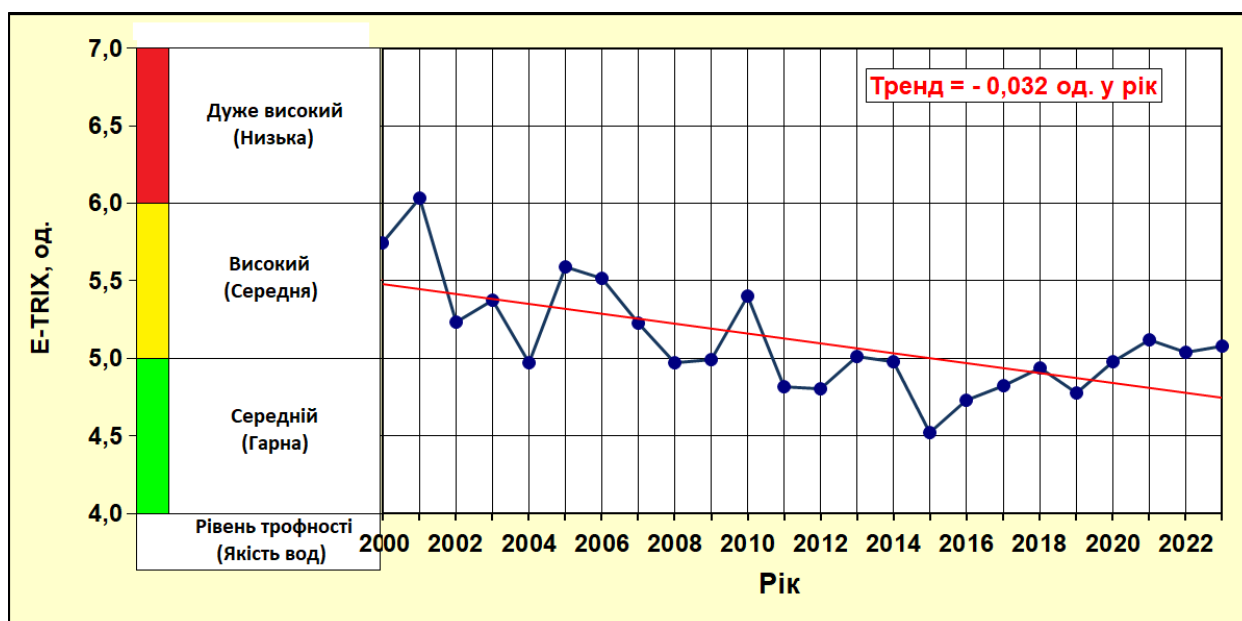


Рисунок 3.3 – Багаторічна мінливість трофності і якості прибережних вод Одеського регіону ПЗШ ЧМ за показником ТRIX

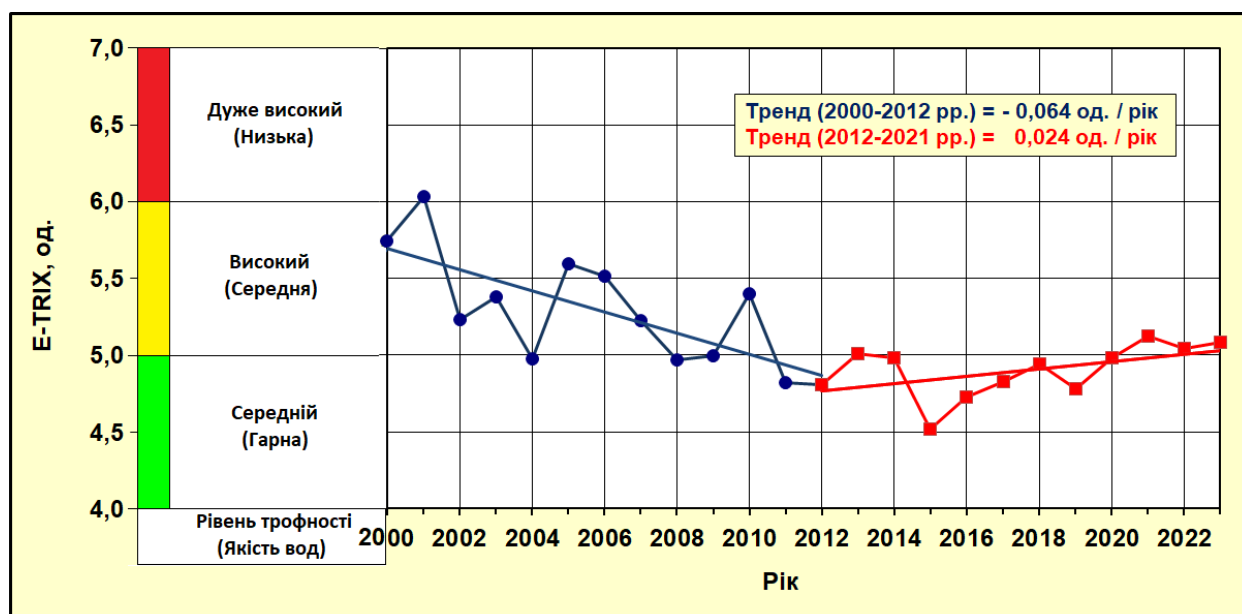


Рисунок 3.4 – Багаторічна мінливість трофності і якості прибережних вод водного масиву CW5 Одеського регіону за показником ТRIX

Трофність вод Дунайського регіону (водні масиви CW1, TW5 та ShW1) в 2023 р. за показником ТRIX відповідали «середньому», «високому» та «дуже високому» рівню трофності. Значення показника ТRIX, в розрахунки якого приймалися дані морської служби СMEMS, змінювались впродовж

року в масиві CW1 від 2,5 од. до 6,5 од., в масиві TW5 – від 5,1 од. до 7,0 од., в масиві ShW1 – від 3,4 од. до 6,5 од., при середніх річних значеннях по районах досліджень 4,6 од., 6,1 од. та 5,0 од., відповідно (рис. 3.5).

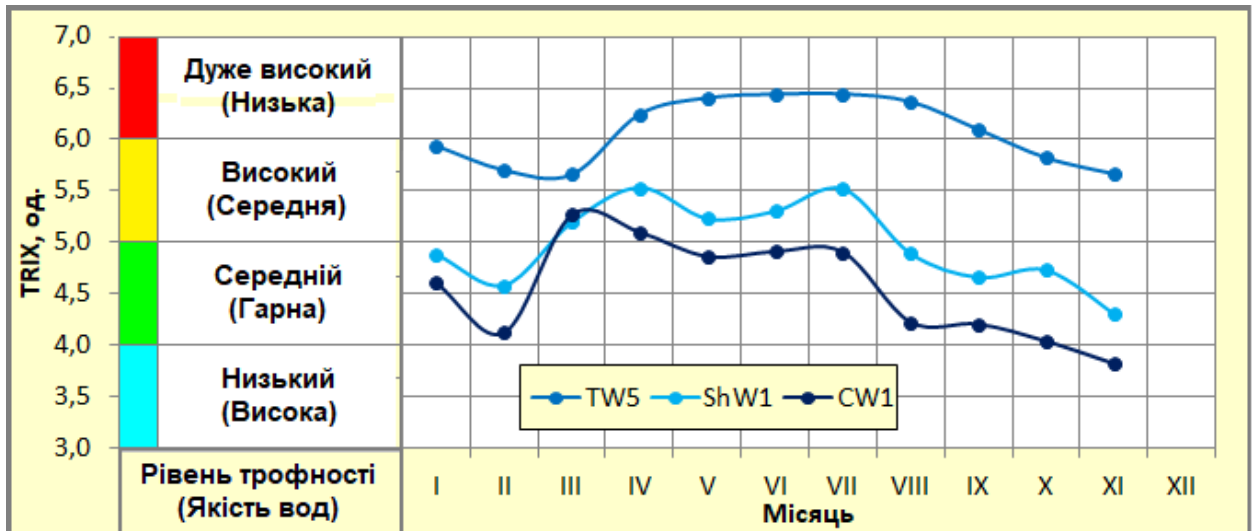


Рисунок 3.5 – Річний хід середніх місячних значень показника трофності TRIx Дунайського регіону у 2023 р.

Середній річний просторовий розподіл значень показника TRIx, розрахований в межах виключної морської економічної зони України, вказує на явний вплив річкового стоку на формування стану трофності та якості морських вод і особливо дунайського (рис. 3.6). При віддаленні від гирла р. Дунай, Дністровського та Дніпровсько-Бузького лиманів ступінь трофності вод знижується.

За даними експедиційних досліджень 2009-2021 рр. середні річні значення індексу TRIx, до розрахунку яких залучались дані супутникових спостережень вмісту хлорофілу-а, змінювались в діапазоні від 5,0 од. до 7,3 од. Зниження трофності вод на дунайському узмор'ї в середньому по району досліджень з «дуже високого» до «високого» рівня простежується в осінні періоди спостережень з 2016 р. (рис. 3.7). В середньому за період досліджень 2009-2021 рр. показник TRIx складає 6,4 од., що відповідає «дуже високому» рівню трофності.

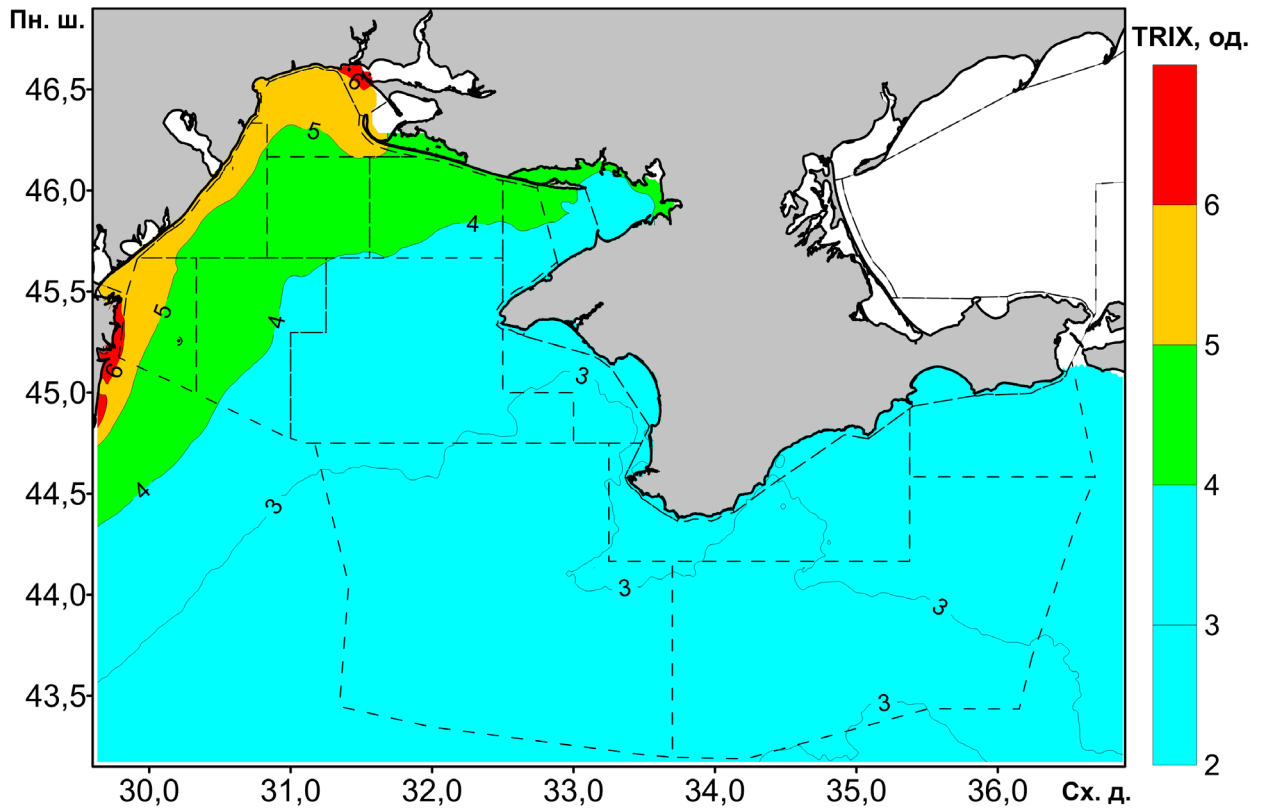


Рисунок 3.6 – Середньорічний просторовий розподіл значень показника TRIX в межах виключної морської економічної зони України у 2023 р.

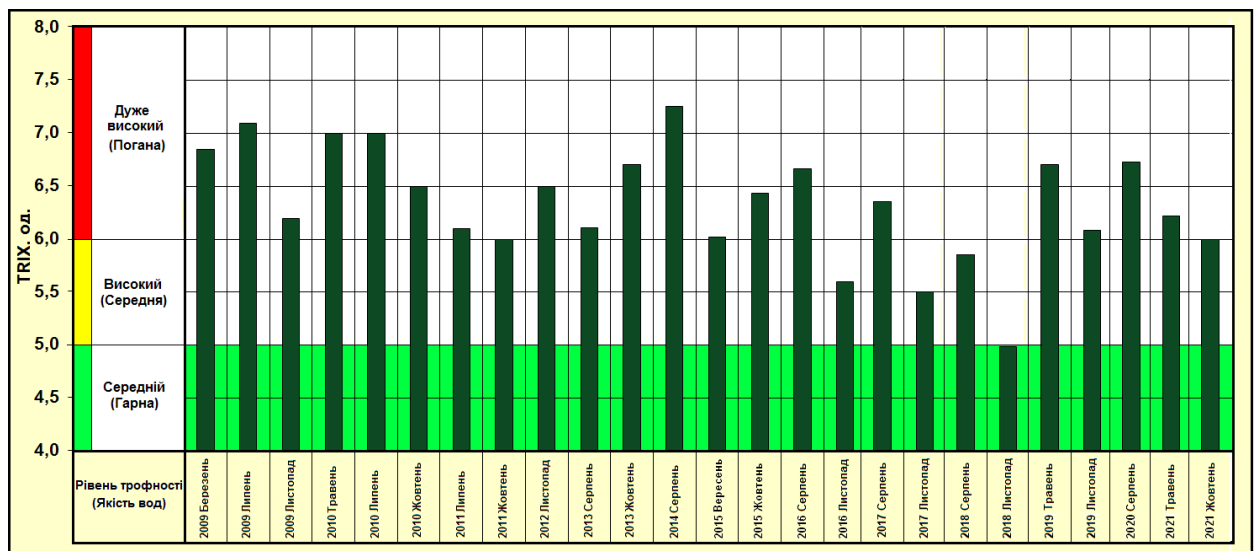


Рисунок 3.7 – Багаторічна мінливість ступеню трофності і якості вод Дунайського узмор'я в районі гирла Бистре за показником TRIX

3.3 Методика оцінки ступеню евтрофікації морських вод BEAST

Методика оцінки рівня евтрофікації (BEAST) розроблена спеціально для Чорного моря, та є модифікацією раніше розробленої Гельсінської комісією (HELCOM) методики оцінки рівня евтрофікації (HEAT) [26]-[27] і по суті BEAST ідентично методиці оцінки HEAT 3.0.

Безрозмірний показник якості вод (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 відповыдають ДЕС і 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 приймаються за визначенням:

$$\text{Target} = \text{RefCon} + 0,5 * \text{RefCon}, \quad (2)$$

яка повинна бути $\leq 0,75$ ГДК (гранично допустимої концентрації), і для параметрів, які зменшуються при збільшенні евтрофування приймалися за визначенням

$$\text{Target} = \text{RefCon} - 0,2 * \text{RefCon}. \quad (3)$$

До оцінки ступеня евтрофування входять три групи індикаторів:

- неорганічні 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.

В даній роботі використовувались наступні індикатори, які регулярно визначались в прибережних водах м. Одеса:

- неорганічні фосфор і азот;
- хлорофіл-а, біомаса фітопланктону;
- розчинений кисень.

Оцінка якості вод водних масивів Одеського узбережжя (CW4-CW7) та дунайського регіону (CW1, TW5, ShW1) щодо їх трофності за показником EQR виконувалась за даними морської служби СМЕМС. В розрахунки, крім перелічених вище індикаторів, включались також дані з прозорості.

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 % і 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 (вмінний) | при $EQR \leq 0,5$; |
| – Good (добрий) | при $0,5 < EQR \leq 1,0$; |
| – Moderate (задовільний) | при $1,0 < EQR \leq 1,5$; |
| – Poor (посередній) | при $1,0 < EQR \leq 2,0$; |
| – Bad (поганий) | при $EQR > 2,0$. |

3.4 Оцінка евтрофікації і якості шельфових вод України за методикою BEAST

Розрахунки показника стану якості вод EQR виконувались за показниками кожного комплексу вимірювань, з подальшим їх просторовим і часовим усередненням, на підставі даних регулярного прибережного моніторингу та даних морської служби СМЕМС.

В водних масивах CW4, CW5, CW6 і CW7 Одеського регіону в 2023 р. за даними морської служби СМЕМС і оцінок виконаних на підставі методики BEAST середні річні значення показника якості вод EQR по кожному району досліджень склали 2,01 од., 2,66 од., 4,53 од. та 7,72 од. відповідно. Таким чином, отримані середні річні величини характеризували стан якості вод масивів CW4-CW7 як «поганий» і не відповідали статусу ДЕС. Внутрішньорічний цикл за середніми місячними значеннями показника якості вод EQR зображено на рисунку 3.8. Як і за комплексним показником трюфності TRIX в зимово-весняний період відмічались максимуми поганого стану якості води.

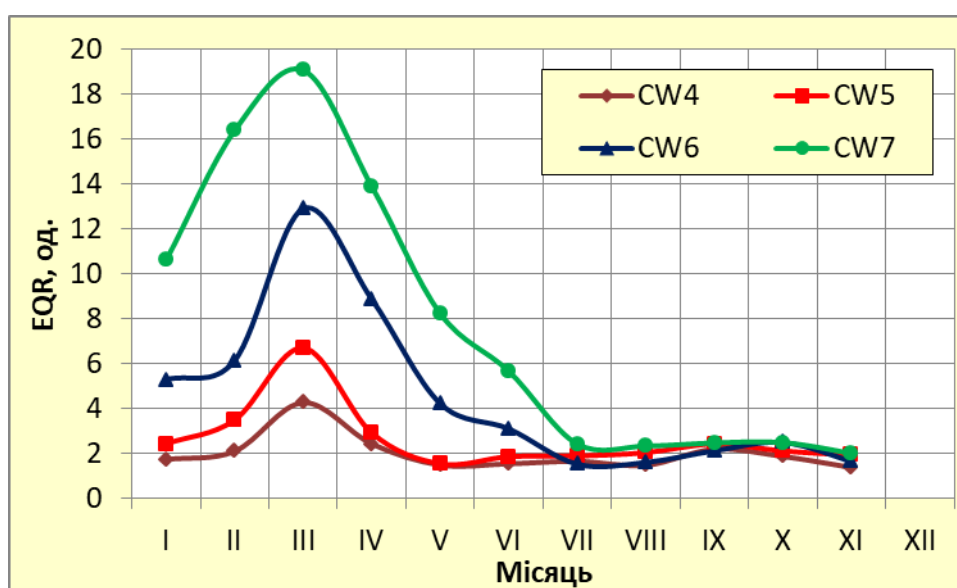


Рисунок 3.8 – Річний хід середніх місячних значень показника EQR стану якості прибережних вод Одеського регіону в 2023 р.

За даними регулярних спостережень прибережних вод рекреаційної зони м. Одеси в районі мису Малий Фонтан та Одеського яхт-клубу в річному ході показника стану якості EQR мінімальні значення спостерігались в квітні-травні та відповідали «задовільному» стану, а максимуми – в червні, як наслідок після підриву греблі Каховської гідроелектростанції, та відповідали «поганому» стану (рис. 3.9). Таким чином, стан якості EQR прибережних вод м. Одеси в річному циклі відповідав переважно «поганому» при середньому річному значенні 2,91 од. і не відповідав статусу ДЕС.

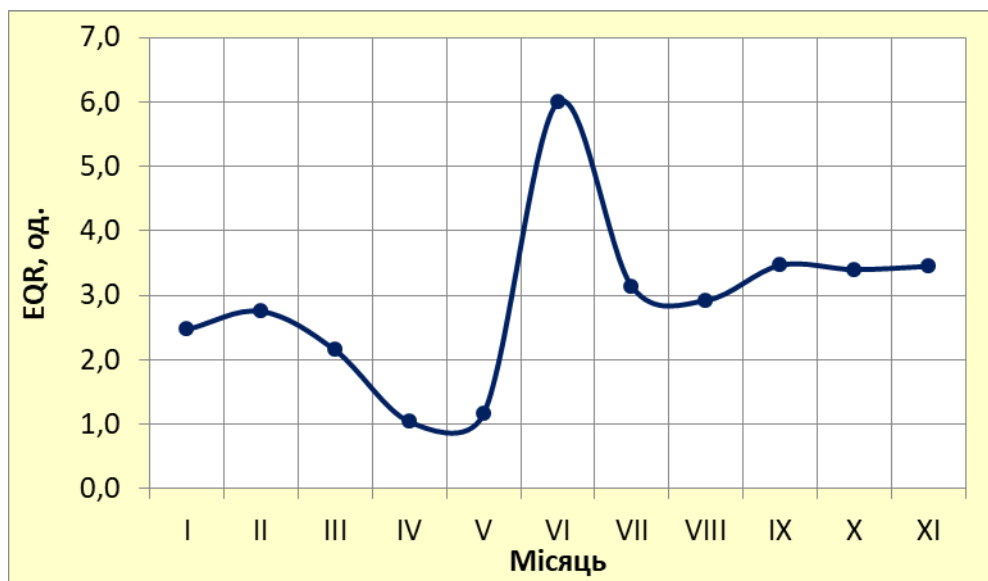


Рисунок 3.9 – Річний хід середніх місячних значень показника EQR стану якості прибережних вод рекреаційної зони м. Одеса в 2023 р.

Стан якості вод Дунайського регіону за даними CMEMS також не відповідав ДЕС. Середні річні значення показника якості вод EQR водних масивів CW1, TW5 і ShW1 склали 4,69 од., 2,02 од., 2,15 од., відповідно. Таким чином, отримані середні річні величини характеризували стан якості вод Дунайського регіону як «поганий». Внутрішньорічний цикл за середніми місячними значеннями показника якості вод EQR зображено на рисунку 3.10.

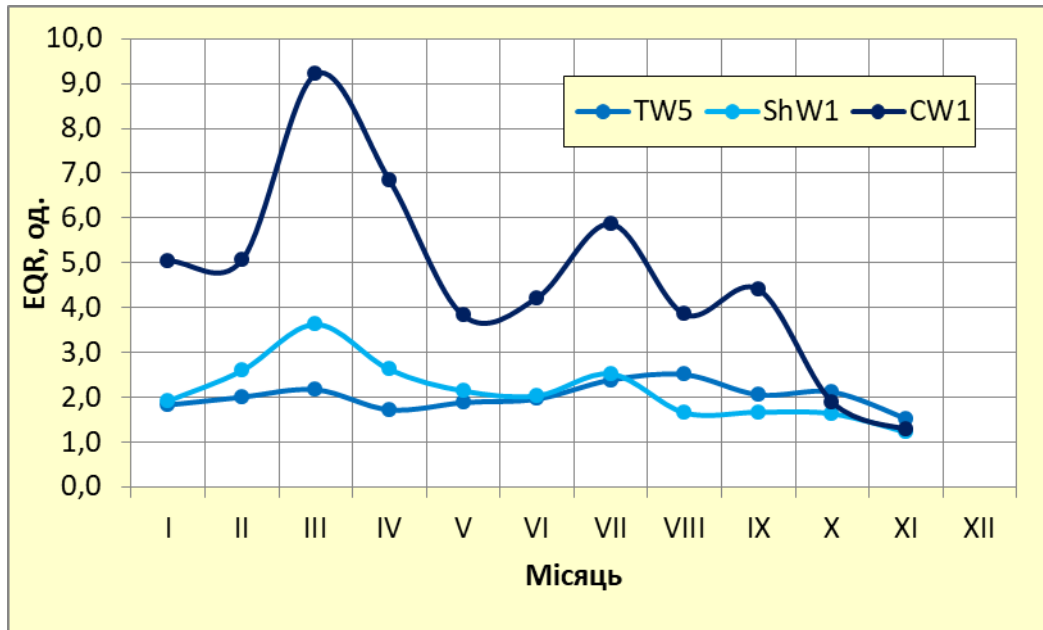


Рисунок 3.10 – Річний хід середніх місячних значень показника EQR стану якості вод Дунайського регіону в 2023 р.

ВИСНОВКИ

У просторовому розподілі якість і трофність вод на ПЗЧМ зменшується по мірі віддалення від впливу стоку річок і в першу чергу Дунаю.

За даними вмісту фосфору фосфатного екологічний статус в рекреаційній зоні м. Одеса (прибережний водний масив CW5) у 2023 р. відповідав ДЕС при середньому річному значенні $15,5 \text{ мкг/дм}^3$, проте його максимальні концентрації в осінній та зимовий періоди (від $18,4 \text{ мкг/дм}^3$ до $42,6 \text{ мкг/дм}^3$) відповідали «задовільному», «посередньому» та «поганому» статусам і не відповідали доброму екологічному стану.

За екологічною класифікацією якості значення вмісту фосфору загального відповідало «задовільному» статусу при середньому річному значенні $35,5 \text{ мкг/дм}^3$, що не відповідало ДЕС. Починаючи з червня і до кінця року спостерігались підвищені концентрації загального фосфору, які відповідали переважно «посередньому» статусу, що очевидно є наслідком катастрофи, що сталась на Каховській гідроелектростанції. В річній мінливості концентрації фосфору загального переважав вміст його органічної форми. За даними багаторічних спостережень 2000-2023 рр. в прибережних водах масиву CW5 Одеського регіону ЧМ в цілому спостерігається тенденція зменшення фосфору фосфатного і фосфору загального.

Сума вмісту мінеральних форм азоту та концентрації загального азоту в прибережних водах м. Одеси в середньому за 2023 рік становили $278,8 \text{ мкг/дм}^3$ та 3083 мкг/дм^3 , відповідно, що за екологічною класифікацією якості вод відповідало «поганому» статусу та не відповідало ДЕС. В річній мінливості загального азоту значно переважає його органічна форма.

Середній річний вміст загального азоту в період 2000-2023 рр. виявляє тенденцію підвищення його вмісту за рахунок органічної складової. Тенденція до зниження вмісту мінеральних сполук азоту визначається за його індивідуальними показниками нітритного і амонійного азоту.

За комплексним показником трофності TRIХ в рекреаційній зоні м. Одеса водного масиву CW5 з початку 2000 р. спостерігається тенденція до зниження трофності вод з «дуже високого» до «середнього» рівня і стабілізації з 2012 р. на межі «середнього» і «високого» рівня трофності вод при значенні середнього показника TRIХ – 4,90 од.

Через воєнні дії і неможливість проведення суднових досліджень на узмор'ї Дунаю, його екологічний стан оцінювався за даними аналізу і прогнозу служби моніторингу морського середовища СМЕМС. За середньомісячними даними з фосфору фосфатного водні масиви ShW1, CW1 та TW5 відповідали ДЕС, а за азотом нітратним – не відповідали ДЕС.

За даними аналізу і прогнозу європейської служби моніторингу морського середовища СМЕМС трофність вод Дунайського регіону (водні райони CW1, TW5 та ShW1) в 2023 р. за показником TRIХ відповідали «середньому», «високому» та «дуже високому» рівню трофності.

Розраховані за даними аналізу і прогнозу служби моніторингу морського середовища СМЕМС середні річні значення показника якості вод EQR водних масивів CW1, TW5 і ShW1 Дунайського регіону не відповідали ДЕС і характеризували стан якості вод Дунайського регіону як «поганий».

Незважаючи на відмічені деякі тенденції зменшення вмісту мінеральних форм біогенних речовин, екологічна ситуація на ПЗШ ЧМ явно нестабільна, особливо в прибережних районах його північно-західної частини, яка знаходиться безпосередньо під впливом стоку річок, на що вказують великомасштабні «цвітіння» водоростей. Зокрема, «цвітіння» синьо-зелених водоростей: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Dolichospermum flos-aquae* та *Microcystis aeruginosa* влітку, що було наслідком катастрофи, яка сталась після підриву греблі Каховської гідроелектростанції.

За середніми річними значеннями показника TRIХ райони досліджень CW4, CW5, CW6 та CW7 відповідали «високому» рівню трофності. Середні річні величини показника BEAST характеризували стан якості вод як «поганий» і не відповідали статусу ДЕС. Відомо, що підвищені значення

показника трофності пов'язані зі стоком Дніпробузького та Дністровського лиманів, з впливом стоку вод з СБО «Південна», дренажних стоків та з впливом військових дій.

Стабільного покращення якості екосистеми довкілля Чорного моря і його ДЕС поки не досягнене. Потрібно подальше зменшення біогенного навантаження на морське середовище як в складі річкового стоку, так і прибережних антропогенних джерел, а також з річкових та морських суден.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Зайцев Ю. П. Самое синее в мире [Текст] / Ю. П. Зайцев. – Нью-Йорк : ООН, 1998. – 142 с.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР [Текст] / Под ред. А.И. Симонова, А.И. Рябикина, Д.Е. Гершановича. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. – Т. IV, Вып. 2. – 220 с.
3. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР [Текст] / Под ред. А.И. Симонова, Э.Н. Альтмана – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1991. – Т. IV, Вып. 1. – 430 с.
4. Концепція охорони та відтворення навколишнього природного середовища Азовського і Чорного морів [Електронний ресурс] // Затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 10 липня 1998 р. № 1057 – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1057-98-%D0%BF#Text> – Назва з екрана.
5. Програма державного моніторингу вод (в частині діагностичного моніторингу прибережних та морських вод Чорного та Азовського морів) [Електронний ресурс] // Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 2 від 05 січня 2022 року «Про затвердження програми державного моніторингу вод». – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/2n.pdf> – Назва з екрана.
6. Морська природоохоронна стратегія України [Електронний ресурс] // Схвалено Кабінетом Міністрів України від 11 жовтня 2021 р. № 1240-р. Київ – Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-2021-%D1%80?lang=uk#Text> – Назва з екрана.
7. DIRECTIVE 2008/56/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 June 2008 (Marine Strategy Framework Directive) [Electronic resource] // Official Journal of the European Union 25.6.2008. –

- L164/19 - L164/40 – Access mode [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ EN/ TXT/?uri=celex%3A32008L0056](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0056) – Title from scree.
8. DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2000 (Water policy) [Electronic resource] // Official Journal L 327, 22.12.2000. – P. 0001 – 0073 – Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32000L0060> – Title from screen.
9. COMMISSION DECISION (EU) 2017/848 of 17 May 2017 laying down criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters and specifications and standardized methods for monitoring and assessment, and repealing Decision 2010/477/EU [Electronic resource] // Official Journal of the European Union 18.5.2017 – L125/43 - L125/74 – Access mode [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX %3A32017D0848](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017D0848) – Title from scree.
10. Тучковенко Ю. С. Оценка вклада речного стока и совокупности антропогенных источников в загрязнение морской среды Одесского региона [Текст] / Ю. С. Тучковенко, О. Ю. Сапко // Екологічні проблеми Чорного моря: зб. матеріалів до 5-го Міжнар. Симпозіуму. – Одеса, 2003. – С. 360–365
11. Екологічні паспорти регіонів – Міністерство екології та природних ресурсів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://menr.gov.ua/content/ekologichni-pasporti-regioniv.ht>. – 10.10.2018. – Назва з екрана
12. Regulation (EU) No 377/2014 of the European Parliament and of the Council of 3 April 2014 establishing the Copernicus Programme and repealing Regulation (EU) No 911/2010 Text with EEA relevance (OJ L 122 24.04.2014, p. 44, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/377/oj>)
13. Copernicus Marine Service. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://marine.copernicus.eu/about>. – 20.10.2022. – Назва з екрана.

14. Нормативи гранично-допустимих концентрацій основних забруднюючих речовин у внутрішніх морських водах та територіальному морі України. / Постанова Кабінету Міністрів України від 29 березня 2002 р. № 431 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/431-2002-%D0%BF#Text>. – 26.10.2023. – Назва з екрана
15. Про затвердження Правил охорони внутрішніх морських вод і територіального моря від забруднення та засмічення / Документ 269-96-п, поточна редакція від 30.09.2018 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/269-96-%D0%BF#Text>. – 10.10.2018. – Назва з екрана
16. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов [Текст]. – М.: Минрыбхоз СССР, 1990. – 303 с.
17. Базова оцінка та визначення Доброго екологічного стану (ДЕС) морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України : Звіт про НДР / УкрНЦЕМ ; наук. кер. Український В.В. / Том 1 Оцінка та діагноз евтрофікації морських вод північно-західного шельфу Чорного моря та її негативних наслідків. – Одеса, 2018 р. – 96 с. – № ДР 0118U006641. – Інв. №.
18. Базова оцінка екологічного стану морського середовища України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.sea.gov.ua/uploads/Initial_Assesment.pdf. – 10.10.2018. – Назва з екрана
19. Украинский В. В. Межгодовые изменения и тенденции в эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря / В. В. Украинский, Н. Н. Гончаренко // Український гідрометеорологічний журнал. – 2010. – № 7. – С. 211–219.
20. Украинский В. В. Оценка современного состояния эвтрофикации вод северо-западного шельфа Черного моря / В. В. Украинский, С. П. Ковалишина // Современное состояние и перспективы наращивания

- ресурсного потенціала юга Росії: междунар. науч. конф., 15-18 сентября 2014 г. : тезисы докл. – Севастополь, 2014. – С. 203–205.
21. Оцінка впливу кліматичних та антропогенних факторів на процеси евтрофікації вод північно-західного шельфу Чорного моря : звіт про НДР (заключний) / УкрНЦЕМ ; кер. І. Д. Лоева ; викон. : В. В. Український [та ін.]. – Одеса, 2012. – 123 с. – № ДР 0113U007186.
22. Тучковенко Ю. С. Оценка эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря / Ю. С. Тучковенко, О. Ю. Сапко // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2006. – Вип. 2. – С. 224–227.
23. 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 / F. Giovanardi, G. Montanari, A. Rinaldi // *Enviromentrics*. – 1998. – № 9. – P. 329–357.
24. Vollenveider R. A. Eutrophication of waters: monitoring assessment and control / R. A. Vollenveider, J. J. Kerekes. – Paris: OECD, 1982. – 154 p.
25. Moncheva S. Eutrophication index ((E) TRIX) – an operational tool for the Black Sea costal water ecological quality assessment and monitoring / S. Moncheva, V. Doncheva // *The Black Sea ecological problems : collected papers*. – Odessa, 2000. – P. 178–185.
26. Andersen J. H. Getting the measure of eutrophication in the Baltic sea: towards improved assessment principles and methods / J. H. Andersen, P. Axe, H. Backer, J. Carstensen and other // *Biogeochemistry*. – 2011. – № 106. – P. 137–156.
27. HELCOM (2015), Final report of the project, Making HELCOM Eutrophication Assessments Operational (HELCOM EUTRO-OPER) / HELCOM, Baltic Marine Environment Protection Commission Katajanokanlaituri 6 B FI-00160 Helsinki, Finland [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.helcom.fi/Documents/EUTRO-OPER%20project%20report.pdf>. – 10.10.2018. – Назва з екрана.

Додаток А

Таблиця А.1 – Розраховані відношення середніх річних значень показників біогенних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації, до цільових значень по водним масивам ЧМ у 2023 р.

Райони	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	Chl-a (мкг/дм ³)	Secchi Disk (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
ShW1	0,111	7,42	1,68	1,16	0,81	0,85
CW1	0,128	16,61	0,92	1,01	0,84	0,80
TW5	0,443	2,80	3,08	0,72	0,88	0,84
CW4	0,399	4,55	2,62	1,52	0,90	0,86
CW5	0,470	9,72	3,17	1,49	0,97	0,86
CW6	0,799	10,61	2,93	1,62	0,84	0,81
CW7	1,019	23,93	3,49	1,85	0,81	0,82

Таблиця А.2 – Розраховані відношення середніх сезонних значень показників біогенних речовин, первинних і вторинних критеріїв оцінки евтрофікації, до цільових значень по водним масивам ЧМ в 2023 р.

Райони	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	Chl-a (мкг/дм ³)	Secchi Disk (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Зима						
ShW1	0,289	9,55	1,88	1,06	0,85	0,81
CW1	0,386	22,63	1,70	0,99	0,85	0,84
TW5	0,599	3,72	1,79	0,53	0,83	0,85
CW4	0,755	9,06	2,93	1,07	0,85	0,87
CW5	0,847	12,30	3,29	1,04	0,81	0,88
CW6	1,814	19,22	3,89	1,05	1,06	1,02
CW7	2,086	46,77	1,73	1,28	0,97	0,96
Весна						
ShW1	0,065	7,75	1,13	1,12	0,85	0,81
CW1	0,012	16,11	0,46	0,66	0,83	0,83
TW5	0,670	2,91	1,96	0,66	0,89	0,83
CW4	0,138	3,45	2,58	1,58	1,01	0,88
CW5	0,217	4,42	2,72	1,59	1,06	0,86
CW6	0,370	15,76	3,00	1,45	0,94	0,89
CW7	0,671	32,40	4,18	1,44	0,98	0,89
Літо						
ShW1	0,007	8,51	2,14	1,36	0,80	0,86
CW1	0,001	20,26	0,98	1,20	0,86	0,83
TW5	0,237	2,62	5,35	0,92	0,96	0,91
CW4	0,001	3,08	2,30	2,20	0,93	0,87
CW5	0,008	3,83	3,57	2,10	1,03	0,91
CW6	0,002	3,39	2,02	2,36	0,85	0,86
CW7	0,125	6,34	3,77	2,74	0,82	0,85
Осінь						
ShW1	0,026	3,13	2,20	1,42	0,84	0,89
CW1	0,018	6,50	1,09	1,32	0,86	0,87
TW5	0,280	1,71	3,83	0,78	0,85	0,86
CW4	0,013	3,60	2,60	1,63	0,92	0,93
CW5	0,020	5,42	3,90	1,60	0,98	0,92
CW6	0,008	1,29	3,31	1,99	0,80	0,91
CW7	0,016	2,55	3,50	2,53	0,86	0,90