

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 0119U103483

Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ
НДУ “УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ”(УкрНЦЕМ)
65009, м.Одеса-9, Французький бульвар, 89; тел. (0482) 63 66 22; факс (0482) 63 66 73;
e-mail: aceem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор УкрНЦЕМ

канд.геогр.наук, старш.наук.співроб.

_____ В. М.Коморін

_____ 2020 р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

**Оцінка та діагноз екологічного стану довкілля Чорного моря в межах виключної
морської економічної зони України у 2019 році**

**ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ ЕВТРОФІКАЦІЇ МОРСЬКИХ ВОД ПІВНІЧНО-
ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ ТА ЇЇ НЕГАТИВНИХ
НАСЛІДКІВ**

Том 1

Науковий керівник:

заступник директора – начальник морського

інформаційно-аналітичного центру,

канд. геогр. наук

В. В. Український

2019

Рукопис закінчено 28 грудня 2019 р.

**Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол
від _____ 2020 р. №**

СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник заступник директора – начальник морського інформаційно-аналітичного центру, канд. геогр. наук	_____	В. В. Український (вступ, висновки)
Виконавці: наук. співроб. відділу аналізу морських екосистем та антропогенного навантаження	_____	А. С. Тітяпкин (розділи 1, 2, 3)
Начальник відділу аналізу морських екосистем та антропогенного навантаження, канд. біол. наук	_____	О. Ю. Гончаров (розділи 1, 2)
Наук. співроб. відділу аналізу морських екосистем та антропогенного навантаження	_____	І. В. Малахов (розділ 3)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 107 с., 24 табл., 61 рис., 34 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 шельфових 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 2019 р., з залученням супутникової інформації, даних Державної гідрометеорологічної служби України та даних літературних джерел. Інтегральна оцінка рівня трофності і якості вод виконувалась за комплексними показниками TRIX та BEAST (HELCOM).

Результати дослідження – визначені тенденції зменшення вмісту фосфатного і загального фосфору та мінеральних форм азоту в водах північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ). У всіх районах шельфової зони України за даними багаторічних супутникових спостережень вмісту хлорофілу-а, показника продуктивності і евтрофованості вод, визначається слабка тенденція до зниження його вмісту. Аналогічні тенденції виявляються в ПЗЧМ і за даними комплексних показників трофності вод TRIX та BEAST.

ЗМІСТ

	С.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК.....	6
ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМУ АБІОТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ	10
1.1 Довгострокові зміни вмісту поживних речовин в річковому стоці на прикладі Дністра.....	10
1.2 Мінливість гідрохімічного стану вод Одеського регіону у 2019 році	15
1.3 Внутрішньорічна мінливість абіотичних показників стану евтрофікації прибережних вод Одеського регіону у 2019 році	23
1.4 Мінливість гідрохімічного стану вод Дунайського узмор'я у 2019 році.....	32
2 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ.....	47
2.1 Оцінка екологічного стану морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України за даними середніх річних показників евтрофікації морських вод в 2019 році.....	47
2.2 Мінливість вмісту хлорофілу-а на узмор'ї Дунаю, узмор'ї Дністровського та Дніпровського лиманів залежно від мінливості стоку річок.....	55
2.3 Оцінка екологічного стану морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України за даними середніх річних показників прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами в 2019 р.....	60
2.4 Оцінка екологічного стану морського середовища Чорного моря	

в межах виключної морської економічної зони України за даними середніх сезонних показників евтрофікації морських вод в 2019 році.....	64
3 ОЦІНКА СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЙ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ	82
3.1 Показник трофності і якості вод TRIХ.....	82
3.2 Оцінка евтрофікації шельфових вод України за показником TRIХ	84
3.3 Методика оцінки ступеню евтрофікації морських вод BEAST.....	90
3.4 Оцінка евтрофікації шельфових вод України за показником BEAST.....	92
ВИСНОВКИ.....	96
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	97
ДОДАТОК А.....	102

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

БР	- біогенні речовини
ГДК	- гранично допустима концентрація
ГАЕС	- гідроакумулююча електростанція
ГЕС	- гідроелектростанція
ДЕС	- Добрий екологічний стан
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
DOP	- розчинений органічний фосфор
TN	- азот загальний
TP	- фосфор загальний
P(PO ₄)	- фосфор фосфатний
pH	- водневий показник
Si(SiO ₃)	- кремній
TRIX	- індекс трофності і якості вод (trophic index)
WFD	- Водна Рамкова Директива

ВСТУП

Евтрофікація – це процес, який керується збагаченням води поживними речовинами, особливо з'єднаннями азоту та фосфору, що призводить до збільшення росту первинної продукції і є одним із головних чинників антропогенних порушень екосистеми Чорного та Азовського морів. Результатами наслідків евтрофікації, як звісно [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. Несприятливі і згубні процеси які пов'язані з евтрофікацією морських вод виникають в результаті збільшення кількості поживних речовин і надмірного розвитку фітопланктону. У зв'язку з цим в свою чергу виникають процеси «цвітіння» води і зменшення її прозорості, розвиток під пікноклином і в придонних шарах шельфової зони в теплий період року зон гіпоксії і аноксії, що відповідно призводить до замору і загибелі придонних і донних організмів.

Вважається, що основними джерелами біогенного забруднення морських вод є річковий стік, пов'язаний з транскордонним антропогенним впливом, та берегові точкові джерела, до яких у першу чергу відносяться випуски стічних вод різних суб'єктів господарювання, що 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.

В умовах інтенсифікації промислової і морегосподарської діяльності на ПЗЧМ, одним з важливих і актуальних екологічних завдань є виконання Загальнодержавної програми охорони і відродження природного середовища Чорного і Азовського морів. Згідно Європейської директиви MSFD ступень евтрофікації відповідає п'ятому дескриптору і добрий екологічний стан

(ДЕС) характеризується зведенням її до мінімуму, яка обумовлена антропогенним навантаженням питомих речовин, втрати біорізноманіття, пошкодженням екосистеми, цвітінням водоростей та нестачею кисню на глибинах під пікнокліном.

Відповідно до рамкової Директиви морської стратегії 2008/56/ЄС [4] та рішення Європейської комісії 2017/848/ЄС [5] про встановлення критеріїв і методологічних стандартів належного екологічного статусу морських вод та технічних характеристик і стандартизованих методів для моніторингу і оцінки, до антропогенної евтрофікації (дескриптор якості 5) відносяться такі три групи показників по яких оцінюються :

1) Рівні поживних речовин (5.1):

- (5.1.1) концентрація поживних речовин в товщі води азоту амонійного $N(NH_4)$, нітратного $N(NO_3)$, нітритного $N(NO_2)$, суми розчинених мінеральних форм азоту DIN, загального азоту TN, фосфору фосфатного $P(PO_4)$, (DIP), загального фосфору TP, кремнію $Si(SiO_3)$;
- (5.1.2) співвідношення поживних речовин (кремнію, азоту і фосфору), де це необхідно.

2) Прямі ефекти збагачення вод поживними речовинами (5.2):

- (5.2.1) концентрація хлорофілу-а в товщі води;
- (5.2.2) прозорість води, що пов'язана зі збільшенням завислих речовин, водоростей, у відповідних випадках;
- (5.2.3) чисельність опортуністичних макроводоростей;
- (5.2.4) видові зрушення флористичної композиції, такі як відношення діатомових до флагелат, бентосних до пелагічних зрушень, небажаного «цвітіння» / «цвітіння» токсичних водоростей (наприклад, ціанобактерій), що викликані діяльністю людини.

3) Непрямі ефекти збагачення вод поживними речовинами (5.3):

- (5.3.1) знижена кількість багаторічних морських водоростей (наприклад, фуксія, зостера і Нептун трава), несприятливий вплив зниженої прозорості води;

- (5.3.2) розчинений кисень та його площі, тобто зміни, що пов'язані зі збільшенням розкладання органічної речовини.

Програма щодо евтрофікації дозволяє виміряти концентрацію поживних речовин, прямі і непрямі ефекти збагачення поживними речовинами (особливо рівнів вмісту хлорофілу, планктону та кисню) у прибережних водах відповідно до Водної Рамкової Директиви (WFD). Моніторинг у морських водах визначено Рамковою Директивою про морську стратегію (MSFD) і, є предметом загальної оцінки доброго екологічного стану. Загальна оцінка стану евтрофікації виконується на підставі трьох груп показників за методикою BEAST або HEAT-3.0 Гельсінської комісії (HELCOM).

НДР «Оцінка та діагноз евтрофікації морських вод північно-західного шельфу Чорного моря (ПЗШ ЧМ) та її негативних наслідків» виконувалась в рамках напрямку наукових досліджень УкрНЦЕМ «Оцінка та діагноз екологічного стану довкілля Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України» згідно виконання завдань «Загальнодержавної програми охорони та відтворення довкілля Азовського і Чорного морів» та міжнародних зобов'язань України щодо захисту Чорного моря від забруднення, відповідно до «Стратегічного Плану Дій до відновлювання і охорони Чорного моря».

1 ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМУ АБІОТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ У 2019 РОЦІ

1.1 Довгострокові зміни вмісту поживних речовин в річковому стоці на прикладі Дністра

У збагаченні біогенними речовинами (БР) вод ПЗЧМ та їх евтрофікації головна роль належить річковому стоку. За даними [1] вклад річкового стоку в прибуткову частину балансу БР Чорного моря за індивідуальними показниками (PO₄, NO₂, Si) складає від 82,3 до 88,8 %.

У гідроекологічному стані Дністра можна виділити три періоди. Перший був до регулювання стоку річки, коли гідрологічні та гідрохімічні режими формувалися під впливом лише природних факторів. У цей період значні коливання стоку води були пов'язані з таненням снігу та частими зливовими паводками в районі водозбору. Другий період відповідає часу часткового регулювання стоку Дністра з початку 1954 р., коли було введено в експлуатацію водосховище Дубоссари та Дубосарська гідроелектростанції (ГЕС), що призвело до уповільнення швидкості течії річки та зниження її помутніння води. Третій період розпочався з 1987 року, коли ввели в експлуатацію Дністровське водосховище та Дністровську ГЕС. У цей період гідрологічний режим середньої частини Дністра вважався повністю регульованим. У 2009 році було запущено перший агрегат гідроакумуючої електростанції (ГАЕС) та її резервуарне водосховище. Морфометричні характеристики буферного резервуару та режиму потоку зазнали певних змін. Таким чином, час з 2009 року може розглядатися як деяка частина третього періоду з повністю регульованим стоком.

У той же час на екосистему Дністра вплинули процеси евтрофікації внаслідок так званої глобальної «зеленої революції» із використанням

добрив, що містять азот та фосфор. Середину 1950-х років можна розглядати як час не значного впливу антропогенної евтрофікації на морське середовище. Період з 1960-х років до 1991 року можливо визначити як період високого впливу антропогенної евтрофікації. З розпадом Радянського Союзу в 1991 році спостерігався економічний спад промисловості та сільського господарства, що призвело до зменшення антропогенного навантаження та евтрофікації вод річкового стоку. Цей період деєвтрофікації триває і донині [6].

Для порівняльної оцінки вмісту поживних речовин в усі гідрологічні періоди використовувались сучасні та літературні дані їх концентрацій у водах нижнього Дністра з 1951 року [7, 8, 9, 10] (таблиця 1.1):

- літературні дані за 1951-1954 роки стосуються природного періоду без регулювання стоку та без значної евтрофікації;
- дані за 1977-78 роки стосуються періоду високої евтрофікації з частковою регуляцією стоку;
- період 1985-1988 років відповідає часу з високою евтрофікацією і містить роки до і після введення в експлуатацію Дністровської ГЕС;
- 2003-2004 роки стосуються періоду деєвтрофікації до початку введення в експлуатацію ГАЕС;
- поточний період 2018-2019 років відповідає подальшої деєвтрофікації вод Дністра після введення в експлуатацію ГАЕС.

Таблиця 1.1 – Співвідношення наявних даних відповідно до періодів евтрофікації та стану регулювання стоку

Періоди евтрофікації	Стан регулювання стоку			
	Природний стан	Дубосарське водосховище	Дністровське водосховище	ГАЕС
Природний стан	1952-1954			
Інтенсивна евтрофікація		1977-1978, 1985-1986	1987-1988	
Деєвтрофікація			2003-2004	2018-2019

Результати порівняння концентрацій поживних речовин у різні періоди представлені в таблицях 1.2 і 1.3 та на рисунках 1.1, 1.2, 1.3. Виконані порівняльні оцінки вмісту поживних речовин вказують, що нітрати та розчинений неорганічний азот (DIN) є найнижчими у 1950-х роках. Порівняльні оцінки вмісту органічних форм поживних речовин не виконувались за відсутністю їх вимірювань у низов'ї Дністра в період 1950-х років. Дослідження 1977–1978 рр. показали, що порівняно з 1952–1954 рр. концентрація нітритів та нітратів зросла в 2,5 рази. Крім того, концентрація фосфатів (розчиненого неорганічного фосфору, DIP) також зросла вдвічі.

У 1985–1988 роках концентрації амонію зросли втричі порівняно з 1950-ми роками. Нітритів також було в 5,5 рази більше, ніж у 1950-х роках, і в 2,5 рази більше, ніж у 1970-х. Нітрати та фосфати були на однаковому рівні у 1970-х та 1980-х роках. Розчинений органічний фосфор (DOP) у 1980-х роках по відношенню до 1970-х років збільшився в 1,5 рази. Отримані результати вказують, що 1970-1980-ті роки були часом інтенсивної евтрофікації вод Дністра.

Таблиця 1.2 – Тривалі зміни коливань поживних речовин у низов'ї Дністра (над рискою – середні значення; нижче риси – діапазон коливань)

Роки *	Сполуки азоту (мг N/дм ³)					
	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	DIN	DON	TDN
1952-1954	<u>0.188</u> 0-1.09	<u>0.035</u> 0-0.044	<u>0.57</u> 0.010-1.00	<u>0.80</u> -	-	-
1977-1978	-	<u>0.080</u> -	<u>1.29</u> -	-	<u>1.38</u> -	<u>2.75</u> -
1985-1988	<u>0.554</u> 0.010-1.51	<u>0.191</u> 0.001-0.91	<u>1.30</u> 0.050-2.54	<u>2.11</u> -	<u>0.51</u> 0.07-1.04	<u>2.62</u> -
2003-2004	<u>0.073</u> 0.001-0.25	<u>0.031</u> 0.001-0.16	<u>0.86</u> 0.058-1.57	<u>0.96</u> 0.078-1.67	<u>1.67</u> 0.080-6.44	<u>2.63</u> 0.85-6.86
2018-2019	<u>0.076</u> 0.014-0.18	<u>0.023</u> 0.011-0.044	<u>1.60</u> 0.876-2.37	<u>1.69</u> 1.01-2.52	<u>0.91</u> 0.500-1.82	<u>2.60</u> 1.87-3.85
* 1952-1954 – Алмазов, 1962 [7]; 1977-1978, 2003-2004 – Гаркавая и др., 2005 [8]; Garkavaya at al, 2008 [9]; 1985-1988 – Журавлєва, 1992 [10]; 2018-2019 – дані УкрНЦЕМ.						

Таблиця 1.3 – Тривалі зміни коливань поживних речовин у низов'ї Дністра (над рискою – середні значення; нижче риски – діапазон коливань)

Роки*	Сполуки фосфору (мг Р/дм ³)			Кремній (мг Si/дм ³)
	DIP	DOP	TDP	Si(SiO ₄ ⁻)
1952-1954	<u>0.057</u> 0.013-0.100	–	–	<u>5.22</u> 1.38-10.0
1977-1978	<u>0.091</u> –	<u>0.028</u> –	<u>0.119</u> –	<u>4.00</u> –
1985-1988	<u>0.090</u> 0.010-0.260	<u>0.041</u> 0.040-1.200	<u>0.131</u> –	<u>4.41</u> 1.90-7.30
2003-2004	<u>0.074</u> 0.010-0.138	<u>0.029</u> 0.003-0.091	<u>0.103</u> 0.023-0.166	<u>2.46</u> 0.85-3.35
2018-2019	<u>0.069</u> 0.054-0.089	<u>0.024</u> 0.003-0.063	<u>0.094</u> 0.064-0.123	<u>2.73</u> 1.63-4.41

*Дані по роках відповідають посиланням наведеним в таблиці 1.2.

У 90-х роках, в період економічного спаду промисловості та сільського господарства у регіоні, спостерігається тенденція до зниження концентрації БР та збільшення вмісту розчиненої органічної речовини, що надходить з Дністровського лиману до прилеглої морської акваторії [6], [7].

За порівняльними оцінками концентрації аміаку та нітритів у 2003-2004 та у 2018-2019 роках вказують на близькі їх значення в цих роках, а по відношенню до періоду 1985-1988 років їх концентрації в 7-8 разів менше. Також спостерігається тенденція зменшення всіх видів фосфору в 1,5 рази з 1980-х років до теперішнього часу. Концентрації загального розчиненого азоту (TDN) залишаються на попередньому високому рівні.

Спостерігається зниження вмісту силікатів удвічі порівняно з періодом 1950-х років (рисунок 1.4). Це, безумовно, пов'язано з осадженням кремнію разом з осіданням у водоймах і через уповільнення потоку, а також через споживання діатомовим фітопланктоном.

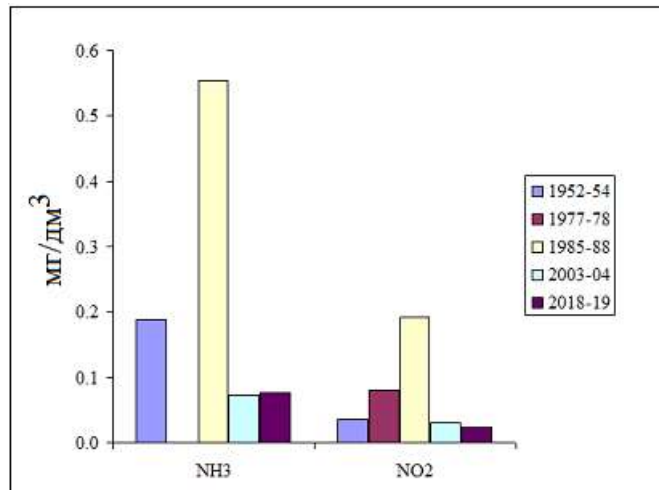


Рисунок 1.1 – Амонійний азот та нітрити в низов'ї Дністра у різні періоди

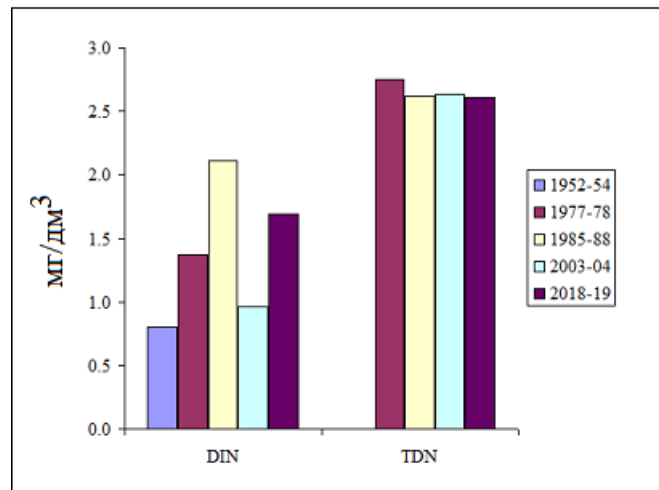


Рисунок 1.2 – Мінеральний та загальний азот в низов'ї Дністра у різні періоди

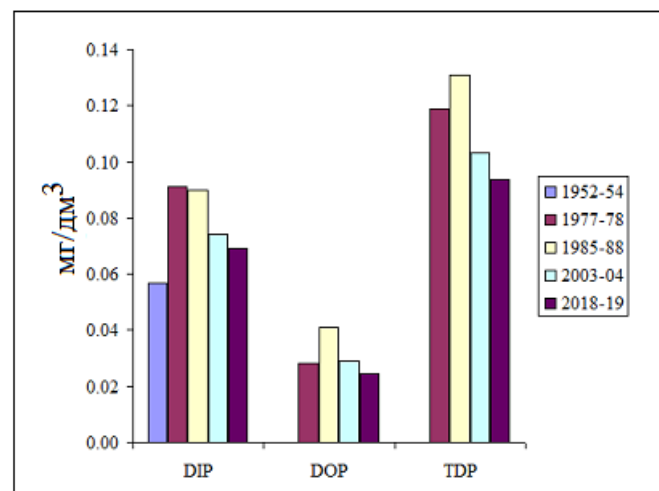


Рисунок 1.3 – Мінеральний, органічний та загальний фосфор в низов'ї Дністра у різні періоди

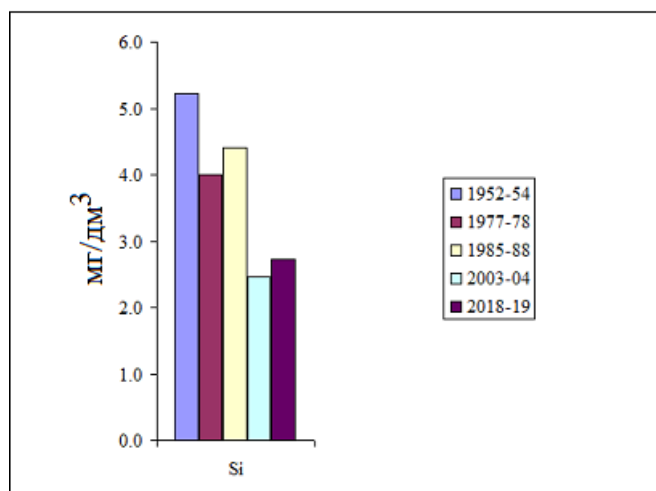


Рисунок 1.4 – Кремній в низов'ї Дністра у різні періоди

1.2 Мінливість гідрохімічного стану вод Одеського регіону у 2019 році

На екологічний стан Одеського регіону значно впливають прибережні антропогенні джерела, що пов'язані з діяльністю трьох портів, промислових підприємств, комунально-побутових та сільських господарств. Крім берегових антропогенних джерел на якість морських вод суттєво впливає і стік трансформованих річних вод Дніпра і Південного Бугу. В результаті цих факторів в морське середовище цього регіону надходить значна кількість 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 [11], [12]. 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 2019 р. виконувався УкрНЦЕМ на підставі регулярних спостережень (один раз у тиждень) в точках Мис Малий Фонтан і пляж Аркадія, а також в точках сезонного прибережного моніторингу вздовж узбережжя від пляжу Коблево до пляжу Затока. Сучасний рівень біогенного навантаження і просторову мінливість вмісту БР в морських водах вздовж узбережжя характеризують дані екологічних зйомок Одеського регіону виконаних в червні і жовтні 2019 р. При оцінці стану евтрофікації, за визначенням Європейської комісії [5], показник вмісту розчиненого у воді кисню є одним із непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами. 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 в період зйомки в червні змінювався в діапазоні від $6,9 \text{ мг/дм}^3$ до $11,7 \text{ мг/дм}^3$, а відносне насичення кисню знаходилось в межах від 89,0 % до 157,0 %. В жовтні в період зйомки діапазон мінливості кисню в прибережних водах, як абсолютних, так і відносних значень був меншим. Концентрації кисню в цей період змінювались в діапазоні від $6,8 \text{ мг/дм}^3$ до $10,2 \text{ мг/дм}^3$, а відносне насичення було на рівні від 67,6 % до 106,0 %. Середнє значення вмісту кисню в червні склало $8,9 \text{ мг/дм}^3$ (115,2 % насичення), а в період зйомки восени знизилось до $8,5 \text{ мг/дм}^3$ (87,4 % насичення), наведено в таблиці 1.4.

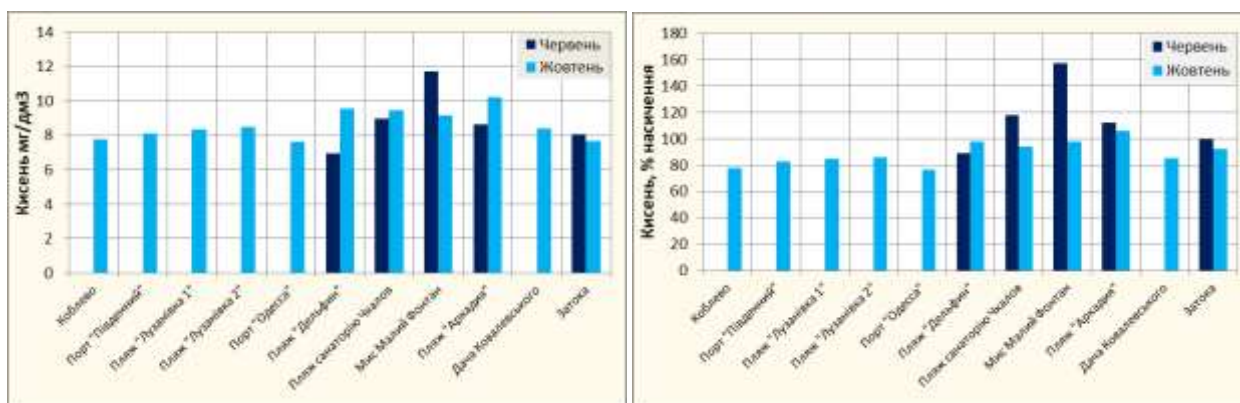
В просторовому розподілі за абсолютним значенням максимальний вміст кисню в червні $11,7 \text{ мг/дм}^3$ відмічався в районі мису Малий Фонтан, при насиченості вод киснем 157 %, що обумовлювалось інтенсивними процесами фотосинтезу фітопланктону.

В жовтні за абсолютним значенням максимальний вміст кисню відмічався в районі пляжу «Аркадія» $10,2 \text{ мг/дм}^3$ (106,0 % насиченості), відображено на рисунку 1.5.

Таблиця 1.4 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих прибережних вод Одеського регіону в червні і жовтні 2019 р.

Показник	O ₂	O ₂	БСК ₅ *	pH **
	мг/дм ³	% насичення	мг/дм ³	од. рН
Червень				
Кількість визначень	5	5	5	5
Середнє	8,9	115,2	2,1	8,34
Максимум	11,7	157,0	6,7	8,49
Мінімум	6,9	89,0	0,0	8,15
СКВ ***	1,8	25,9	2,6	0,13
Жовтень				
Кількість визначень	11	11	11	11
Середнє	8,5	87,4	1,4	8,23
Максимум	10,2	106,0	2,3	8,41
Мінімум	6,8	67,6	0,9	7,89
СКВ	1,0	10,8	0,5	0,13

* – Біологічне споживання кисню
 ** – Водневий показник
 *** – Середнє квадратичне відхилення



а)

б)

Рисунок 1.5 – Вміст кисню а) абсолютний і б) відносний в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в червні і жовтні 2019 р.

Біологічне споживання кисню БСК₅ змінювалось в червні в межах від аналітичного нуля до 6,7 мг/дм³. Максимум споживання кисню був відмічений в Затоці, значення якого перевищувало гранично допустиму концентрацію (ГДК) (3,0 мг/дм³) визначеної у внутрішніх морських водах та територіальному морі України.

В жовтні біологічне споживання кисню було нижче, відносно червня і знаходилось в діапазоні 0,9-1,9 мг/дм³, що не перевищує ГДК, відображено на рисунку 1.6.

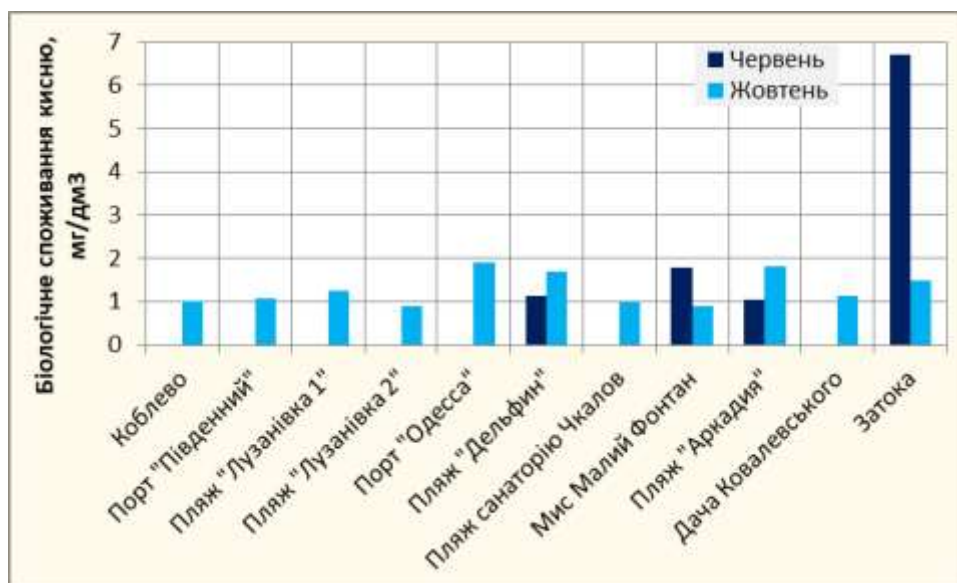


Рисунок 1.6 – Біологічне споживання кисню в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в червні і жовтні 2019 р.

Значення водневого показника в червні змінювались в діапазоні від 8,15 од. рН до 8,49 од. рН і не перевищували визначене значення ГДК 8,50 од. рН у внутрішніх морських водах та територіальному морі України.

В жовтні в прибережних водах значення водневого показника змінювались в діапазоні від 7,89 од. рН до 8,41 од. рН, при середньому – 8,22 од. рН, і також не перевищували визначене значення ГДК (8,50 од. рН).

Рівні поживних речовин є головними показниками стану евтрофікації в цілому їх наборі визначеному Європейською комісією. Узагальненні дані моніторингу евтрофікації водойм світу переконливо підтверджують провідну роль у цьому процесі фосфору й азоту. Надмірна кількість поживних речовин, фосфору, азоту іноді і 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 водах Одеського регіону в

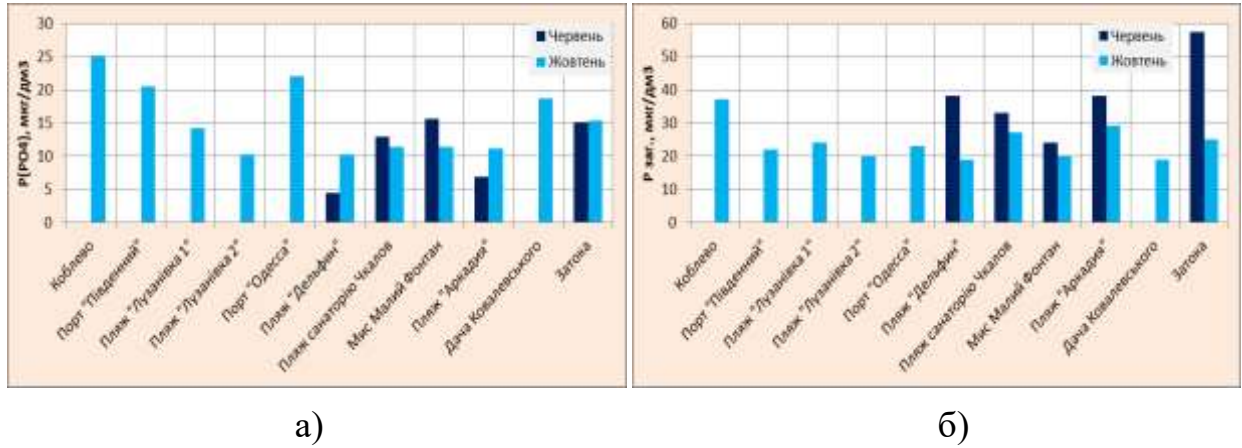
період зйомок в червні і жовтні 2019 р. змінювався в діапазоні від аналітичного нуля (<5 мкг/дм³) до 25,1 мкг/дм³, при середньому значенні в червні 11,1 мкг/дм³ і жовтні 15,5 мкг/дм³, що наведено в таблиці 1.5. Тобто, підвищених концентрацій фосфору фосфатного не спостерігалось.

Таблиця 1.5 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в прибережних поверхневих водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в червні і жовтні 2019 р.

Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	TN	Si(SiO ₃)
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Червень							
Кількість Визначень	5	5	5	5	5	5	5
Середнє	11,1	38,3	5,6	142,3	4,8	771	653
Максимум	15,7	57,4	9,1	553,0	7,6	911	951
Мінімум	<5,0	24,1	2,7	9,2	<15	586	451
СКВ	5,0	12,2	3,2	230,9	3,4	127	215
Жовтень							
Кількість визначень	11	11	11	11	11	11	11
Середнє	15,5	24,2	4,4	1144,7	5,5	2095	289
Максимум	25,1	37,2	10,4	11531,1	15,9	12731	629
Мінімум	10,3	19,1	1,7	5,3	<15	256	106
СКВ	5,3	5,4	2,6	3447	6,0	3621	163

Концентрації загального фосфору (суми органічних і мінеральних його форм) в прибережних водах Одеського регіону в червні і жовтні знаходились в межах від 19,1 мкг/дм³ до 57,4 мкг/дм³. Середні значення вмісту загального фосфору в червні склали 38,3 мкг/дм³, а в жовтні 24,2 мкг/дм³. В середньому по двох зйомках вміст загального фосфору в 2019 р. складає 28,6 мкг/дм³, що за екологічною класифікацією якості морських вод відповідає високому рівню (< 50 мкг/дм³). Лише максимальна концентрація фосфору фосфатного в червні в акваторії Затоки (57,4 мкг/дм³) трохи перевищувала вказаний високий рівень і відповідала хорошему рівню (від 50 мкг/дм³ до 100 мкг/дм³) за екологічною класифікацією якості морських вод. В жовтні вміст як фосфору фосфатного так і загального фосфору

відносно червня був декілька менший практично у всіх районах Одеського узбережжя, окрім районів пляжів «Дельфін» і «Аркадія» по показнику фосфору фосфатного, що відображено на рисунку 1.7.



Рисунк 1.7 – Вміст фосфору а) фосфатного і б) загального в прибережних водах Одеського регіону в червні і жовтні 2019 р.

Вміст азоту нітритного в прибережних морських водах в період зйомок Одеського узбережжя знаходився в межах від $1,7 \text{ мкг/дм}^3$ до $10,4 \text{ мкг/дм}^3$. Підвищені його концентрації в червні спостерігались в районі пляжу санаторію «Чкалова» $8,9 \text{ мкг/дм}^3$ в зоні впливу стоку дренажних вод та Затоки $9,1 \text{ мкг/дм}^3$ під впливом вод Дністровського лиману, а в жовтні в акваторії Коблево $10,4 \text{ мкг/дм}^3$ та порту «Південний» $6,0 \text{ мкг/дм}^3$ під впливом вод Дніпробузького лиману, що відображено на рисунку 1.8а. В середньому по Одеському регіону концентрація азоту нітритного складала в червні $5,6 \text{ мкг/дм}^3$, а в жовтні – $4,4 \text{ мкг/дм}^3$.

Вміст азоту нітратного в прибережних водах Одеського регіону залежно від району в період спостережень змінювався в дуже широкому діапазоні від $5,3 \text{ мкг/дм}^3$ до $553,0 \text{ мкг/дм}^3$. Максимальні концентрації нітратного азоту спостерігались як в червні так і в жовтні в районі пляжу санаторію «Чкалова» в зоні впливу стоку дренажних вод, концентрація нітратного азоту в яких в жовтні досягали 11531 мкг/дм^3 . Аналогічні оцінки

впливу стоку дренажних вод на стан морських прибережних вод були надані в роботах [13], [14].

За винятком району впливу дренажних вод, середні концентрації нітратного азоту в регіоні досліджень в червні склали 39,7 мкг/дм³, а в жовтні 106,1 мкг/дм³, при цьому максимальні концентрації, відповідно, не перевищували 72,9 мкг/дм³ (район мису Малий Фонтан) і 436,1 мкг/дм³ (район пляжу «Дельфін»), що відображено на рисунку 1.8б.

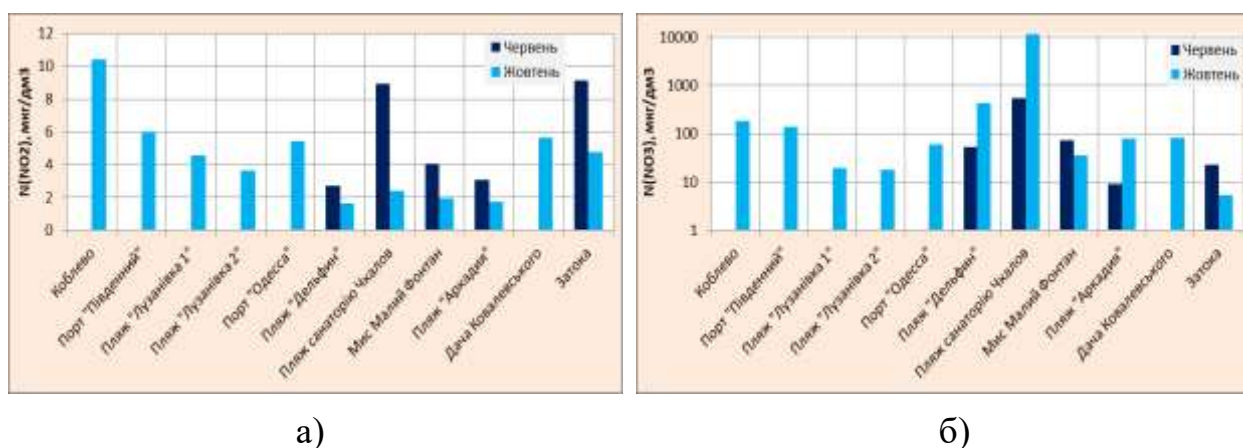


Рисунок 1.8 – Вміст азоту а) нітритного і б) нітратного в прибережних водах Одеського регіону в червні та жовтні 2019 р.

Вміст азоту амонійного в прибережних водах Одеського регіону в середньому в червні складав 4,8 мкг/дм³, а в жовтні 5,5 мкг/дм³. Максимальні концентрації спостерігались в зоні впливу стоку дренажних вод 7,6 мкг/дм³ в червні і в акваторії Коблево 14,4 мкг/дм³, пляжу «Лузанівка 2» 15,9 мкг/дм³ та акваторії Затоки 12,9 мкг/дм³ в жовтні.

В цілому сума мінеральних сполук азоту в прибережних водах Одеського регіону змінювалась в діапазоні від 13 мкг/дм³ до 569 мкг/дм³ без урахування зони стоку дренажних вод (рисунку 1.9а), при середніх значеннях в червні 48,6 мкг/дм³ і в жовтні 116,8 мкг/дм³.

В прибережних водах Одеського регіону переважає вміст органічних форм азоту над сумою його мінеральних форм. В середньому органічні форми азоту перевищують суму мінеральних форм в 10 – 40 разів.

Максимальне значення відношення $\text{Nорг. / N мін.} = 69$ було визначено в червні в Одеській затоці в районі пляжу «Аркадія», та $\text{Nорг. / N мін.} = 40$ в жовтні в акваторії Затоки.

Вміст загального азоту (суми мінеральних і органічних форм) змінювався в діапазоні від 260 мкг/дм^3 до 12731 мкг/дм^3 . Максимальні концентрації загального азоту відмічались в районі акваторії пляжу санаторію «Чкалова», за рахунок підвищеного вмісту нітратів які надходять в прибережну зону з дренажними водами, відображено на рисунку 1.9б.

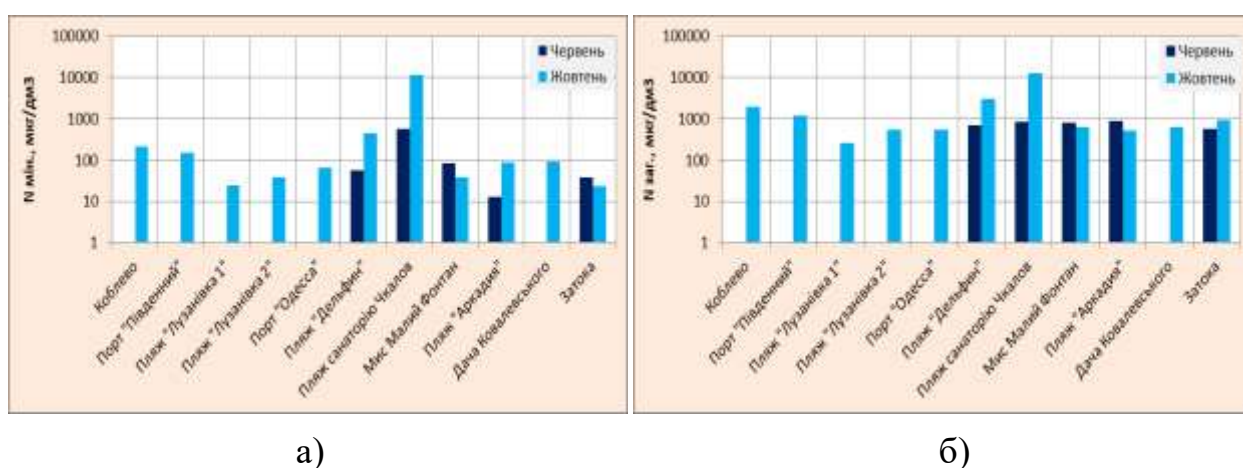


Рисунок 1.9 – Вміст азоту а) мінерального і б) загального в прибережних водах Одеського регіону в червні та жовтні 2019 р.

Без урахування впливу дренажних вод, вміст загального азоту в прибережних водах Одеського регіону змінювався в діапазоні від 260 мкг/дм^3 до 3061 мкг/дм^3 , при середньому значенні в червні 756 мкг/дм^3 і 1031 мкг/дм^3 в жовтні. Високі значення вмісту загального азоту спостерігались в районах акваторій порту «Південний» 1215 мкг/дм^3 , Коблево 1968 мкг/дм^3 та пляжу «Дельфін» 3061 мкг/дм^3 в жовтні.

Концентрації кремнію в прибережних водах Одеського регіону змінювались в діапазоні від 106 мкг/дм^3 до 951 мкг/дм^3 . Підвищені концентрації кремнію спостерігались в червні в районі пляжу «Дельфін» 800 мкг/дм^3 та акваторії Затоки 951 мкг/дм^3 . Максимальна концентрація кремнію в жовтні також спостерігалась в акваторії Затоки – 629 мкг/дм^3 , що

відображено на рисунку 1.10. В просторовому розподілі кремнію прибережних вод Одеського регіону середні значення склали: в червні 653 мкг/дм³ і в жовтні 289 мкг/дм³.

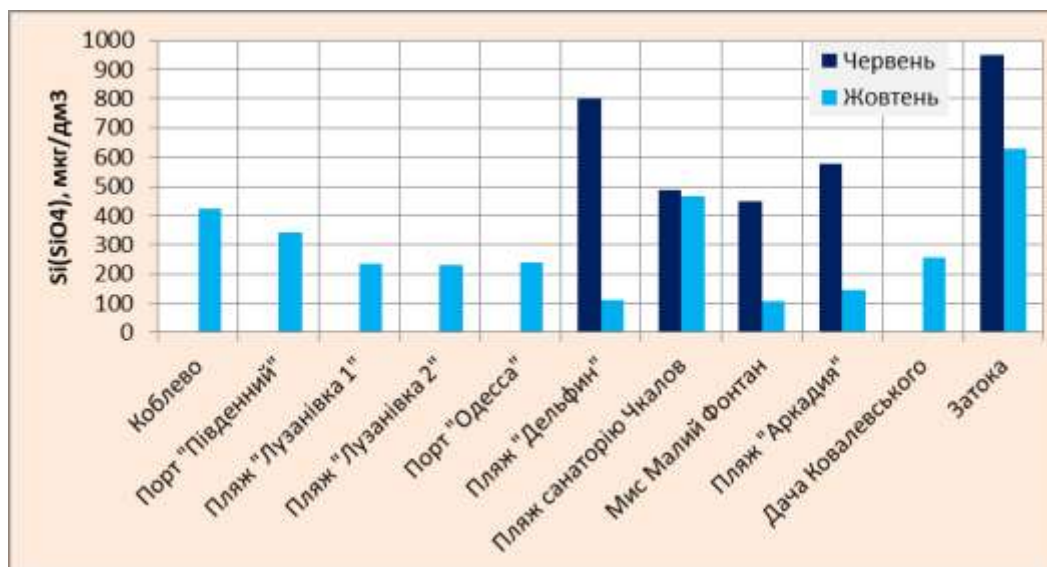


Рисунок 1.10 – Вміст кремнію в прибережних водах Одеського регіону в червні і жовтні 2019 р.

1.3 Внутрішньорічна мінливість абіотичних показників стану евтрофікації прибережних вод Одеського регіону у 2019 році

Вміст кисню в поверхневих і придонних водах є гарним показником стану їх якості і ступеню евтрофікації. Регулярні екологічні спостереження, які виконуються УкрНЦЕМ в районі мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія» з початку ХХІ сторіччя з періодичністю раз у тиждень, дозволяють виконати оцінку як внутрішньорічної мінливості, так і оцінити довгострокові тенденції в змінах ступеню евтрофікації прибережних вод Одеського регіону в зоні рекреації, віддаленої від промислових районів.

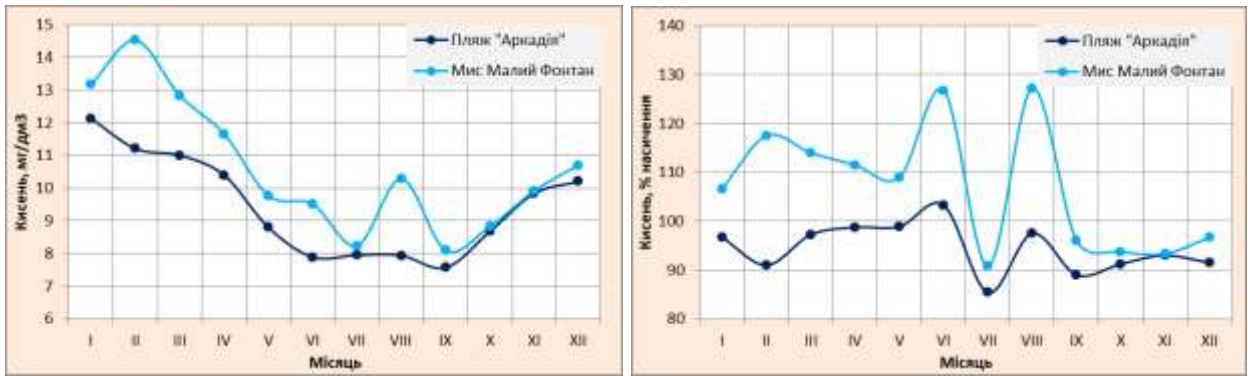
Середній вміст кисню в поверхневих водах у 2019 р. був на рівні від 9,4 мг/дм³ – 10,6 мг/дм³ (від 94,4 % до 107,4 % насичення). Вміст кисню

змінювався в діапазоні від 6,6 мг/дм³ до 15,7 мг/дм³ (від 57 % до 157 % насичення). Максимальне значення вмісту кисню 15,7 мг/дм³ спостерігалось в середині лютого в районі акваторії пляжу «Аркадія», а максимальне насичення 157 % – в середині червня. Мінімальні значення 6,6 – 7,9 мг/дм³ спостерігались в першій половині вересня. В цілому вміст кисню в поверхневому шарі у 2019 р. не знижався менш рівня ГДК (6,0 мг/дм³ для вод рибогосподарських водойм), що наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих вод Одеського регіону у 2019 р.

Показник	O ₂	O ₂	БСК ₅	pH
	мг/дм ³	% насичення	мг/дм ³	од. pH
Мис Малий Фонтан				
Кількість визначень	45	45	45	45
Середнє	10,6	107,4	1,7	8,34
Максимум	15,7	157,0	10,2	8,71
Мінімум	7,9	56,0	< 0,05	7,81
СКВ	2,2	16,7	1,5	0,18
Пляж «Аркадія»				
Кількість визначень	45	45	45	45
Середнє	9,4	94,4	1,4	8,31
Максимум	13,0	112,0	9,7	8,71
Мінімум	6,6	57,0	< 0,05	7,80
СКВ	1,6	9,4	1,4	0,18

В річному ході максимальний вміст кисню відмічався в зимовий період і зменшувався з підвищенням температури води, що обумовлюється зменшенням ступеню його розчинності. Підвищене насичення вод киснем спостерігалось в червні та серпні як в акваторії пляжу «Аркадія» так і в зоні мису Малий Фонтан, що обумовлювалось інтенсифікацією процесів фотосинтезу фітопланктону, що наведено на рисунку 1.11.



а)

б)

Рисунок 1.11 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень вмісту кисню: а) абсолютного і б) відносного в прибережних водах Одеського регіону в 2019 р.

Біологічне споживання кисню в середньому знаходилось на рівні $1,6 \text{ мг/дм}^3$ і змінювалось в діапазоні від $< 0,05 \text{ мг/дм}^3$ до $10,2 \text{ мг/дм}^3$. В цілому БСК₅ трохи перевищувало ГДК ($3,0 \text{ мг/дм}^3$ визначеного для вод рибогосподарських водойм) в лютому в зоні мису Малий Фонтан та більш ніж в 3 рази на початку грудня як в акваторії пляжу «Аркадія» так і в зоні мису Малий Фонтан. Пониженні значення БСК₅ відмічались в травні, липні та вересні, що наведено на рисунку 1.12.

Значення водневого показника в прибережних водах Одеського регіону коливались в діапазоні від 7,80 од. рН до 8,71 од. рН і в середньому складали 8,31-8,34 од. рН. Підвищені значення водневого показника, які перевищували ГДК визначених для внутрішніх морських вод України ($8,50$ од. рН), відмічались в січні, що наведено на рисунку 1.13.

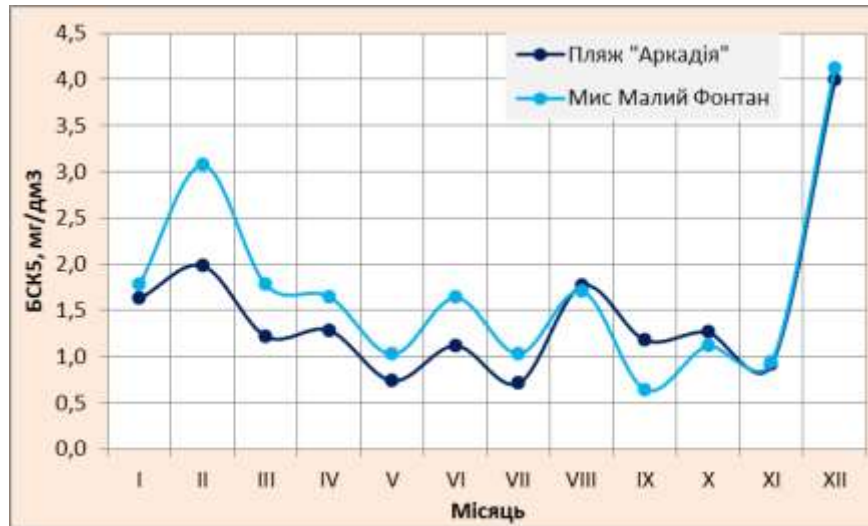


Рисунок 1.12 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного біологічного споживання кисню в прибережних водах Одеського регіону в 2019 р.

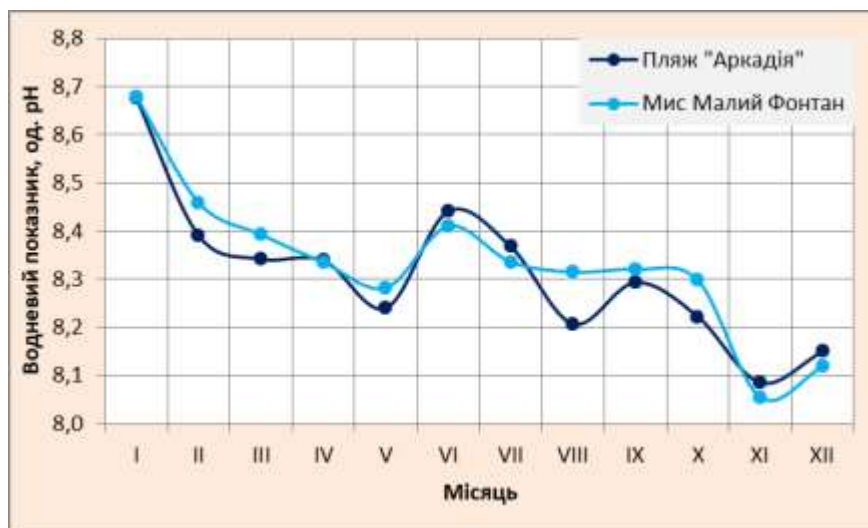


Рисунок 1.13 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного значення водневого показника прибережних вод Одеського регіону в 2019 р.

Вміст розчиненого фосфору фосфатного в прибережних водах Одеського регіону у 2019 р. змінювався від аналітичного нуля $<5,0$ мкг/дм^3 до $37,8$ мкг/дм^3 і в середньому складав $11,8 - 12,1$ мкг/дм^3 , що наведено в таблиці 1.7.

Максимальні концентрації фосфору фосфатного спостерігались в зимовий період в лютому в районі мису Малий Фонтан та акваторії пляжу

«Аркадія» із значеннями 37,8 мкг/дм³ та 35,7 мкг/дм³ відповідно. 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 к поверхні з придонного шару. В весняний і літній періоди вміст фосфатів зменшується за рахунок біохімічного споживання їх фітопланктоном. Мінімальні концентрації фосфору фосфатного на рівні аналітичного нуля спостерігались в липні.

Таблиця 1.7 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в поверхневих водах Одеського регіону у 2019 р.

Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	TN	Si(SiO ₃)
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Мис Малий Фонтан							
Кількість визначень	45	45	45	45	45	43	45
Середнє	12,1	22,2	1,9	57,7	6,2	668	311
Максимум	37,8	43,3	9,6	460,3	7,6	2581	2374
Мінімум	< 5,0	8,0	< 0,5	2,3	0,3	242	17
СКВ	6,9	7,9	1,8	77,3	2,7	474	372
Пляж «Аркадія»							
Кількість визначень	45	45	45	45	45	43	45
Середнє	11,8	23,6	2,0	38,8	7,2	647	376
Максимум	35,7	46,3	9,4	124,0	25,6	2090	2465
Мінімум	< 5,0	9,0	< 0,5	1,4	0,3	229	13
СКВ	6,3	7,8	1,8	37,9	3,9	391	391

Вміст фосфору загального (суми мінеральних і органічних сполук) змінювався в діапазоні від 8,0 мкг/дм³ до 46,3 мкг/дм³, а середні річні значення склали 22,2 – 23,6 мкг/дм³. Максимальні концентрації фосфору загального, як і його мінеральної форми, спостерігались в лютому, наведено на рисунку 1.14.

В співвідношенні органічних і мінеральних форм фосфору в річному циклі переважає вміст його органічної форми. За даними 2019 року співвідношення Pорг./Pмін. в середньому складає 2,3 з максимумом 5,7 і

мінімумом 1,0, що визначається як за даними спостережень в районі мису Малий Фонтан, так і за даними спостережень в районі пляжу «Аркадія».

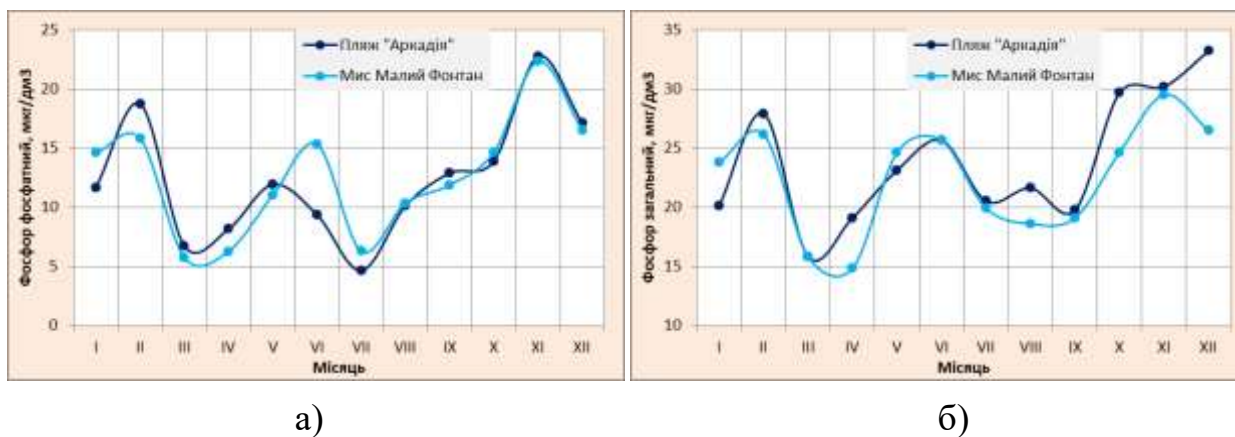


Рисунок 1.14 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного вмісту фосфору а) фосфатного і б) загального в прибережних водах Одеського регіону в 2019 р.

Вміст азоту нітритного в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в районі мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія» змінювався в 2019 р. в діапазоні від аналітичного нуля $< 0,5$ мкг/дм³ до $9,6$ мкг/дм³ і в середньому складав $2,0$ мкг/дм³. Максимальні концентрації азоту нітритного в районі мису Малий Фонтан $9,6$ мкг/дм³ і в районі пляжу «Аркадія» $9,4$ мкг/дм³ спостерігались в кінці серпня. В річному ході вмісту середнього місячного азоту нітритного максимуми припадають також на червень та жовтень, а мінімуми приходяться на квітень, липень та листопад, що наведено на рисунку 1.15а.

Вміст азоту нітратного в районі мису Малий Фонтан і в районі пляжу «Аркадія», віддалених від зон стоку дренажних вод, коливався в межах від $1,4$ мкг/дм³ до 460 мкг/дм³, при середньому значенні $57,7$ мкг/дм³ і $38,8$ мкг/дм³, відповідно, в районі мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія». Максимальні концентрації азоту нітратного спостерігались в грудні: 460 мкг/дм³ – в районі мису Малий Фонтан і 124 мкг/дм³ – пляжу «Аркадія».

Середні місячні значення азоту нітратного досягали максимуму в жовтні і грудні, наведено на рисунку 1.15б.

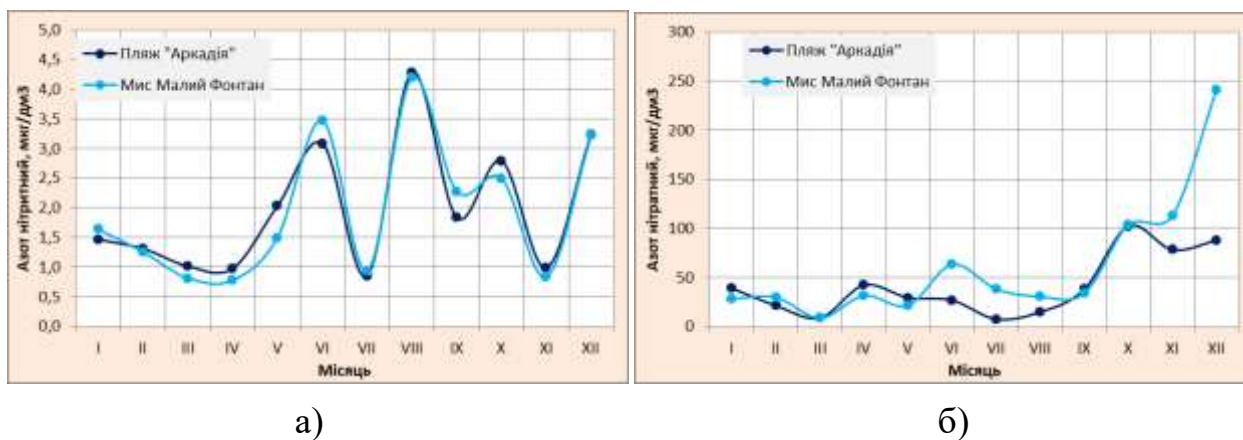


Рисунок 1.15 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного вмісту азоту а) нітритного і б) нітратного в прибережних водах Одеського регіону в 2019 р.

Вміст азоту амонійного в прибережних водах Одеського регіону у 2019 р. в зоні рекреації коливався в межах від аналітичного нуля <15 мкг/дм^3 до $25,6$ мкг/дм^3 і в середньому за рік складав $6,2$ мкг/дм^3 і $7,2$ мкг/дм^3 , відповідно в районі мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія». Максимальні концентрації азоту амонійного були зареєстровані в грудні $25,6$ мкг/дм^3 в районі мису Малий Фонтан і в червні $7,6$ мкг/дм^3 в районі пляжу «Аркадія».

Сума вмісту азоту мінерального в прибережних водах Одеського регіону в зоні рекреації в 2019 р. змінювалась в межах від $9,4$ мкг/дм^3 до 465 мкг/дм^3 і в середньому за рік в районі мису Малий Фонтан складала $65,8$ мкг/дм^3 , а в районі пляжу «Аркадія» – $48,0$ мкг/дм^3 . В сумі мінеральних форм азоту максимальний внесок 85 % припадає на азот нітратний, 3 % – на азот нітритний і 12 % – на азот амонійний. Річний хід середньої місячної суми мінеральних форм азоту співпадає з ходом нітратного азоту, кількість якого в сумі розчиненого мінерального азоту значно переважає.

Концентрації азоту загального в Одеському регіоні в 2019 р. змінювались в діапазоні від 229 мкг/дм^3 до 2581 мкг/дм^3 . В середньому за рік

вміст азоту загального в прибережних водах в районі мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія» був на рівні 668 мкг/дм^3 і 647 мкг/дм^3 , відповідно. В складі загального азоту значно переважає складова органічної форми азоту і в 2019 р. за даними спостережень співвідношення Nорг./Nмін. в середньому дорівнювало 18,3. 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 максимум відмічався в жовтні, наведено на рисунку 1.16.

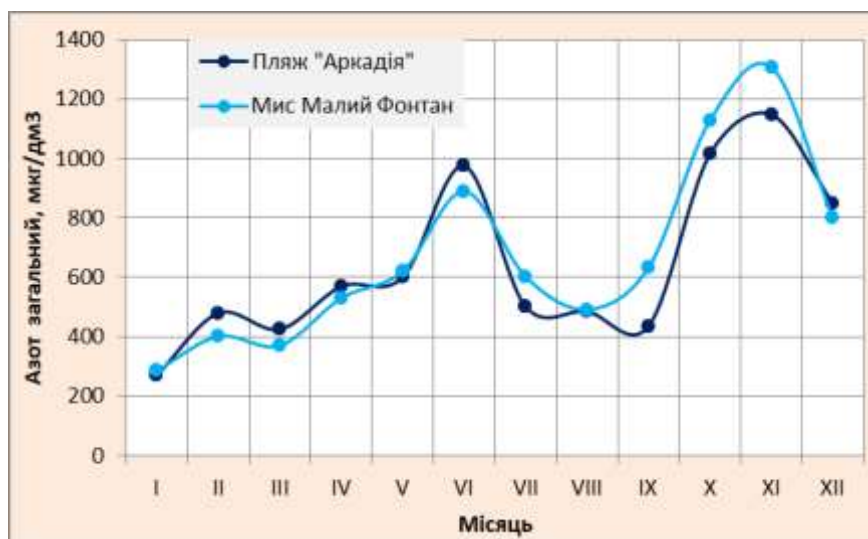


Рисунок 1.16 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного вмісту азоту загального в прибережних водах Одеського регіону в 2019 р.

Відношення вмісту загального азоту до загального фосфору в прибережних водах Одеського регіону складало у 2019 р. в середньому 30,0.

Концентрації кремнію в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ змінювались в широкому діапазоні від $13,0 \text{ мкг/дм}^3$ до 2465 мкг/дм^3 і в середньому за 2019 рік в зоні досліджень на акваторії мису Малий Фонтан та пляжу «Аркадія» склали, відповідно, 311 мкг/дм^3 і 376 мкг/дм^3 . Максимальні концентрації кремнію відмічались в лютому під впливом трансформованих вод Дніпровського лиману. В річному ході середнього місячного вмісту

кремнію максимальні його значення в 2019 р. в районі Одеського узбережжя спостерігались в зимовий період в лютому, подалі концентрації зменшувались до мінімуму 73-80 мкг/дм³ в липні-серпні і підвищувались в середньому до 547-693 мкг/дм³ в листопаді, що наведено на рисунку 1.17.

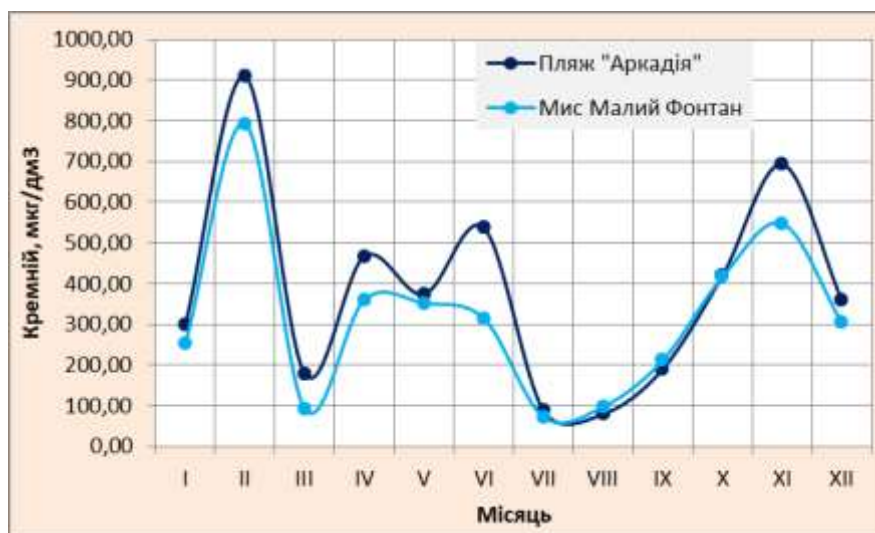


Рисунок 1.17 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень кремнію в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в 2019 р.

1.4 Мінливість гідрохімічного стану вод Дунайського узмор'я у 2019 році

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 у 2019 р. виконувався 14 травня та 12 листопада.

Концентрації кисню в поверхневих водах Дунайського узмор'я в травні знаходились на рівні від 11,4 мг/дм³ до 12,9 мг/дм³ (від 118 % до 139 % насичення). В середньому концентрація кисню на поверхні моря складала 12,2 мг/дм³ (130 % насичення). Підвищені концентрації кисню спостерігались безпосередньо в північній зоні досліджень в районі дампінгу. В цьому районі спостерігалось і максимальне насичення киснем поверхневих вод до 139 %, що наведено в таблиці 1.8.

Максимальні концентрації кисню 12,3 мг/дм³ (127 % насичення) у придонному шарі в травні спостерігалися в північній зоні досліджень, наведено в таблиці 1.9, а також були підвищеними в прибережній ділянці гирла Бистре. В придонному шарі вміст кисню в середньому зменшувався до 7,5 мг/дм³ (73,9 % насичення), що вказує на можливе явище гіпоксії влітку придонних вод.

Як відомо формування таких несприятливих умов обумовлено поєднанням декількох негативних чинників, серед яких: низька прозорість Дунайських вод, замулення дна пригирлових ділянок та ефект евтрофікації, що наряду з послабленням вертикального водообміну в літній період посилює їхній вплив.

Таблиця 1.8 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих вод Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ в 2019р.

Показник	O ₂	O ₂	pH	Завислі речовини
	мг/дм ³	% насичення	од. рН	мг/дм ³
Травень				
Кількість визначень	12	12	12	12
Середнє	12,2	129,8	8,4	55,3
Максимум	12,9	139,0	8,7	170,0
Мінімум	11,4	118,0	8,3	10,0
СКВ	0,4	7,4	0,1	65,4
Листопад				
Кількість визначень	12	12	12	12
Середнє	9,0	96,7	8,2	6,8
Максимум	12,2	128,0	8,3	9,9
Мінімум	7,2	78,0	8,1	2,2
СКВ	1,7	16,2	0,1	2,4

Таблиця 1.9 – Показники мінливості гідрохімічного стану придонних вод Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ в 2019 р.

Показник	O ₂	O ₂	pH	Завислі речовини
	мг/дм ³	% насичення	од. рН	мг/дм ³
Травень				
Кількість визначень	12	12	12	12
Середнє	10,3	106,6	8,2	47,1
Максимум	12,3	127,0	8,3	159,0
Мінімум	7,5	73,9	8,1	7,0
СКВ	1,8	19,6	0,1	64,0
Листопад				
Кількість визначень	12	12	12	12
Середнє	6,9	74,4	8,2	11,7
Максимум	12,0	124,0	8,3	35,0
Мінімум	4,9	46,6	8,1	5,0
СКВ	2,0	20,0	0,1	9,9

В листопаді концентрації кисню в поверхневому шарі зменшувались і змінювались в діапазоні від 7,2 мг/дм³ до 12,2 мг/дм³, відносна насиченість вод киснем змінювалась в діапазоні від 78 % до 128 % насичення. Середня концентрація кисню на поверхні моря в листопаді по району досліджень складала 9,0 мг/дм³ (96,7 % насичення). В придонному шарі концентрації кисню в листопаді були значно меншими, змінювались в діапазоні від 4,9 мг/дм³ до 12,0 мг/дм³ (від 46,6 % до 124 % насиченості), при середньому значенні концентрації кисню по району досліджень 6,9 мг/дм³ (74,4 % насичення). Слід відзначити, що умови кисневого режиму восени 2019 року були не сприятливими і вміст кисню був близьким до рівня ГДК.

Поверхневий просторовий розподіл вмісту абсолютного та відносного кисню в травні та листопаді наведено на рисунку 1.18.

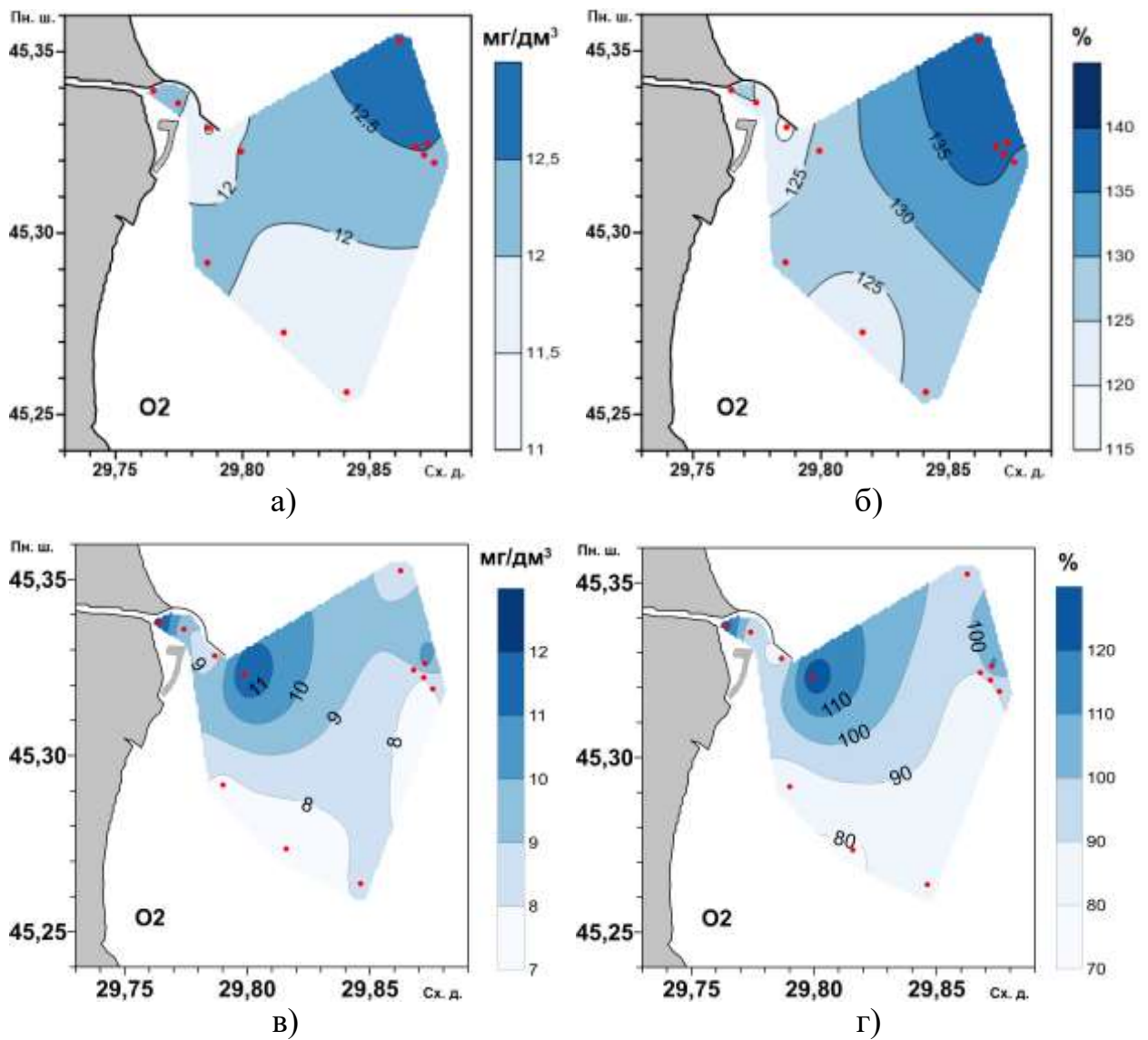


Рисунок 1.18 – Просторовий розподіл вмісту кисню та його насиченості поверхневих вод на Дунайському узмор'ї в травні: а) і б) відповідно, та листопаді: в) і г) відповідно, 2019 р. в районі гирла Бистре

Придонний просторовий розподіл вмісту абсолютного та відносного кисню в травні та листопаді наведено на рисунку 1.19.

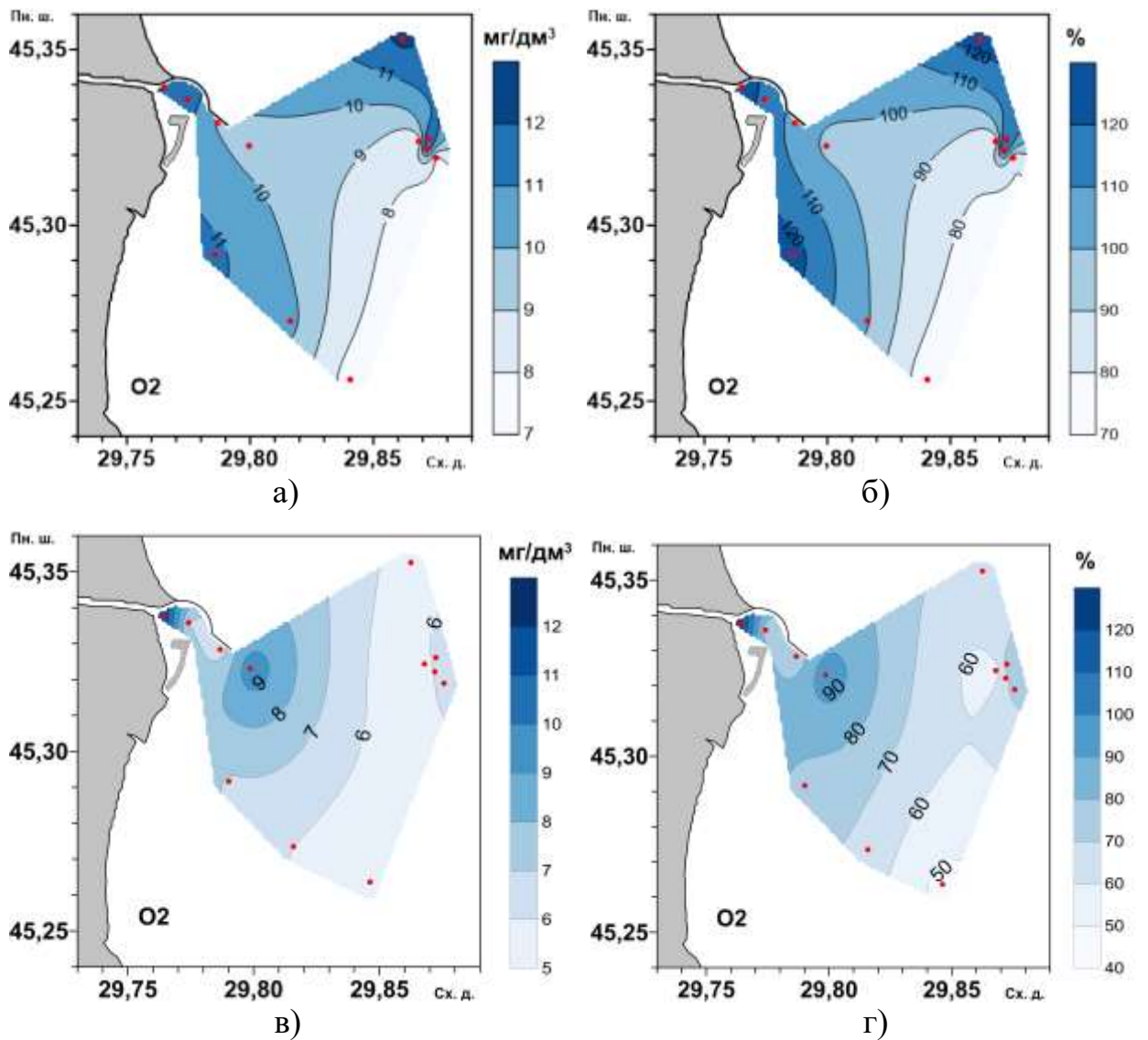


Рисунок 1.19 – Просторовий розподіл вмісту кисню та його насиченості придонних вод на Дунайському узмор’ї в травні: а) і б) відповідно, та листопаді: в) і г) відповідно, 2019 р. в районі гирла Бистре

Водневий показник рН на Дунайському узмор’ї у травні змінювався в поверхневих водах в діапазоні від 8,3 од. рН до 8,7 од. рН при середньому значенні по району досліджень 8,4 од. рН, а в листопаді – від 8,1 од. рН до 8,3 од. рН при середньому значенні 8,2 од. рН.

В придонному шарі значення водневого показника як в травні так і в листопаді змінювались в межах від 8,1 од. рН до 8,3 од. рН при середньому по району досліджень – 8,2 од. рН.

У 2019 р. спостерігалось перевищення допустимого рівня рН в поверхневих водах в травні – 4 випадки, що було вище допустимого рівня (ГДК 8,50 од. рН) визначеного для внутрішніх морських вод та територіальному морі України.

Вміст завислих речовин на узмор'ї Дунаю в поверхневому шарі у травні 2019 р. змінювався в діапазоні від 10,0 мг/дм³ до 170,0 мг/дм³ і в середньому складав 55,3 мг/дм³. В той же час у придонному шарі концентрації завислих речовин спостерігалися в діапазоні від 7,0 мг/дм³ до 179,0 мг/дм³ при середньому значенні 47,1 мг/дм³. Підвищені концентрації завислих речовин, як на поверхні, так і в придонному шарі в травні спостерігались в прибережній зоні в районі гирла Бистре, відображено на рисунку 1.20.

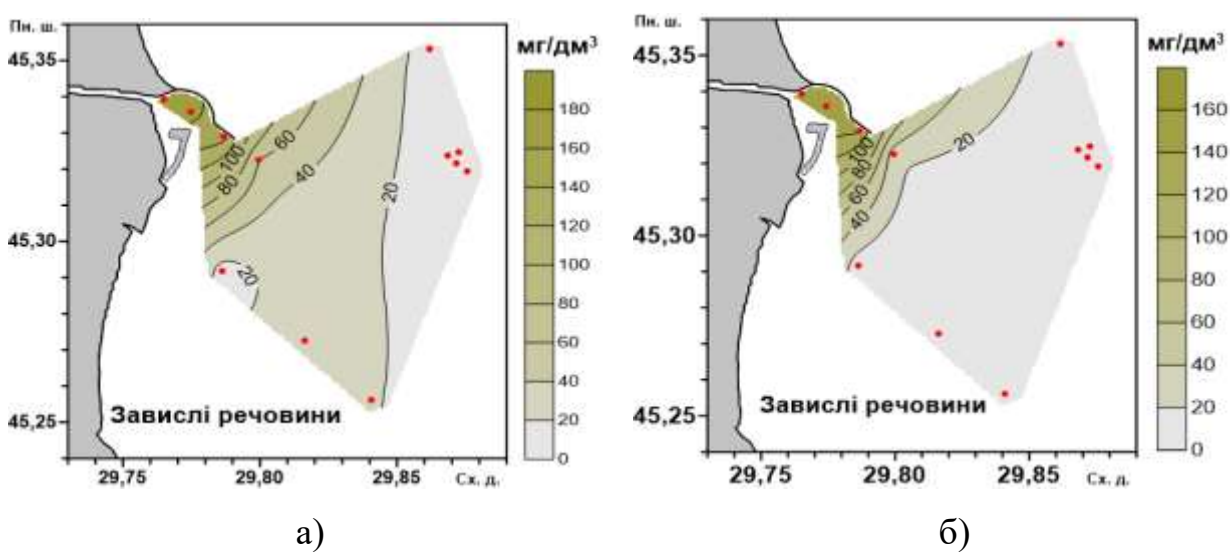


Рисунок 1.20 – Просторовий розподіл завислої речовини в а) поверхневому і б) придонному шарі вод на Дунайському узмор'ї в травні 2019 р. в районі гирла Бистре

Вміст завислих речовин на узмор'ї Дунаю в поверхневому шарі у листопаді 2019 р. змінювався в діапазоні від 2,2 мг/дм³ до 9,9 мг/дм³ і в середньому складав 6,8 мг/дм³. В той же час у придонному шарі концентрації завислих речовин спостерігалися в діапазоні від 5,0 мг/дм³ до 35,0 мг/дм³ при

середньому значенні $11,7 \text{ мг/дм}^3$. Підвищені концентрації завислих речовин, як на поверхні, так і в придонному шарі в листопаді спостерігались в прибережній зоні в районі гирла Бистре, відображено на рисунку 1.21.

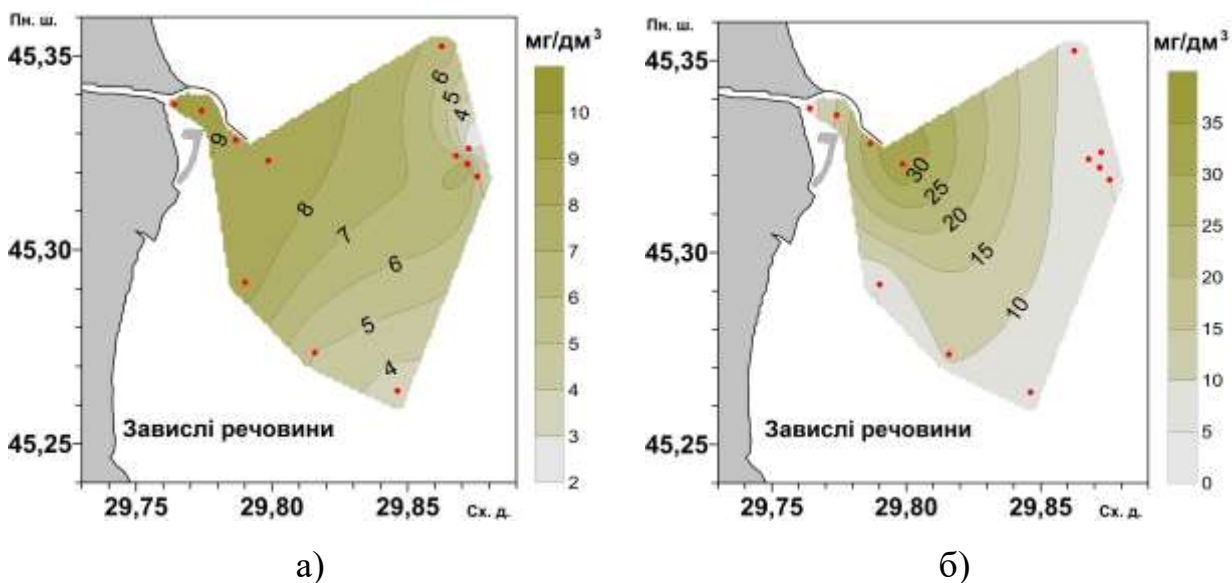


Рисунок 1.21 – Просторовий розподіл завислої речовини в а) поверхневому і б) придонному шарі вод на Дунайському узмор'ї в листопаді 2019 р. в районі гирла Бистре

Вміст фосфору фосфатного в поверхневому шарі на узмор'ї Дунаю змінювався в діапазоні від $3,9 \text{ мкг/дм}^3$ до $79,9 \text{ мкг/дм}^3$ в травні і від $8,8 \text{ мкг/дм}^3$ до $59,5 \text{ мкг/дм}^3$ в листопаді. Середні значення по району досліджень склали $25,1 \text{ мкг/дм}^3$ і $28,1 \text{ мкг/дм}^3$, відповідно в травні і листопаді, наведено в таблиці 1.10.

В придонному шарі середній вміст фосфору фосфатного зменшувався до $16,9 \text{ мкг/дм}^3$ у травні і до $20,0 \text{ мкг/дм}^3$ у листопаді, але максимальне значення його вмісту в травні в придонному шарі $73,4 \text{ мкг/дм}^3$ знаходилось приблизно на рівні концентрації зареєстрованої в поверхневому шарі, наведено в таблиці 1.11.

Таблиця 1.10 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин
в поверхневих водах Дунайського узмор'я ПЗЧМ
в травні та листопаді 2019 р.

Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	TN	Si(SiO ₃)
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Травень							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	25,1	53,8	16,4	615,8	10,3	1112	1051
Максимум	79,9	115,0	29,4	1350,0	28,6	2128	2610
Мінімум	3,9	25,1	12,1	27,7	7,5	559	29
СКВ	24,8	35,0	5,0	513,2	6,7	528	1046
Листопад							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	28,1	36,1	11,1	570,5	12,6	1139	1094
Максимум	59,5	64,4	15,1	1429,3	40,6	2211	2840
Мінімум	8,8	17,1	8,0	126,0	7,5	437	341
СКВ	16,7	15,5	2,6	480,5	10,4	519	839

Таблиця 1.11 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин
в придонних водах Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ
в травні і листопаді 2019 р.

Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	TN	Si(SiO ₃)
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Травень							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	16,9	39,8	18,9	445,8	< 15	806	748
Максимум	73,4	114,0	36,6	1273,0	< 15	1665	2600
Мінімум	2,7	17,1	7,4	64,6	< 15	288	10
СКВ	26,0	31,4	7,9	499,5	< 15	546	941
Листопад							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	20,0	28,0	12,3	293,9	13,1	986	562
Максимум	36,9	39,3	17,4	1041,7	40,2	1774	1257
Мінімум	11,5	19,1	4,0	67,8	< 15	292	241
СКВ	7,9	7,5	4,2	289,8	10,1	490	334

В просторовому розподілі фосфору фосфатного на узмор'ї Дунаю максимальні значення в поверхневому шарі спостерігались в зоні гирла Бистре і з віддаленням від гирла вміст його значно зменшувався, наведено на рисунку 1.22. Аналогічний розподіл фосфору фосфатного спостерігався в придонному шарі на узмор'ї Дунаю як у травні так і в листопаді 2019 р.

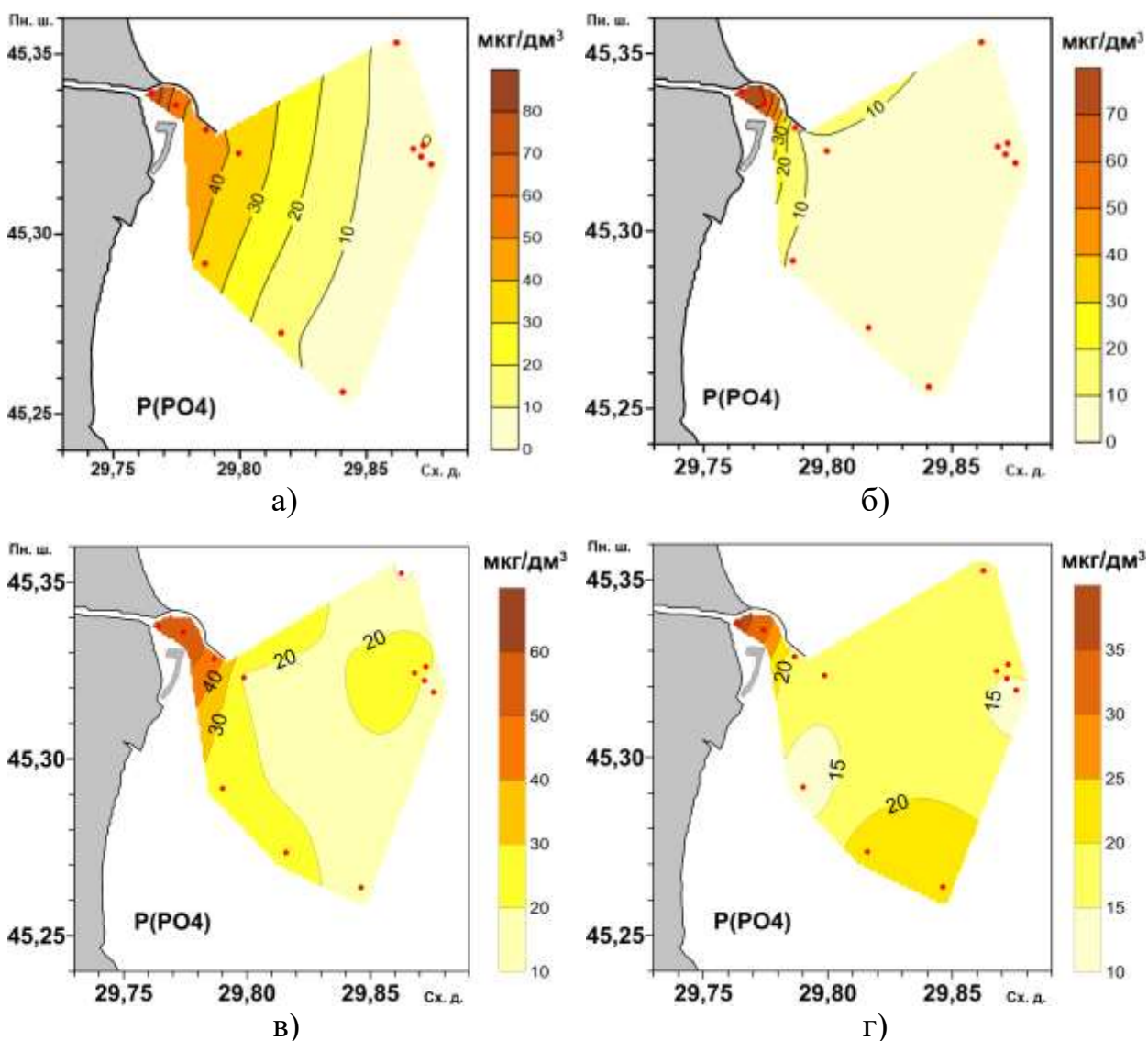


Рисунок 1.22 – Просторовий розподіл фосфору фосфатного в поверхневому та придонному шарах вод на Дунайському узмор'ї в травні: а) і б), і листопаді: в) і г), відповідно, 2019 р. в районі гирла Бистре

Вміст фосфору загального (суми його мінеральних і органічних форм) в поверхневих водах на узмор'ї Дунаю в травні знаходився в діапазоні від

25,1 мкг/дм³ до 115,0 мкг/дм³ і в середньому складав 53,8 мкг/дм³, а в листопаді – від 17,1 мкг/дм³ до 64,4 мкг/дм³ при середньому – 36,1 мкг/дм³, що зображено на рисунку 1.23.

В придонних водах вміст фосфору загального на узмор'ї Дунаю в травні знаходився в діапазоні від 17,1 мкг/дм³ до 114,0 мкг/дм³ і в середньому складав 39,8 мкг/дм³, а в листопаді – від 19,1 мкг/дм³ до 39,3 мкг/дм³ при середньому – 28,0 мкг/дм³ (рисунок 1.24).

В просторовому розподілі фосфору загального підвищені концентрації його вмісту спостерігались в прибережній зоні під впливом річкового стоку.

Слід відмітити що в просторовому розподілі в зоні впливу річкового стоку в загальному складі фосфору переважав вміст його мінеральної форми, а подальше від гирла переважає органічна форма фосфору.

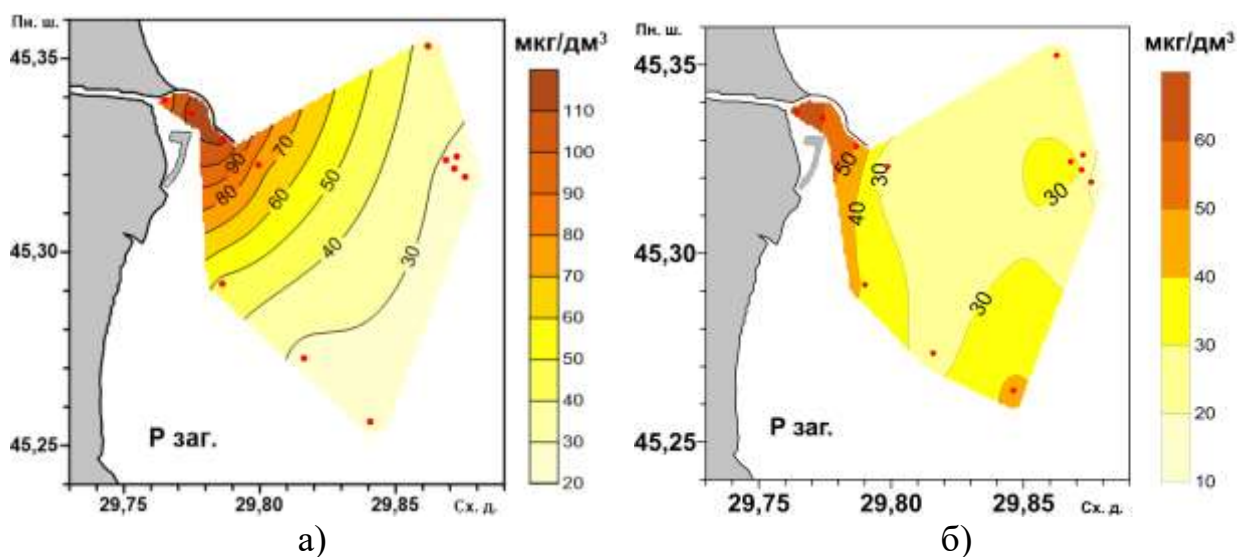


Рисунок 1.23 – Просторовий розподіл фосфору загального в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї в районі гирла Бистре

в а) травні і б) листопаді 2019 р.

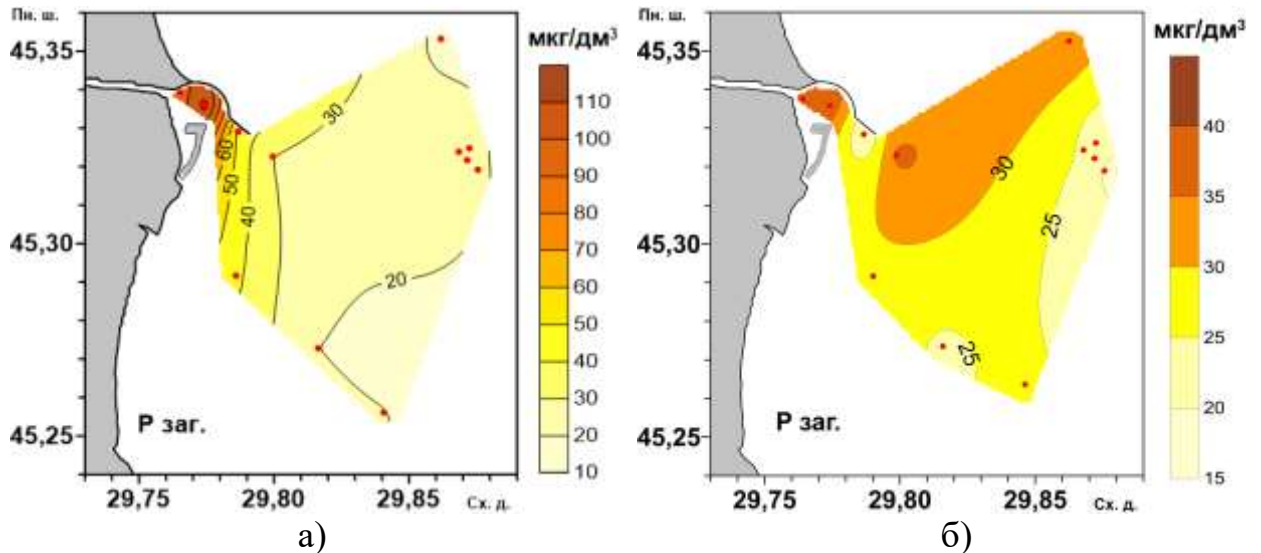


Рисунок 1.24 – Просторовий розподіл фосфору загального в придонному шарі вод на Дунайському узмор'ї в районі гирла Бистре
в а) травні і б) листопаді 2019 р.

Концентрації азоту нітритного в поверхневих водах на Дунайському узмор'ї в травні знаходились в діапазоні від 12,1 мкг/дм³ до 29,4 мкг/дм³, а в листопаді від 8,0 мкг/дм³ до 15,1 мкг/дм³. Середні значення склали в травні 16,4 мкг/дм³ і в листопаді 11,1 мкг/дм³.

В придонному шарі вод концентрації азоту нітритного відносно поверхневого шару збільшувались і в середньому були на рівні 18,9 мкг/дм³ і 12,3 мкг/дм³, відповідно у травні і листопаді. Максимальні концентрації азоту нітритного в придонному шарі в травні та листопаді були трохи вищими, ніж на поверхні, що обумовлюється процесами вертикального обміну в осінній період.

В просторовому розподілі азоту нітритного максимальні його концентрації в травні та листопаді спостерігалися в південно-західній частині полігону досліджень, що припадає на прибережну ділянку поблизу гирла Східне, що обумовлюється впливом річкового стоку. З віддаленням від прибережної смуги і зони надходження річкового стоку вміст азоту нітритного зменшується, наведено на рисунку 1.25.

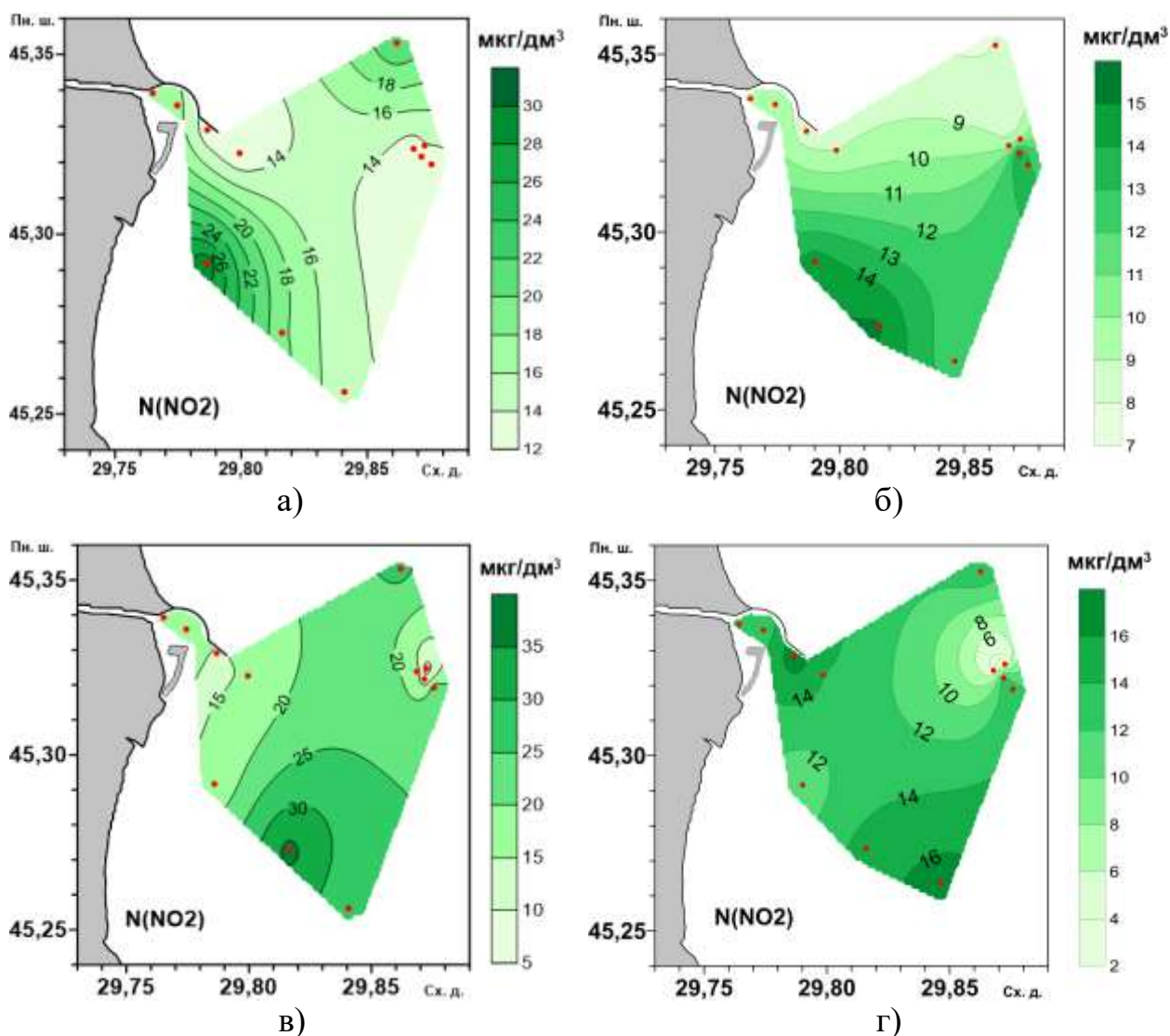


Рисунок 1.25 – Просторовий розподіл азоту нітритного в поверхневому та придонному шарах вод на Дунайському узмор’ї в районі гирла Бистре в травні а) і б) та листопаді в) і г) 2019 р., відповідно

Біогенне навантаження стоку Дунаю в більшій мірі визначається за вмістом азоту нітратного. Концентрації азоту нітратного в поверхневих водах на Дунайському узмор’ї змінювались в дуже широкому діапазоні від 27,7 мкг/дм³ до 1429 мкг/дм³, а середні значення склали в травні 615 мкг/дм³ і листопаді 570 мкг/дм³. З глибиною вміст нітратного азоту значно зменшувався і в придонному шарі в середньому складав 446 мкг/дм³ в травні і 294 мкг/дм³ у листопаді, але максимальні концентрації досягали рівня його вмісту на поверхні. В просторовому розподілу азоту нітратного, як

і інших БР на узмор'ї Дунаю, спостерігається зменшення концентрацій з віддаленням від гирла виносу річкових вод, наведено на рисунках 1.26.

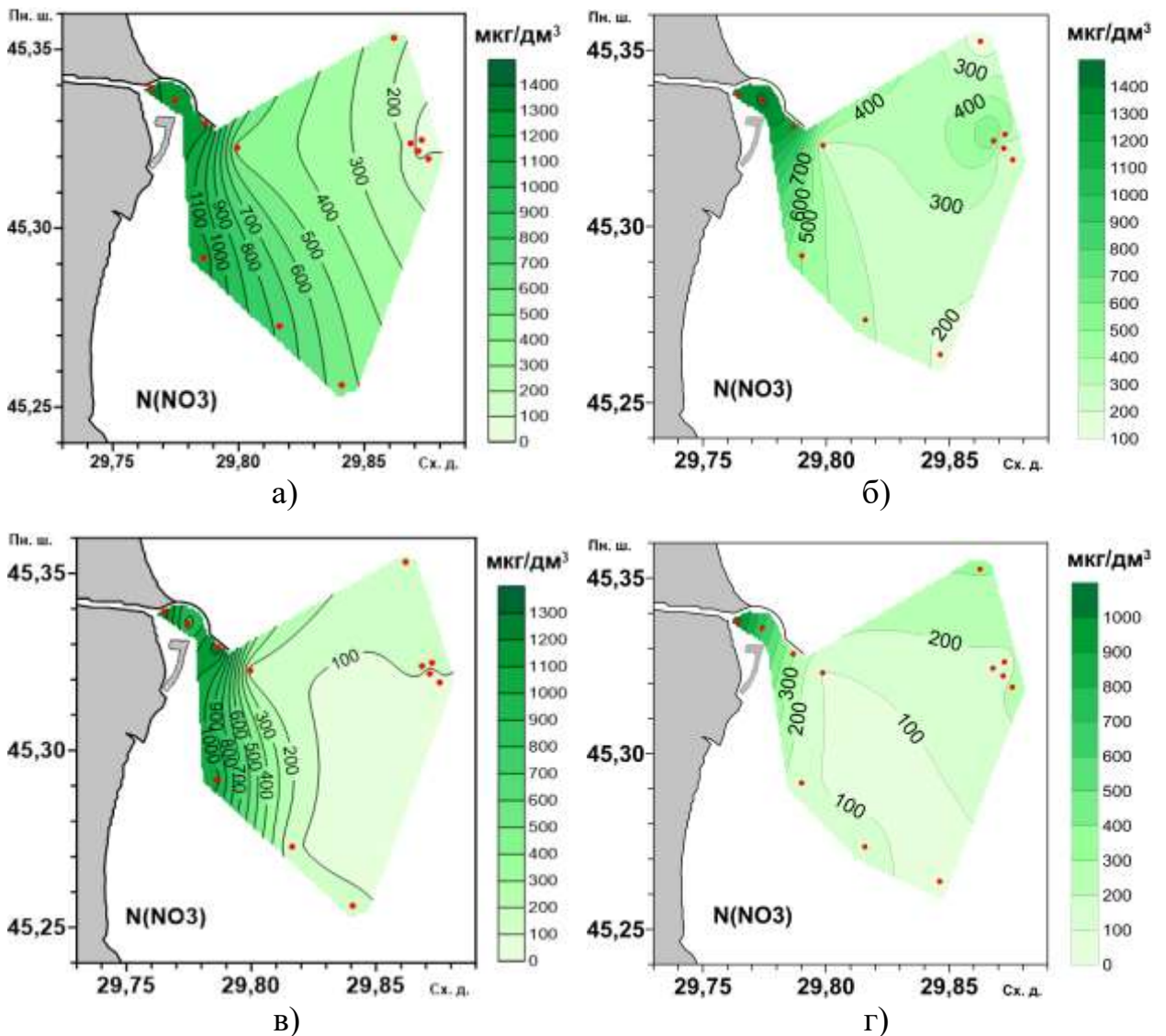


Рисунок 1.26 – Просторовий розподіл азоту нітратного в поверхневому та придонному шарах вод на Дунайському узмор'ї в районі гирла Бистре в травні а) і б) та листопаді в) і г) 2019 р.

Середні концентрації азоту амонійного в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї склали в травні $10,3 \text{ мкг/дм}^3$ і листопаді $12,6 \text{ мкг/дм}^3$. На відміну від азоту нітритного і нітратного в річному ході середній вміст азоту амонійного в листопаді відносно травня трохи підвищився. В придонному шарі вод середній вміст азоту амонійного був $< 15 \text{ мкг/дм}^3$ як

у травні, так і листопаді. Максимальні концентрації в придонному шарі у травні склали < 15 мкг/дм³, в листопаді – 40,2 мкг/дм³. В просторовому розподілі азоту амонійного на поверхні максимальні концентрації в травні спостерігались в зоні дампіingu ґрунтів, в листопаді – в районі гирла Бистре. Підвищені концентрації в травні також спостерігались в районі гирла Бистре. Такий характер розподілу азоту амонійного обумовлений впливом річкового стоку та особливостями циркуляційних процесів на Дунайському узмор'ї, наведено на рисунку 1.27.

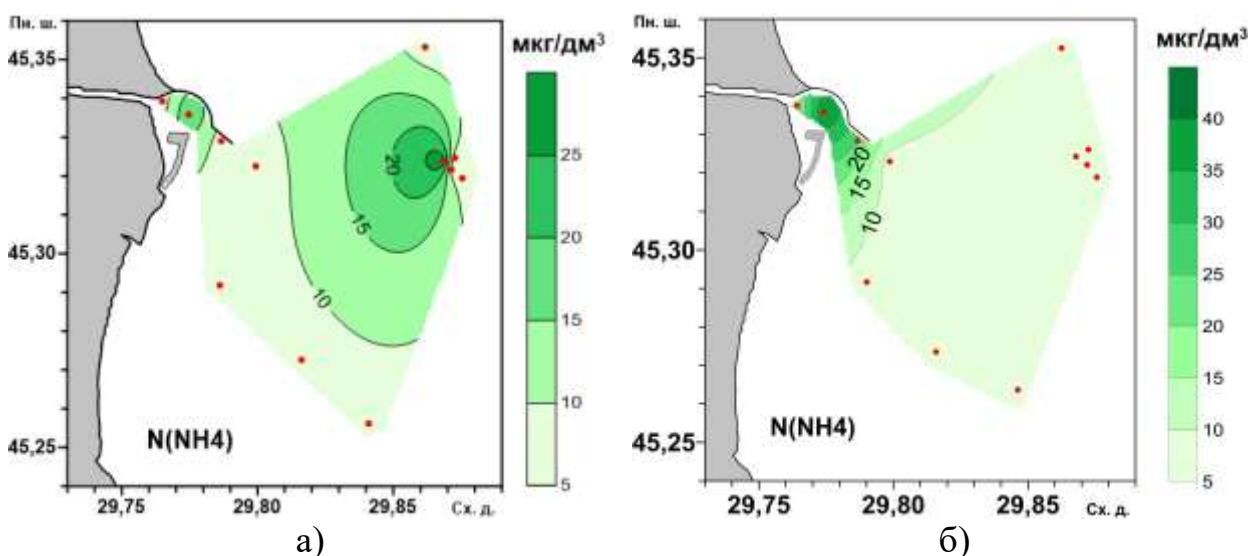


Рисунок 1.27 – Просторовий розподіл азоту амонійного в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї в районі гирла Бистре
в а) травні і б) листопаді 2019 р.

Вміст азоту загального (суми мінеральних і органічних його форм) в поверхневих водах на Дунайському узмор'ї знаходився в межах від 437 мкг/дм³ до 2211 мкг/дм³ і в травні в середньому складав 1112 мкг/дм³, а в листопаді – 1139 мкг/дм³. Максимальні значення вмісту азоту загального в придонному шарі в травні та листопаді були менше ніж на поверхні.

В загальному складі азоту, в віддалених районах від гирла Бистре, переважає вміст його органічної складової, а в прибережній зоні впливу річкового стоку переважає вміст суми мінеральних форм азоту. В

просторовому розподілу азоту загального на поверхні явно відмічається його підвищений вміст безпосередньо в зоні гирла Бистре та на невеликій відстані від гирла Східне, і зменшується з віддаленням від впливу річкового стоку, наведено на рисунку 1.28.

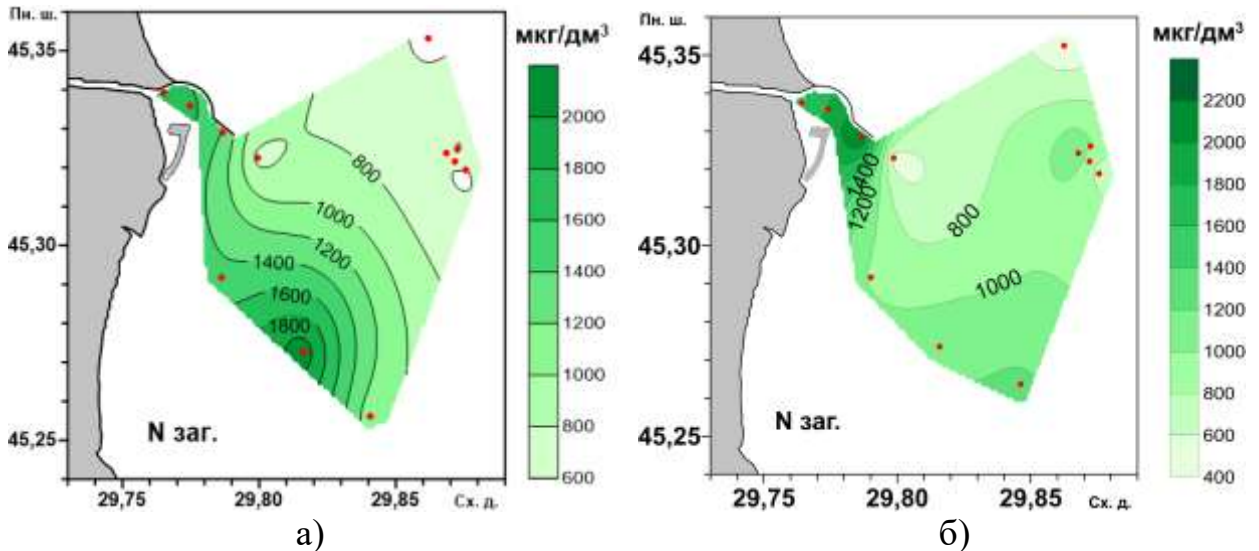


Рисунок 1.28 – Просторовий розподіл азоту амонійного в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї в районі гирла Бистре в а) травні і б) листопаді 2019 р.

Вміст кремнію на узмор'ї Дунаю в травні на поверхні моря знаходився в діапазоні від 29 мкг/дм³ до 2610 мкг/дм³ і в листопаді змінювався від 341 мкг/дм³ до 2840 мкг/дм³. Середні концентрації кремнію по району досліджень складали в травні 1051 мкг/дм³, а в листопаді 1094 мкг/дм³. В придонному шарі вміст кремнію був нижче ніж на поверхні моря і в травні середнє значення його було на рівні 748 мкг/дм³, а в листопаді знизилось до 562 мкг/дм³.

Як і в більшості гідрохімічних показників, в просторовому розподілі вміст кремнію зменшується з віддаленням від гирл дельти Дунаю, відображено на рисунку 1.29.

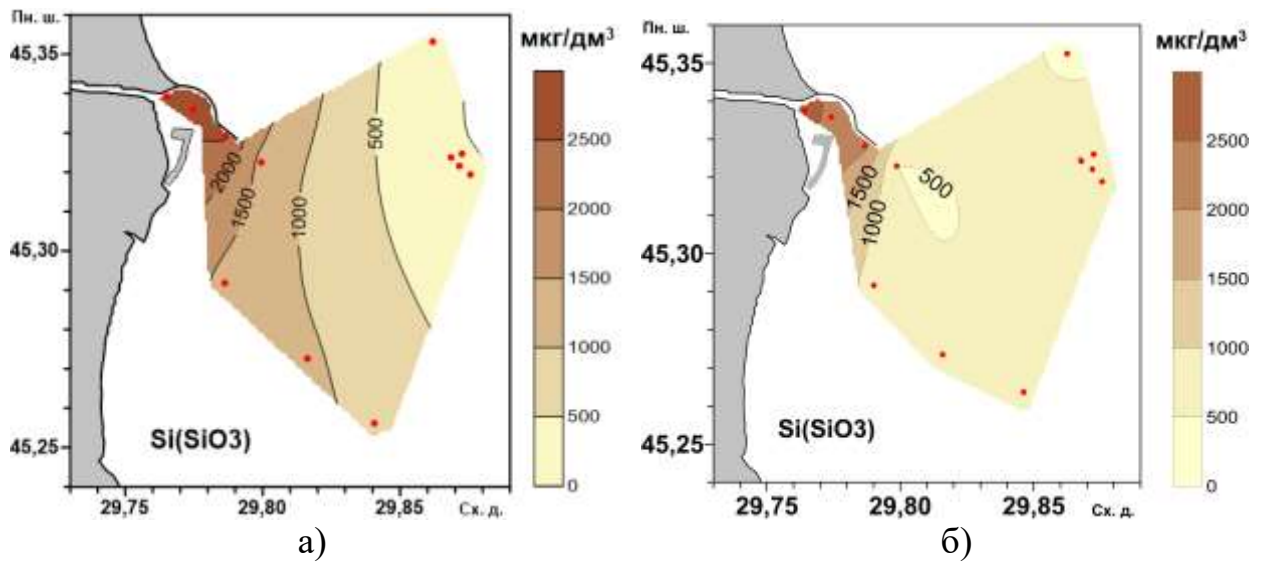


Рисунок 1.29 – Просторовий розподіл кремнію в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї в районі гирла Бистре в а) травні і б) листопаді 2019 р.

2 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ШЕЛЬФОВИХ ВОД УКРАЇНИ ЗА КОМПЛЕКСНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

2.1 Оцінка екологічного стану морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України за даними середніх річних показників евтрофікації морських вод в 2019 р.

Оцінка екологічного стану морського середовища виконувалась за даними спостережень УкрНЦЕМ в 2019 р.

По виділеним в [15] районах (рисунок 2.1) визначались середні, за 2019 р., екстремальні значення, середнє квадратичне відхилення поживних речовин, прямих і непрямих показників ефектів збагачення вод поживними речовинами в порівнянні з цільовими значеннями для цих районів і показниками ДЕС, що наведено в таблицях 2.1 та 2.2.

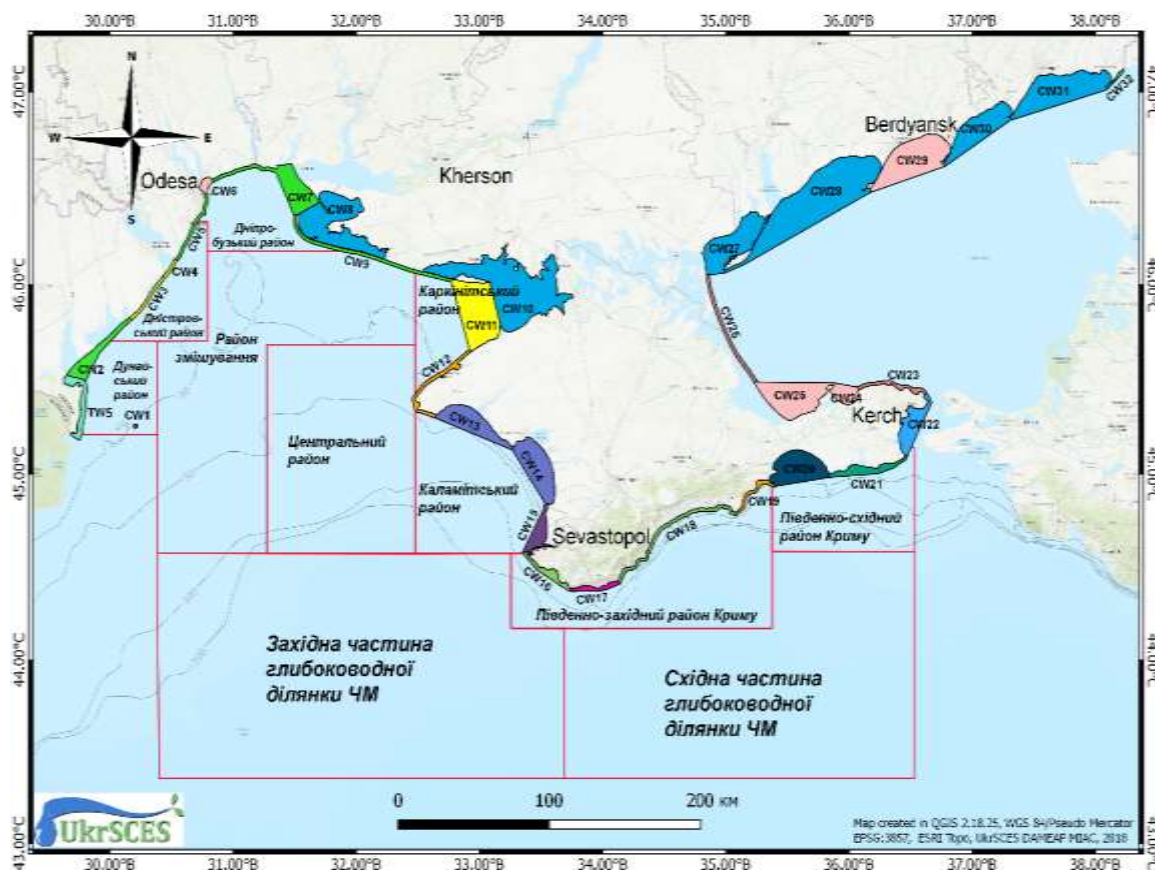


Рисунок 2.1 – Райони Українських вод Чорного моря

Таблиця 2.1 – Розраховані середні річні статистичні показники поживних речовин у 2019 р. та цільові і ДЕС значення (мкг/дм³) по районах ЧМ

Район	Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	DIN	TN	Si(SiO ₃)
Дунайський	Середнє	12,56	27,64	12,74	268,50	8,42	289,66	870,78	457,55
	Максимум	28,10	42,28	21,90	775,00	28,60	801,00	2128,00	1080,00
	Мінімум	< 5	14,06	0,63	< 5	< 15	4,27	32,44	28,80
	СКВ	7,48	6,88	4,79	226,94	5,89	228,66	472,74	389,71
	Кіл-сть даних	15	15	15	15	15	15	15	15
	Цільова	21,5	45,6	7,5	35,4	15,9	58,8	557	500
	ДЕС	14,3	30,4	5	23,6	10,6	39,2	371	1000
Дніпро-бузький	Середнє	7,09	20,61	0,89	4,12	1,37	6,38	25,49	20,50
	Максимум	10,26	21,11	1,22	< 5	< 15	7,59	41,71	24,00
	Мінімум	< 5	20,11	0,55	< 5	< 15	5,16	9,27	17,00
	СКВ	4,48	0,71	0,47	0,34	1,59	1,72	22,94	4,95
	Кіл-сть даних	2	2	2	2	2	2	2	2
	Цільова	13,1	29	2	13,4	8,3	23,6	370	250
	ДЕС	8,7	19,3	1,3	8,9	5,5	15,7	248	500
Змішування	Середнє	6,14	25,14	0,31	23,90	10,14	34,35	135,93	3,67
	Максимум	7,85	42,28	0,33	34,88	18,58	47,98	189,99	< 10
	Мінімум	< 5	12,04	< 0,5	7,75	< 15	8,26	74,14	< 10
	СКВ	2,01	15,51	0,04	14,29	9,25	22,60	58,31	3,06
	Кіл-сть даних	3	3	3	3	3	3	3	3
	Цільова	9,5	21	2	2,9	4,5	9,3	246	200
	ДЕС	6,3	14	1,3	1,9	3	6,2	164	400
Зах. Глибоководна частина ЧМ	Середнє	4,82	11,54	0,65	1,33	0,81	2,79	84,57	23,25
	Максимум	5,73	14,06	1,14	< 5	< 15	4,80	115,85	71,00
	Мінімум	< 5	10,03	< 0,5	< 5	< 15	1,48	9,27	< 10
	СКВ	1,23	1,75	0,42	0,46	1,12	1,59	50,53	31,89
	Кіл-сть даних	4	4	4	4	4	4	4	4
	Цільова	3	13,4	0,5	0,8	5,3	6,5	147	175
	ДЕС	2	8,9	0,3	0,5	3,5	4,3	98	350
Схід. Глибоководна частина ЧМ	Середнє	4,82	15,07	0,59	2,18	1,55	4,32	322,06	75,50
	Максимум	< 5	19,10	0,92	< 5	< 15	6,19	366,09	80,00
	Мінімум	< 5	11,04	< 0,5	< 5	< 15	2,45	278,04	71,00
	СКВ	0,00	5,70	0,47	0,34	1,83	2,64	62,26	6,36
	Кіл-сть даних	2	2	2	2	2	2	2	2
	Цільова	3,6	13,7	0,6	1,1	5,4	7,2	131	175
	ДЕС	2,4	9,1	0,4	0,7	3,6	4,8	87	350

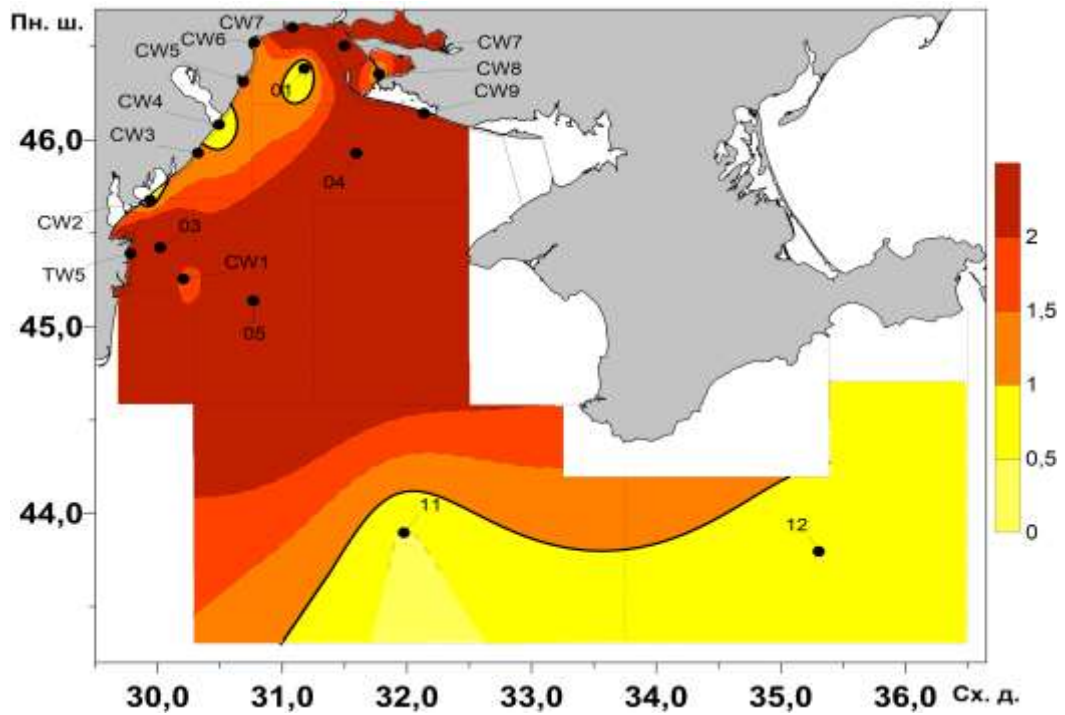
Таблиця 2.2 – Розраховані середні річні статистичні показники
поживних речовин у 2019 р. та цільові і ДЕС значення
(мкг/дм³) прибережних водних масивів ЧМ

Район	Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	DIN	TN	Si(SiO ₃)
CW1	Середнє	5,73	17,08	0,26	27,62	0,25	28,13	440,23	1,00
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	9,5	21	2	12	4,5	18,5	246	250
	ДЕС	6,3	14	1,3	8	3	12,3	164	500
TW5	Середнє	39,86	57,28	12,33	795,01	18,73	826,08	1215,95	1517,97
	Максимум	79,90	115,00	29,40	1429,28	48,65	1479,68	2210,94	2840,01
	Мінімум	12,99	13,05	3,88	< 5	< 15	27,99	245,60	210,00
	СКВ	19,37	33,58	6,35	568,75	13,60	569,47	617,34	1016,76
	Кіл-сть даних	13	13	13	13	13	13	13	13
	Цільова	28,4	55,8	8,6	255	18,9	283	850	600
	ДЕС	18,9	37,2	5,7	170	12,6	188	567	1200
CW2	Середнє	8,75	45,30	2,11	40,70	24,52	67,33	421,69	239,00
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	21,5	45,6	7,5	120	15,9	143	500	250
	ДЕС	14,3	30,4	5	80	10,6	95,6	333	500
CW3	Середнє	9,06	17,08	1,00	45,54	4,24	50,79	407,79	159,00
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	13,2	23,9	3	30,4	8,4	41,8	250	250
	ДЕС	8,8	15,9	2	20,3	5,6	27,9	167	500
CW4	Середнє	13,59	35,56	5,63	21,91	8,78	36,33	566,05	657,08
	Максимум	15,40	57,39	9,13	37,31	< 15	46,99	936,07	951,09
	Мінімум	10,26	24,14	2,99	5,33	< 15	23,00	176,09	391,00
	СКВ	2,89	18,92	3,16	16,02	3,56	12,22	380,38	281,09
	Кіл-сть даних	3	3	3	3	3	3	3	3
	Цільова	16,4	29,6	3,8	56,4	17,4	77,6	388	400
	ДЕС	10,9	19,7	2,5	37,6	11,6	51,7	259	800
CW5	Середнє	11,55	22,61	1,96	49,86	6,52	58,34	670,09	341,14
	Максимум	37,78	43,28	9,58	553,00	< 15	569,41	3061,30	2465,12
	Мінімум	< 5	8,01	< 0,5	< 5	< 15	9,43	229,00	12,81
	СКВ	6,63	7,34	1,92	78,59	2,49	78,76	502,81	381,78
	Кіл-сть даних	92	90	90	90	90	90	86	92
	Цільова	16,4	29,6	3	28,2	4,5	35,7	286	400
	ДЕС	10,9	19,7	2	18,8	3	23,8	191	800
CW6	Середнє	15,50	22,46	4,55	32,30	5,47	42,32	449,50	233,73
	Максимум	22,05	24,14	5,43	59,59	15,90	65,29	546,81	237,59
	Мінімум	10,26	20,11	3,66	17,93	< 15	24,18	259,50	228,89
	СКВ	6,00	2,10	0,89	23,65	9,03	20,98	164,56	4,43
	Кіл-сть даних	3	3	3	3	3	3	3	3
	Цільова	16,4	31	3,4	30,2	4,7	38,3	385	350
	ДЕС	10,9	20,7	2,3	20,1	3,1	25,5	257	700

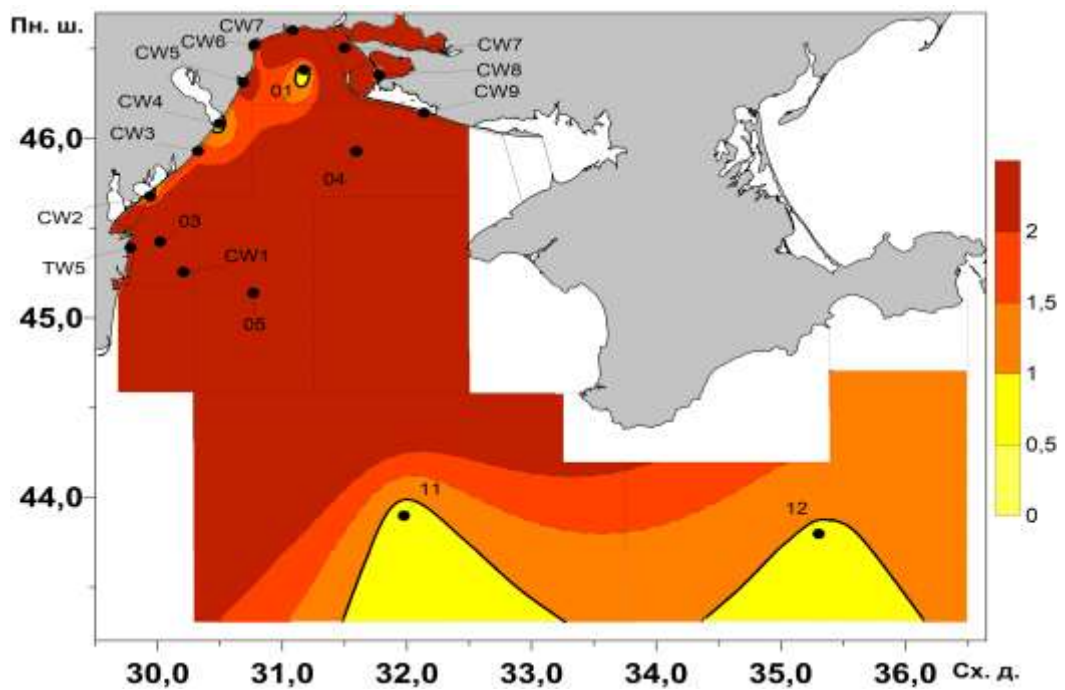
Кінець таблиці 2.2

Район	Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	DIN	TN	Si(SiO ₃)
CW7	Середнє	27,80	39,05	8,79	106,58	15,35	130,72	1169,43	913,90
	Максимум	34,75	66,46	14,46	184,11	23,30	208,90	1967,98	1866,19
	Мінімум	20,54	22,12	5,51	19,80	< 15	50,68	166,82	343,46
	СКВ	5,52	16,52	3,69	68,01	7,46	65,35	678,05	683,26
	Кіл-сть даних	5	5	5	5	5	5	5	5
	Цільова	15,6	29	3,8	23,4	8,3	35,5	370	350
	ДЕС	10,4	19,3	2,5	15,6	5,5	23,7	248	700
CW8	Середнє	12,38	18,59	1,00	23,98	5,12	30,10	203,90	90,00
	Максимум	14,19	22,12	1,44	42,64	< 15	51,82	356,82	127,00
	Мінімум	10,57	15,07	0,55	5,33	< 15	8,37	50,97	53,00
	СКВ	2,56	4,99	0,63	26,38	3,71	30,72	216,26	52,33
	Кіл-сть даних	2	2	2	2	2	2	2	2
	Цільова	15,6	29	3,8	23,4	8,3	35,5	370	350
	ДЕС	10,4	19,3	2,5	15,6	5,5	23,7	248	700
CW9	Середнє	9,36	12,04	0,63	39,73	16,48	56,84	236,33	158,00
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	4,2	23,7	0,5	3,2	8,3	12	131	130
	ДЕС	2,8	15,8	0,3	2,1	5,5	8	87	260

Результати виконаної оцінки поживних речовин показали, що в деяких районах (Дунайський, Дніпро-бузький, Змішування, глибоководної частини ЧМ та в прибережних водних масивах CW4, CW5, CW6) середні річні значення фосфору фосфатного, фосфору загального, азоту нітритного та азоту амонійного складають менше цільових значень, а в деяких випадках навіть менше ДЕС. Однак визначити, що в цих районах є добрий екологічний стан неможливо, тому що максимальні значення цих речовин значно перевищують цільові і ДЕС показники, а в деяких випадках майже на цілий порядок. Тобто незважаючи на низькі середні концентрації виникають випадки значного погіршення екологічного стану цих районів. Для доброго екологічного стану потрібно, щоб вміст поживних речовин постійно був менше рівнів ДЕС та цільових значень. В більшості районів, як прибережних, шельфових так і глибоководних, максимальний вміст поживних речовин перевищує рівні цільових і ДЕС показників. Просторові розподіли відношень середніх річних значень до відповідних їм цільових та значень ДЕС для основних БР (таблиці А.1, А.2 Додатку А), відображено на рисунках 2.2-2.5.

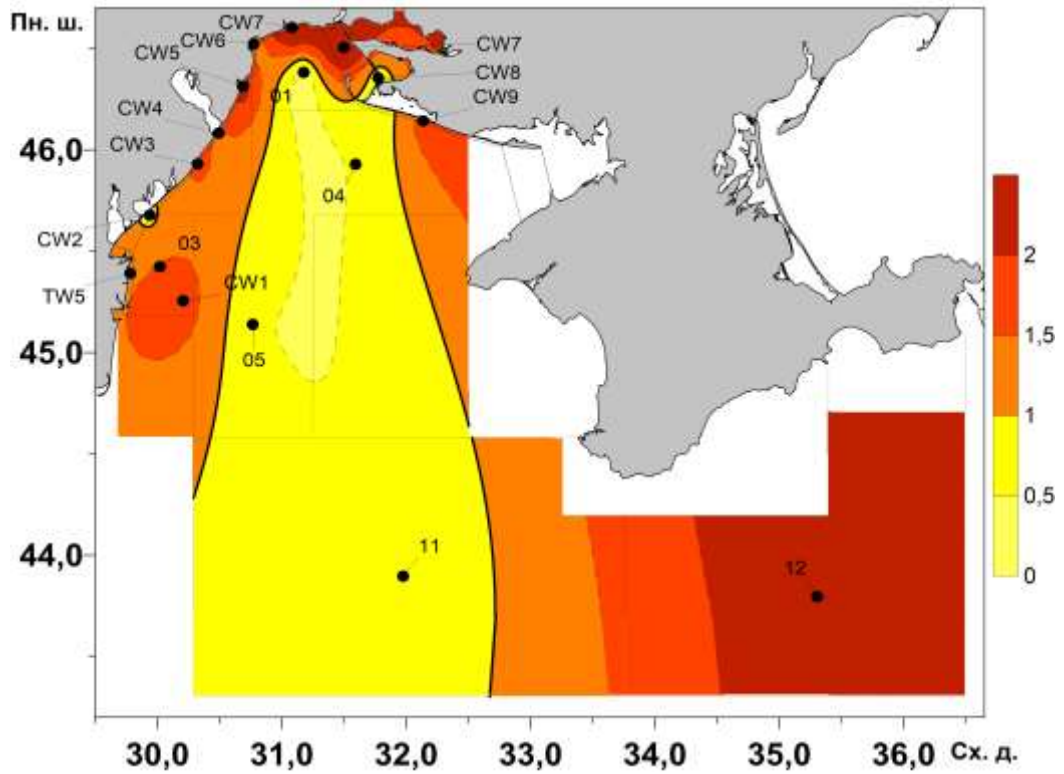


а)

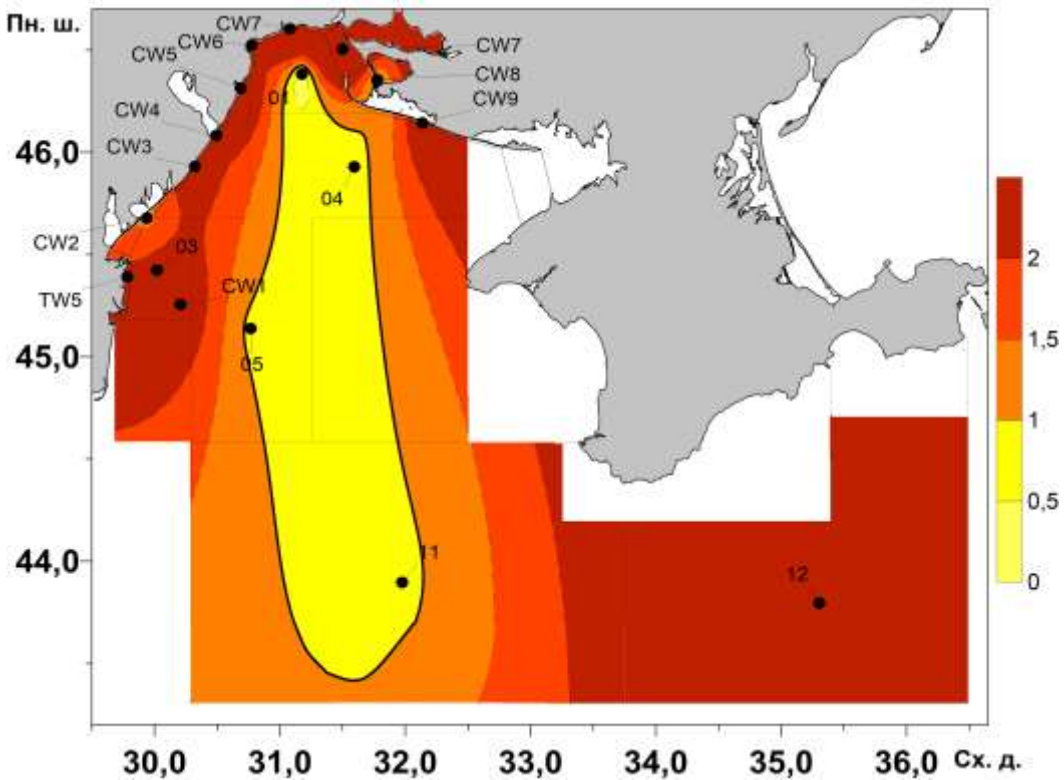


б)

Рисунок 2.2 – Просторовий розподіл відношень середнього річного значення суми мінеральних форм азоту: а) до цільового; б) до ДЕС

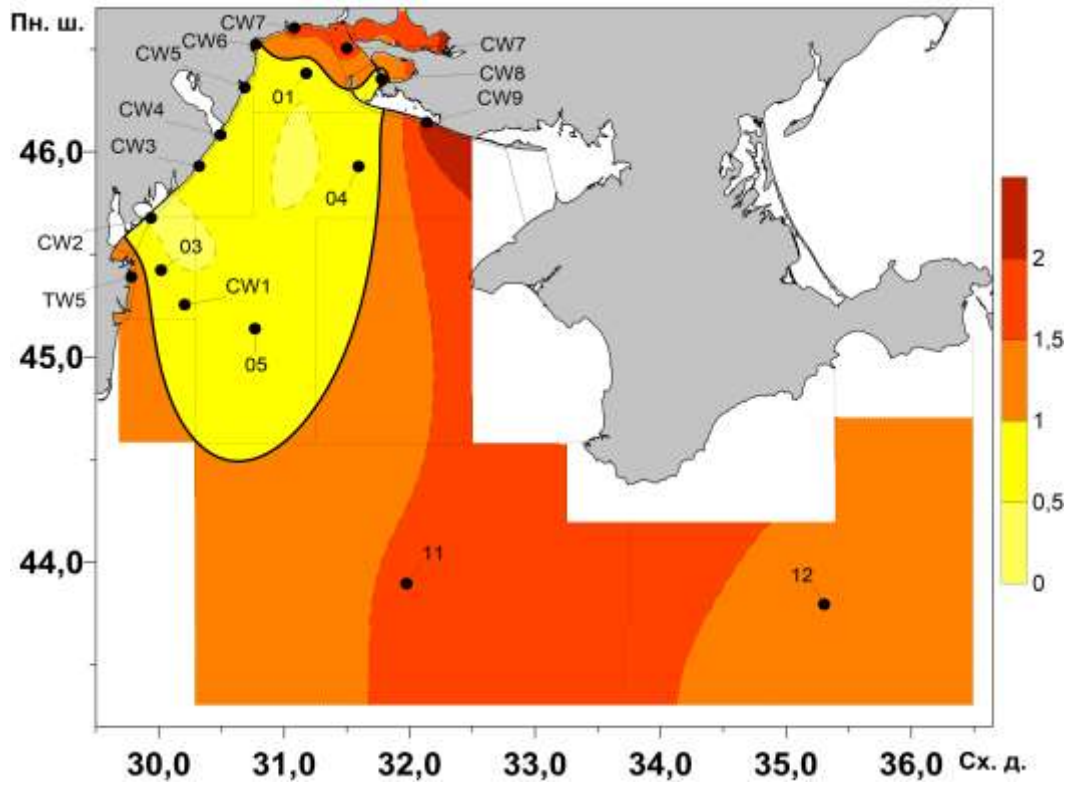


а)

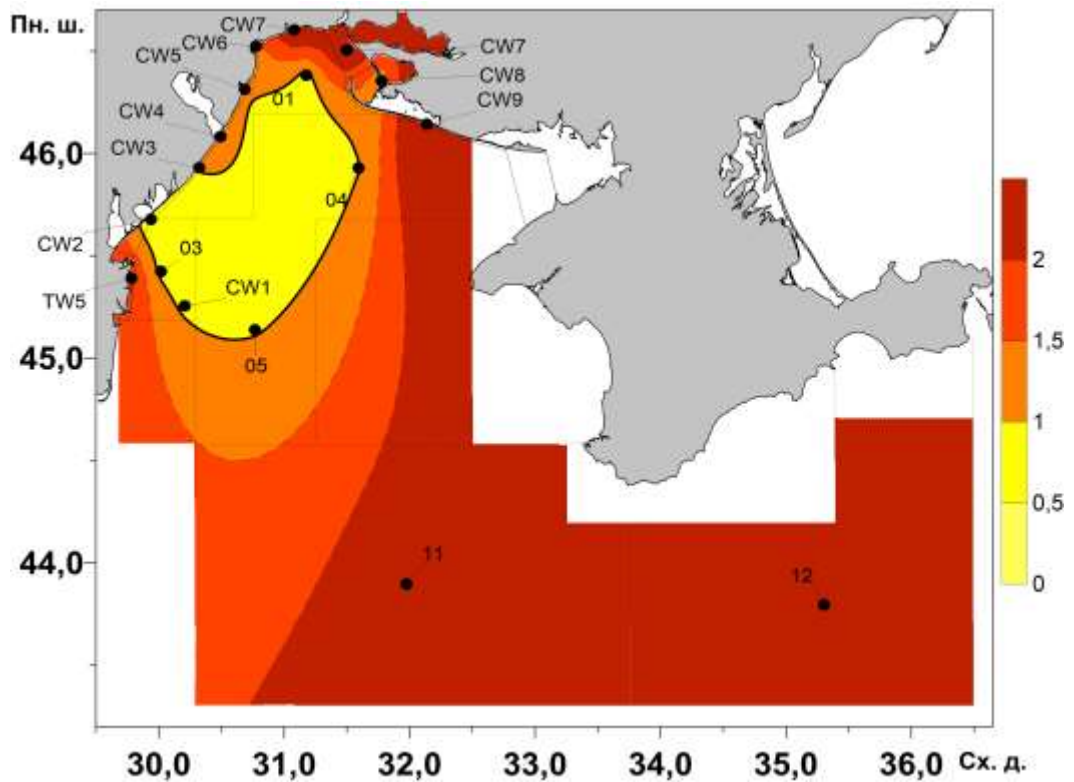


б)

Рисунок 2.3 – Просторовий розподіл відношень середнього річного значення загального азоту: а) до цільового; б) до ДЕС

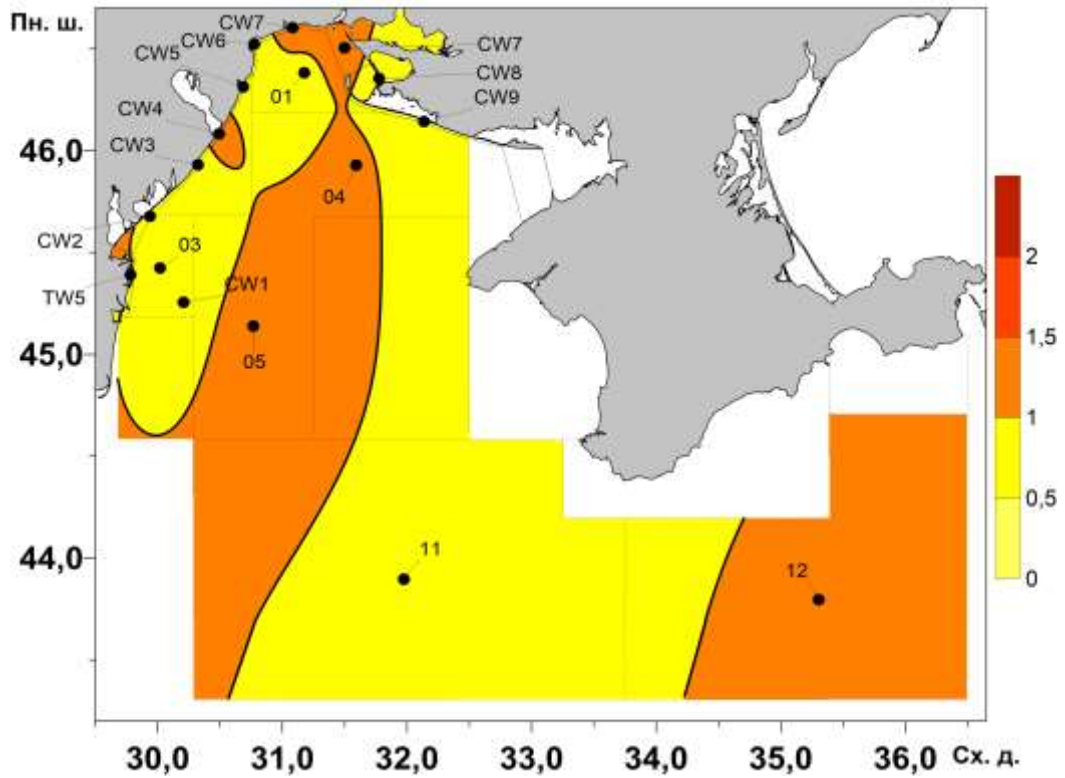


а)

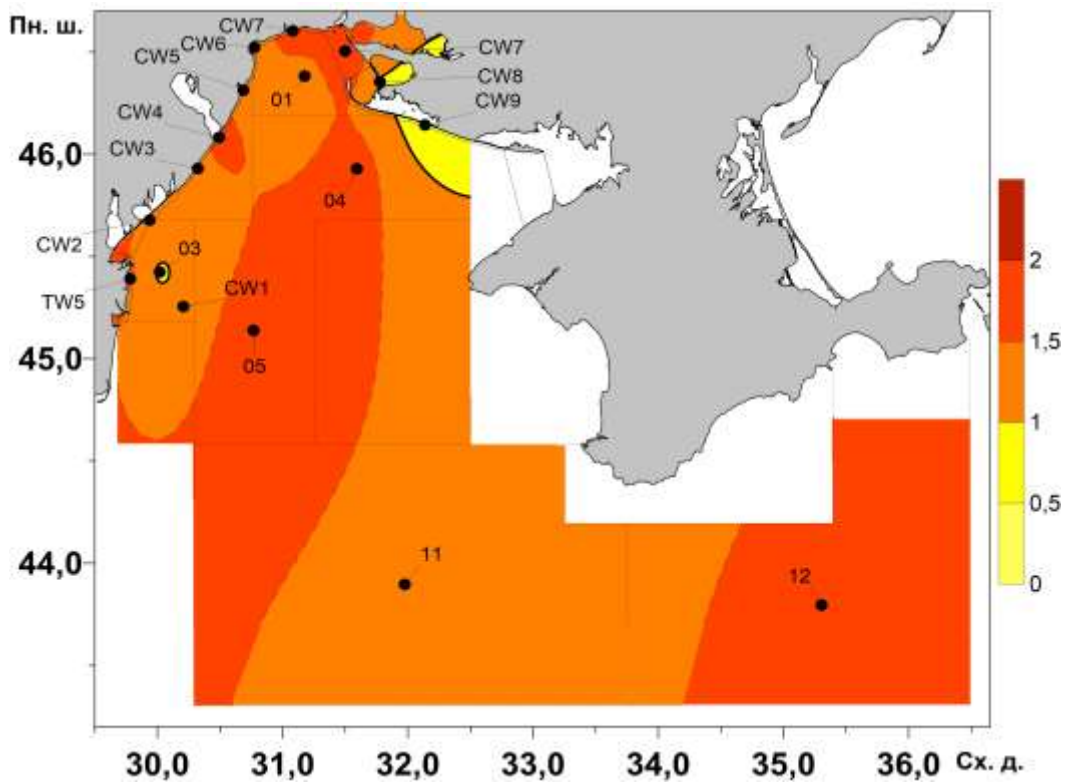


б)

Рисунок 2.4 – Просторовий розподіл відношень середнього річного значення фосфору фосфатного: а) до цільового; б) до ДЕС



а)



б)

Рисунок 2.5 – Просторовий розподіл відношень середнього річного значення загального фосфору: а) до цільового; б) до ДЕС

2.2 Мінливість вмісту хлорофілу-а на узмор'ї Дунаю, узмор'ї Дністровського та Дніпровського лиманів залежно від мінливості стоку річок

Вміст хлорофілу-а є гарним показником продуктивності вод, ступеню їх трофності і пов'язаний з первинною продукцією фітопланктону. Згідно рамкової Директиви морської стратегії Європейського Союзу 2008/56/ЄС концентрація хлорофілу-а в товщі води відноситься до набору показників при оцінці стану евтрофікації і є прямим показником ефектів збагачення вод питомими речовинами. Концентрація хлорофілу-а на ряду з БР, киснем та іншими біологічними характеристиками входить до розрахункових формул інтегральної оцінки трофності вод і їх якості.

До аналізу мінливості вмісту хлорофілу-а використовувались дані NASA спостережень супутника MODIS AQUA за 2003-2018 роки з просторовим кроком 4 км та усередненими даними з часовим кроком в 8 днів.

Оцінка водності головних річок ПЗЧМ визначалась на підставі статистичного аналізу варіабельності величин витрат в нижніх б'єфах річок за багаторічний період понад 100 років. До середньої водності річок були віднесені значення витрат між 25-м і 75-м центилем (другий і третій квартиль) і значення в інтервалі першої та четвертої квартилі були віднесені до малої та високої водності річок, відповідно.

Дністер, а також Дніпро разом з Південним Бугом утворюють великі естуарії, звані зазвичай лиманами, на відміну від Дунаю який утворює дельту при впадінні в море. Це відрізняє їх вплив на формування полів хлорофілу-а в прибережних районах узмор'я річок в залежності від ступеня їх водності (рисунки 2.6, 2.7, 2.8).

Міжрічні коливання величин стоку річок значно впливають на концентрації та розподіл хлорофілу в морі. Взимку і навесні концентрації хлорофілу в зоні впливу лиманних річок мають пряму залежність від

величину стоку. В зоні впливу Дністра і Дунаю така тенденція спостерігається також влітку. В усіх інших випадках максимальні концентрації спостерігаються в період середньої водності. Така ситуація може пояснюватись існуванням певної оптимальної величини водообміну, який є оптимальним для формування первинної продукції в водній екосистемі [16], а також тим, що збільшення стоку річок в ПЗЧМ не призводить до відповідного збільшення концентрацій БР, а навпаки навіть викликає їх зменшення [17].

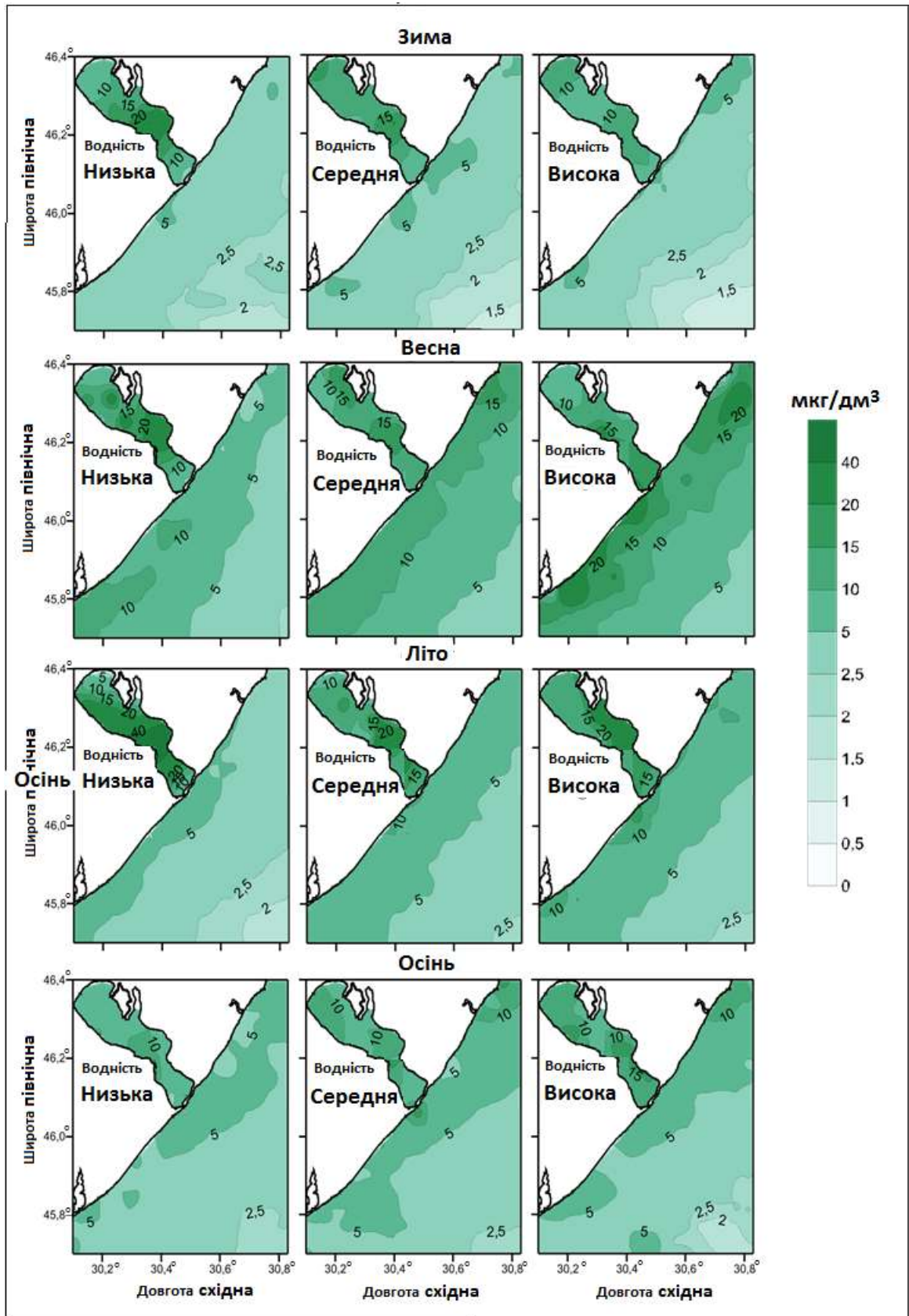


Рисунок 2.6 – Розподіл хлорофілу-а в 2003-2018 роках на узмор'ї Дністровського лиману у різні періоди водності Дністра

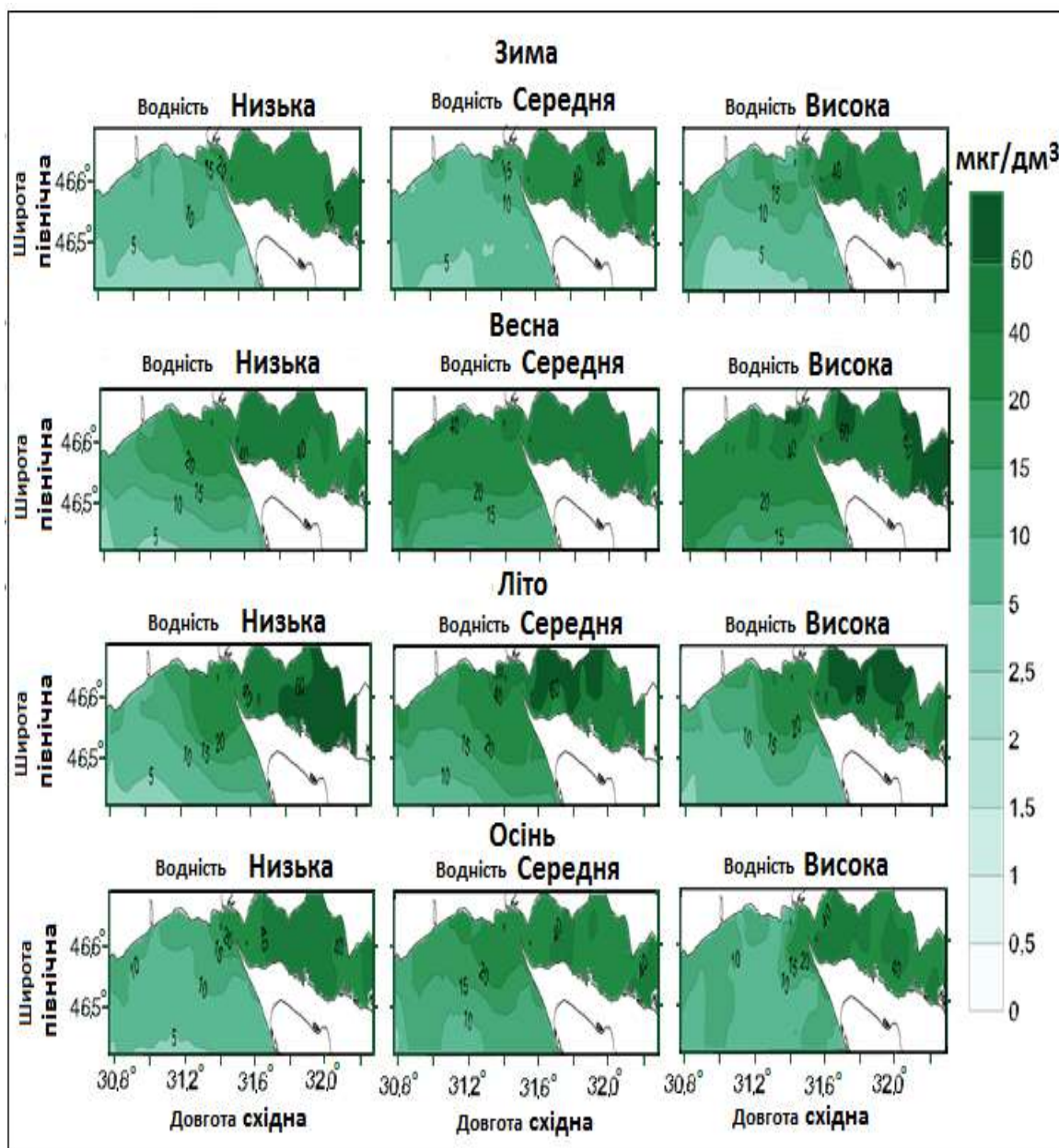


Рисунок 2.7 – Розподіл хлорофілу-а в 2003-2018 роках на узмор'ї Дніпровського лиману у різні періоди водності Дніпра

Винос хлорофілу-а з лиманів впливає і на його розподіл в морі. Зона впливу вод з Дніпровського лиману досягає Одеської затоки. Це ускладнює диференціацію цвітіння що викликана локальними прибережними джерелами [18] від впливу з цвітінням трансформованих вод які надходять з Дніпровського лиману [19].

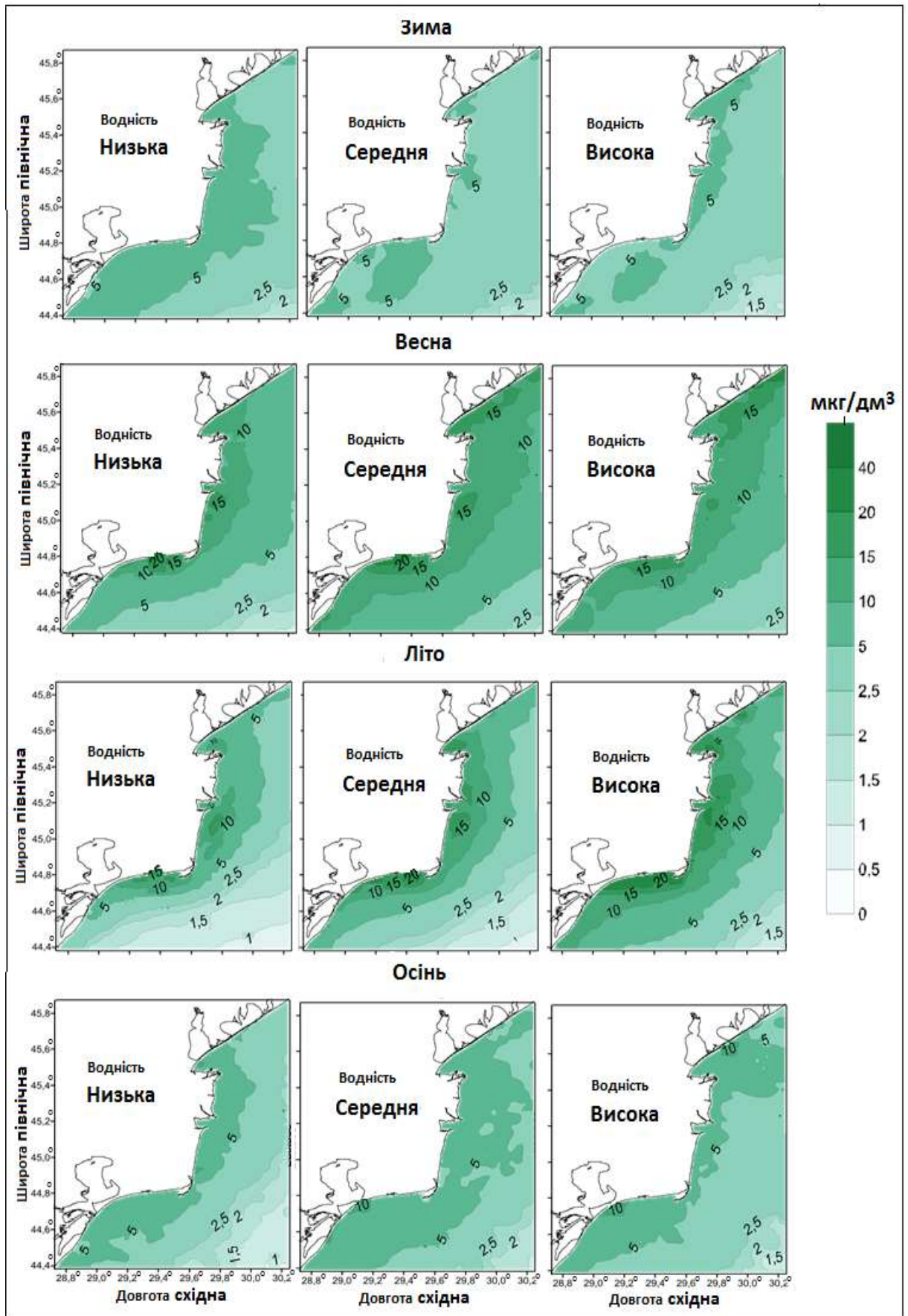


Рисунок 2.8 – Розподіл хлорофілу-а в 2003-2018 роках на Дунайському узмор'ї у різні періоди водності Дунаю

У роки з високим стоком концентрації хлорофілу-а і зона його розповсюдження набагато більші, ніж в роки з малим стоком. Максимальні концентрації хлорофілу-а на узмор'ї 40 мкг/дм³ і 20 мкг/дм³ біля Дніпровського і Дністровського лиманів відмічаються в весняний період, відповідно.

Мінімальні концентрації хлорофілу-а на узмор'ї лиманів спостерігаються взимку. Влітку концентрації хлорофілу-а декілька вищі, ніж восени. Взимку і навесні концентрації хлорофілу-а в зоні впливу лиманних річок мають пряму залежність від величини стоку. В зоні впливу Дністра і Дунаю така тенденція спостерігається також і влітку. Зона розповсюдження полів хлорофілу-а в морі в пригирлових частинах також відповідає величині стоку річок. Найменша – на узмор'ї Дністровського лиману, найбільша – на узмор'ї Дунаю. Річка Дунай при впадінні в море має іншу морфологію (дельту), тому утворення хлорофілу-а починається переважно в морі. Концентрації хлорофілу-а тут значно високі досягають 20 мкг/дм³ і охоплюють достатньо широку площу розповсюдження.

2.3 Оцінка екологічного стану морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України за даними середніх річних показників прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами в 2019 р.

Оцінка екологічного стану морського середовища по розрахованим середнім річним за 2019 р. статистичним показникам прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, які відповідають середньорічним концентраціям хлорофілу-а, прозорості води, абсолютного і відносного вмісту розчиненого кисню в відкритих та прибережних водах ЧМ наведена в таблицях 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами по районах ЧМ

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	Середнє	6,40	2,86	10,34	112,86
	Максимум	9,58	5,00	12,88	139,00
	Мінімум	1,94	0,80	7,16	78,00
	СКВ	2,14	1,14	2,14	23,11
	Кіл-сть даних	15	14	14	14
	Цільова	1,8	4,9	11,8	125,3
	ДЕС	1,2	6,1	9,8	104,4
Дніпровський	Середнє	2,02		5,73	84,00
	Максимум	2,04		5,73	84,00
	Мінімум	1,99		5,73	84,00
	СКВ	0,04			
	Кіл-сть даних	2		1	1
	Цільова	1,2	6	8	81,8
	ДЕС	0,8	7,4	10	102,3
Змішування	Середнє	0,75	11,10	5,70	73,37
	Максимум	0,93	12,00	5,80	85,00
	Мінімум	0,41	10,20	5,57	66,00
	СКВ	0,29	1,27	0,12	10,19
	Кіл-сть даних	3	2	3	3
	Цільова	0,75	9,2	7,5	81,1
	ДЕС	0,5	11,5	9,4	101,4
Зах. Глибоководна частина ЧМ	Середнє	0,54	10,38	5,69	89,75
	Максимум	0,62	13,50	5,75	96,00
	Мінімум	0,50	7,00	5,66	82,00
	СКВ	0,06	3,35	0,04	6,45
	Кіл-сть даних	4	4	4	4
	Цільова	0,3	12,7	7,4	81,2
	ДЕС	0,2	15,9	9,3	101,5
Схід. Глибоководна частина ЧМ	Середнє	0,70	10,00	5,69	86,50
	Максимум	0,87	10,00	5,70	88,00
	Мінімум	0,52	10,00	5,68	85,00
	СКВ	0,25	0,00	0,01	2,12
	Кіл-сть даних	2	2	2	2
	Цільова	0,3	12,2	7,4	81
	ДЕС	0,2	15,2	9,2	101,3

Таблиця 2.4 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами у 2019 р. по прибережним водним масивам ЧМ

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
CW1	Середнє	0,80	13,00	7,08	86,00
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1	1	1	1
	Цільова	1,8	4,9	7,8	83
	ДЕС	1,2	6,1	9,8	104,4
TW5	Середнє	5,41	1,27	10,00	106,46
	Максимум	9,86	3,00	12,22	128,00
	Мінімум	2,66	0,40	5,72	69,00
	СКВ	2,63	0,85	2,42	21,89
	Кіл-сть даних	13	13	13	13
	Цільова	2,1	2,1	11,2	126,5
	ДЕС	1,4	2,6	9,3	105,4
CW2	Середнє	3,35		7,26	87,00
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1		1	1
	Цільова	1,8	3,7	7,7	86,2
	ДЕС	1,2	4,6	9,6	107,8
CW3	Середнє	3,43	4,20	7,19	86,00
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1	1	1	1
	Цільова	1,65	5,3	7,1	84,2
	ДЕС	1,1	6,6	8,9	105,2
CW4	Середнє	7,40	2,50	7,28	88,39
	Максимум	10,59		8,07	99,80
	Мінімум	2,93		6,12	73,00
	СКВ	3,99		1,03	13,84
	Кіл-сть даних	3	1	3	3
	Цільова	1,8	5	7,4	84,5
	ДЕС	1,2	6,2	9,2	105,6
CW5	Середнє	5,85		9,84	100,61
	Максимум	25,68		15,70	157,00
	Мінімум	0,79		6,58	56,00
	СКВ	6,12		2,03	15,07
	Кіл-сть даних	86		92	92
	Цільова	1,65	5,3	10,4	85,3
	ДЕС	1,1	6,6	8,7	106,6
CW6	Середнє	3,83		8,15	82,48
	Максимум	3,93		8,50	86,10
	Мінімум	3,64		7,63	76,61
	СКВ	0,17		0,46	5,12
	Кіл-сть даних	3		3	3
	Цільова	1,8	5	7,6	80,4
	ДЕС	1,2	6,2	9,5	100,5

Кінець таблиці 2.4

Район	Показник	Хлорофіл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
CW7	Середнє	7,95	1,50	9,10	102,77
	Максимум	22,22		14,52	187,00
	Мінімум	3,99		6,76	67,61
	СКВ	7,99		3,09	48,43
	Кіл-сть даних	5	1	5	5
	Цільова	2,25	4,6	7,4	121,3
	ДЕС	1,5	5,8	9,3	101,1
CW8	Середнє	13,11	5,00	6,23	74,00
	Максимум	17,67		6,23	74,00
	Мінімум	8,55		6,23	74,00
	СКВ	6,45			
	Кіл-сть даних	2	1	1	1
	Цільова	2,4	4	6,9	76,3
	ДЕС	1,6	5	8,6	95,4
CW9	Середнє	3,65		5,57	66,00
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1		1	1
	Цільова	1,2	5,3	7,9	83
	ДЕС	0,8	6,6	9,9	103,8

Аналіз показників вмісту хлорофілу-а та прозорості води, що відповідають прямим ефектам збагачення вод поживними речовинами, показав, що в районі змішування середньорічний вміст хлорофілу-а досягнув цільового значення, а прозорість вод майже відповідала ДЕС, але максимальні їх значення ці показники перевищували. В цілому у більшості районах середньорічний вміст хлорофілу-а перевищував цільові і ДЕС значення, а прозорість вод була менше цих показників щодо прозорості.

Результати статистичного аналізу середньорічного вмісту розчиненого кисню показали, що в цілому середні його значення перевищують рівні цільових значень і відповідають відносно добрим показникам, але мінімуми показників вмісту кисню нижче цільових значень і тим паче ДЕС. В жодному з досліджуваних районів мінімальні значення вмісту розчиненого кисню не були менше ГДК [20] визначених у внутрішніх морських водах та територіальному морі України ($> 4,0$ мг/дм³). Мінімальні значення вмісту кисню менше ГДК [21] ($> 6,0$ мг/дм³) для водойм рибогосподарського призначення відмічались в Дніпробузькому районі, в західній і східній глибоководній частині ЧМ, а також в транзитних водах Дунайського узмор'я.

2.4 Оцінка екологічного стану морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України за даними середніх сезонних показників евтрофікації морських вод в 2019 р.

Екологічні спостереження УкрНЦЕМ в 2019 р. дозволяють виконати оцінку екологічного стану морського середовища за даними показників у весняний, літній та осінній сезони по районах ЧМ.

Розраховані сезонні статистичні показники поживних речовин весняного, літнього та осіннього сезонів, та цільові і ДЕС значення (мкг/дм³) по відкритим районам ЧМ та прибережним водним масивам наведені в таблицях 2.5-2.8.

Таблиця 2.5 – Розраховані статистичні показники поживних речовин весняного періоду, та цільові і ДЕС значення (мкг/дм³) по відкритим та прибережним водним масивам ЧМ

Район	Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	DIN	TN	Si(SiO ₃)
Дунайський	Середнє	7,16	29,04	15,47	278,63	10,51	304,61	920,71	321,96
	Максимум	11,50	36,20	21,90	775,00	28,60	801,00	2128,00	1080,00
	Мінімум	3,92	25,10	12,80	27,70	7,50	49,10	559,00	28,80
	СКВ	3,00	3,46	3,44	277,71	7,98	278,07	561,86	461,35
	Кіл-сть даних	7	7	7	7	7	7	7	7
	Цільова	15,8	34,4	10,8	44,6	7,5	62,9	500	850
	ДЕС	10,5	22,9	7,2	29,7	5	41,9	298	1700
TW5	Середнє	50,26	88,34	17,64	1087,80	9,88	1115,32	1379,60	2072,60
	Максимум	79,90	115,00	29,40	1350,00	19,40	1374,80	1665,00	2610,00
	Мінімум	36,90	47,30	12,10	452,00	7,50	471,60	743,00	1320,00
	СКВ	17,80	28,14	6,99	362,16	5,32	365,65	375,19	673,56
	Кіл-сть даних	5	5	5	5	5	5	5	5
	Цільова	20,8	42	12,3	321	8,9	301	683	1020
	ДЕС	13,9	28	8,2	214	5,9	201	455	2040
CW4	Середнє	15,10	57,39	9,13	23,10	6,76	38,99	586,00	951,09
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	18,6	21,2	8,4	103	11,7	107,3	334	1120
	ДЕС	12,4	14,1	5,6	68,9	7,8	71,5	222	2240
CW5	Середнє	10,22	23,21	2,27	56,35	6,52	65,14	702,62	419,54
	Максимум	21,15	38,25	8,91	553,00	7,63	569,41	1145,00	800,27
	Мінімум	3,31	11,04	0,26	3,22	0,44	12,16	334,00	108,53
	СКВ	4,38	7,95	1,86	105,93	2,37	107,34	203,95	186,54
	Кіл-сть даних	26	26	26	26	26	26	26	26
	Цільова	18,6	21,2	6,7	51,7	3	49,4	246	1120
	ДЕС	12,4	14,1	4,5	34,5	2	32,9	164	2240

Кінець таблиці 2.5

Район	Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	DIN	TN	Si(SiO ₃)
CW7	Середнє	27,19	66,46	7,58	19,80	23,30	50,68	1550,00	1866,19
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	14	24,8	5,2	17,4	4,2	25,6	399	700
	ДЕС	9,3	16,5	3,5	11,6	2,8	17,1	266	140

Таблиця 2.6 – Розраховані статистичні показники поживних речовин літнього періоду, та цільові і ДЕС значення (мкг/дм³) по відкритим районам ЧМ

Район	Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	DIN	TN	Si(SiO ₃)
Дунайський	Середнє	6,94	14,06	0,63	3,39	0,25	4,27	32,44	59,00
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	20,9	48,3	7,2	26,9	15,5	49,5	750	1000
	ДЕС	13,1	32,2	4,8	17,9	10,3	33	547	2000
Дніпровський	Середнє	7,09	20,61	0,89	4,12	1,37	6,38	25,49	20,50
	Максимум	10,26	21,11	1,22	4,36	2,50	7,59	41,71	24,00
	Мінімум	3,92	20,11	0,55	3,88	0,25	5,16	9,27	17,00
	СКВ	4,48	0,71	0,47	0,34	1,59	1,72	22,94	4,95
	Кіл-сть даних	2	2	2	2	2	2	2	2
	Цільова	14	30,3	5,3	11,7	12	29	360	600
	ДЕС	9,3	20,2	3,5	7,8	8	19,3	241	1200
Змішування	Середнє	6,14	25,14	0,31	23,90	10,14	34,35	135,93	3,67
	Максимум	7,85	42,28	0,33	34,88	18,58	47,98	189,99	7,00
	Мінімум	3,92	12,04	0,26	7,75	0,25	8,26	74,14	1,00
	СКВ	2,01	15,51	0,04	14,29	9,25	22,60	58,31	3,06
	Кіл-сть даних	3	3	3	3	3	3	3	3
	Цільова	9,8	20,9	1,1	0,9	5,9	7,8	280	450
	ДЕС	6,5	13,9	0,7	0,6	3,9	5,2	183	900
Зах. Глибоководна частина ЧМ	Середнє	4,82	11,54	0,65	1,33	0,81	2,79	84,57	23,25
	Максимум	5,73	14,06	1,14	1,94	2,50	4,80	115,85	71,00
	Мінімум	3,01	10,03	0,26	0,97	0,25	1,48	9,27	6,00
	СКВ	1,23	1,75	0,42	0,46	1,12	1,59	50,53	31,89
	Кіл-сть даних	4	4	4	4	4	4	4	4
	Цільова	3	11,9	0,6	0,6	4,1	5,4	180	200
	ДЕС	2	7,9	0,4	0,4	2,7	3,6	117	400
Схід. Глибоководна частина ЧМ	Середнє	4,82	15,07	0,59	2,18	1,55	4,32	322,06	75,50
	Максимум	4,82	19,10	0,92	2,42	2,85	6,19	366,09	80,00
	Мінімум	4,82	11,04	0,26	1,94	0,25	2,45	278,04	71,00
	СКВ	0,00	5,70	0,47	0,34	1,83	2,64	62,26	6,36
	Кіл-сть даних	2	2	2	2	2	2	2	2
	Цільова	3,9	19,5	0,5	0,6	6,6	7,7	190	225
	ДЕС	2,6	13	0,3	0,4	4,4	5,1	123	450

Таблиця 2.7 – Розраховані статистичні показники поживних речовин літнього періоду, та цільові і ДЕС значення (мкг/дм³) по прибережним водним масивам ЧМ

Район	Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	DIN	TN	Si(SiO ₃)
CW1	Середнє	5,73	17,08	0,26	27,6165	0,25	28,13	440,23	1
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	9,2	22,2	1,9	9,1	4,4	15,5	363	500
	ДЕС	6,1	14,8	1,2	6,1	2,9	10,4	242	1000
TW5	Середнє	20,45	22,12	6,96	41,28	31,98	80,22	610,14	264
	Максимум	29,92	31,19	9,13	62,99	48,65	119,52	1320,69	357
	Мінімум	12,99	13,05	3,88	0,29	23,48	27,99	245,60	210
	СКВ	8,64	9,07	2,74	35,52	14,44	47,12	615,42	80,65
	Кіл-сть даних	3	3	3	3	3	3	3	3
	Цільова	27,6	59,1	8,2	193	18,4	237	1254	1200
	ДЕС	18,4	39,4	5,5	129	12,2	158	836	2400
CW2	Середнє	8,75	45,30	2,11	40,70	24,52	67,33	421,69	239
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	20,9	48,3	7,2	91	15,5	121	737	500
	ДЕС	13,9	32,2	4,8	60,7	10,3	80,5	491	1000
CW3	Середнє	9,06	17,08	1,00	45,54	4,24	50,79	407,79	159
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	14,8	27,4	3,2	25,1	7,1	35,3	285	1100
	ДЕС	9,9	18,2	2,2	16,7	4,7	23,5	190	2200
CW4	Середнє	12,83	24,64	3,88	21,32	9,80	34,99	556,08	510
	Максимум	15,40	25,14	4,77	37,31	12,90	46,99	936,07	629
	Мінімум	10,26	24,14	2,99	5,33	6,69	23,00	176,09	391
	СКВ	3,64	0,71	1,26	22,61	4,39	16,96	537,38	168,4
	Кіл-сть даних	2	2	2	2	2	2	2	2
	Цільова	18,4	33,9	4	46,4	14,7	65,4	442	1760
	ДЕС	12,2	22,6	2,7	30,9	9,8	43,6	295	3520
CW5	Середнє	8,37	20,11	2,18	24,19	7,50	33,87	515,82	112
	Максимум	14,19	31,19	9,58	97,50	7,50	107,70	890,00	248
	Мінімум	3,01	11,04	0,02	1,45	7,50	9,58	305,84	13
	СКВ	3,77	4,39	2,67	29,00	0,00	29,86	145,98	77,3
	Кіл-сть даних	26	26	26	26	26	26	22	26
	Цільова	18,4	33,9	3,2	23,2	3,8	30,1	326	1760
	ДЕС	12,2	22,6	2,2	15,5	2,5	20,1	217	3520
CW7	Середнє	31,43	32,20	5,51	52,33	19,63	77,46	166,82	1409
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	16,7	30,3	10,1	20,5	12	43,7	362	840
	ДЕС	11,1	20,2	6,7	13,7	8	29,1	241	1680

Кінець таблиці 2.7

Район	Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	DIN	TN	Si(SiO ₃)
CW8	Середнє	12,38	18,59	1,00	23,98	5,12	30,10	203,90	90
	Максимум	14,19	22,12	1,44	42,64	7,74	51,82	356,82	127
	Мінімум	10,57	15,07	0,55	5,33	2,50	8,37	50,97	53
	СКВ	2,56	4,99	0,63	26,38	3,71	30,72	216,26	52,3
	Кіл-сть даних	2	2	2	2	2	2	2	2
	Цільова	16,7	30,3	10,1	20,5	12	43,7	362	840
	ДЕС	11,1	20,2	6,7	13,7	8	29,1	241	1680
CW9	Середнє	9,36	12,04	0,63	39,73	16,48	56,84	236,33	158
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кіл-сть даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	Цільова	4,3	23,5	0,2	1	10,7	10,1	146	293
	ДЕС	2,9	15,7	0,2	0,7	7,2	6,7	97	585

Таблиця 2.8 – Розраховані статистичні показники поживних речовин осіннього періоду, та цільові і ДЕС значення (мкг/дм³) по відкритим та прибережним водним масивам ЧМ

Район	Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	DIN	TN	Si(SiO ₃)
Дунайський	Середнє	18,77	28,17	11,73	296,24	7,5	315,47	940,60	650
	Максимум	28,10	42,28	15,10	600,78	7,5	617,78	1239,10	1037
	Мінімум	8,75	17,08	8,02	125,97	7,5	141,49	437,33	341
	СКВ	6,11	8,06	2,71	174,14	0	173,39	282,89	224
	Кіл-сть даних	7	7	7	7	7	7	7	7
	Цільова	24	59	4,5	37,8	29	71,3	620	400
	ДЕС	16	39,3	3	25,2	19,3	47,5	410	800
TW5	Середнє	41,10	47,31	10,24	954,47	19,64	984,34	1415,79	1716
	Максимум	59,54	64,45	14,50	1429,28	40,60	1479,68	2210,94	2840
	Мінімум	18,73	22,12	8,32	281,01	7,50	297,49	519,01	496
	СКВ	18,76	17,13	2,45	523,08	13,85	533,83	674,18	1016
	Кіл-сть даних	5	5	5	5	5	5	5	5
	Цільова	31,7	72,1	5,1	272	34,4	341,7	940	480
	ДЕС	21,1	48,1	3,4	182	22,9	227,8	627	960
CW5	Середнє	17,37	27,16	2,12	119,86	3,59	125,57	1227,32	445
	Максимум	26,89	40,26	5,66	436,05	12,50	441,60	3061,30	838
	Мінімум	10,26	19,10	0,04	34,40	0,25	37,49	509,74	106
	СКВ	4,87	6,33	1,62	91,57	3,90	91,97	899,86	249
	Кіл-сть даних	18	16	16	16	16	16	16	18
	Цільова	21,9	25,9	5,3	17,3	7,3	39,6	403	800
	ДЕС	14,6	17,2	3,5	11,6	4,9	26,4	269	1600
CW6	Середнє	15,50	22,46	4,55	32,30	5,47	42,32	449,50	234
	Максимум	22,05	24,14	5,43	59,59	15,90	65,29	546,81	238
	Мінімум	10,26	20,11	3,66	17,93	0,25	24,18	259,50	229
	СКВ	6,00	2,10	0,89	23,65	9,03	20,98	164,56	4
	Кіл-сть даних	3	3	3	3	3	3	3	3
	Цільова	22,6	33,5	6,6	34,9	5,8	48	398	560
	ДЕС	15	22,3	4,4	23,3	3,9	32	265	1120

Кінець таблиці 2.8

Район	Показник	P(PO ₄)	TP	N(NO ₂)	N(NO ₃)	N(NH ₄)	DIN	TN	Si(SiO ₃)
CW7	Середнє	26,79	32,20	10,29	153,59	11,28	175,15	1376,77	431
	Максимум	34,75	37,24	14,46	184,11	15,90	208,90	1967,98	528
	Мінімум	20,54	22,12	6,03	138,08	3,53	148,12	947,54	343
	СКВ	7,26	8,73	4,22	26,44	6,75	30,94	529,15	92
	Кіл-сть даних	3	3	3	3	3	3	3	3
	Цільова	21,5	31,2	7,2	27,1	10,4	44,6	384	560
	ДЕС	14,3	20,8	4,8	18,1	6,9	29,7	256	1120

За даними визначених середніх сезонних показників вмісту поживних речовин, особливо фосфору фосфатного і азоту нітратного, по прибережним і відкритим районам моря в багатьох випадках середні сезонні концентрації БР перевищують відповідні їм цільові і ДЕС значення майже в 2-3 рази як у весняний так і в осінній періоди, при цьому максимумами в деяких випадках перевищували середні значення показників в 4-5 разів. Тобто екологічний стан цих районів не відповідає його доброму стану. В літній період середні концентрації БР в більшості випадків досягали цільових і навіть значень ДЕС як в відкритих частинах ЧМ, так і в прибережних водних масивів, проте максимумами деяких показників перевищували середні значення в 1,5-2 рази.

Просторові розподіли відношень середніх сезонних значень до відповідних їм цільовим та ДЕС значенням для основних БР наведено в таблицях А.3-А.8 Додатку А, відображено на рисунках 2.9-2.20.

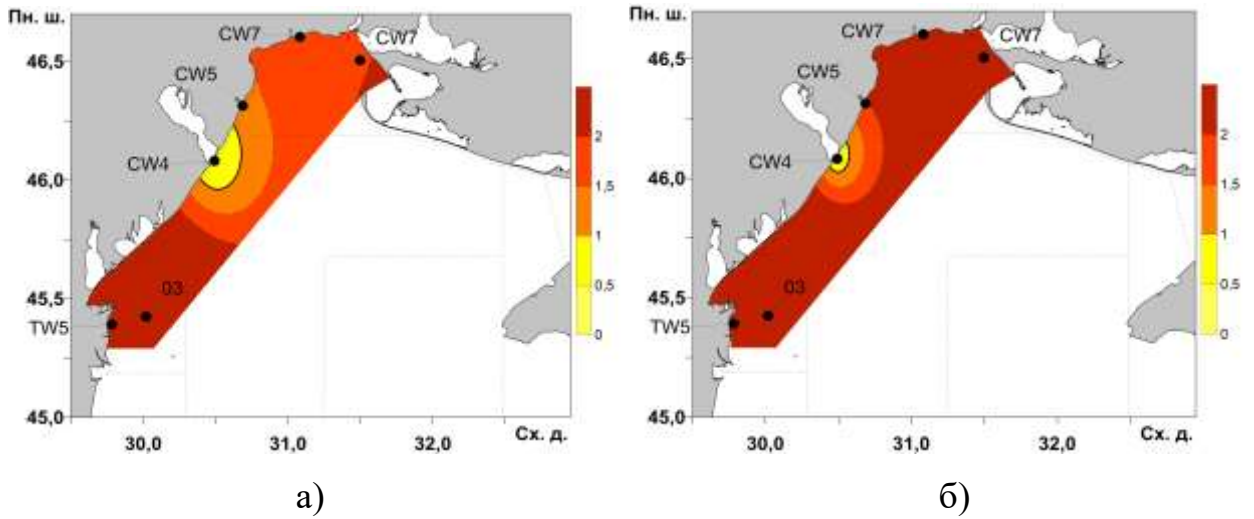


Рисунок 2.9 – Просторовий розподіл відношень середнього значення суми мінеральних форм азоту у весняний період: а) до цільового; б) до ДЕС

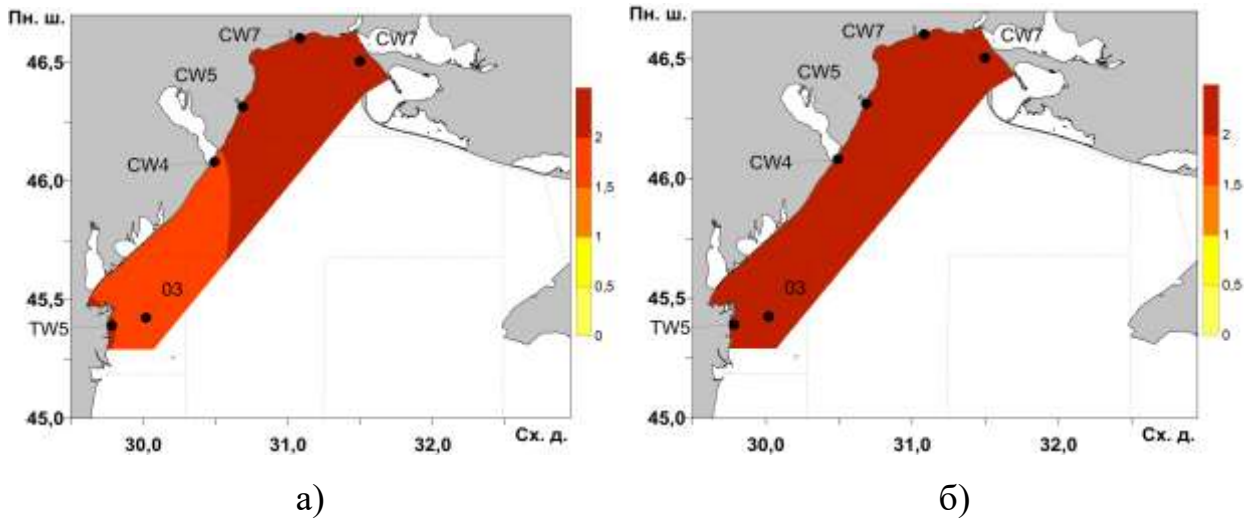


Рисунок 2.10 – Просторовий розподіл відношень середнього значення загального азоту у весняний період: а) до цільового; б) до ДЕС

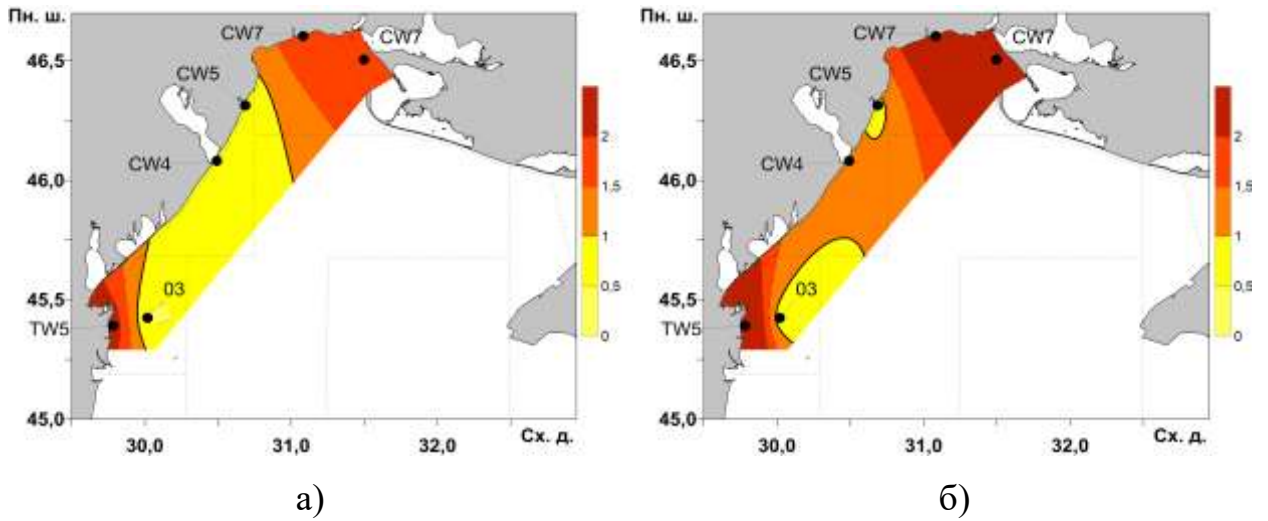


Рисунок 2.11 – Просторовий розподіл відношень середнього значення фосфору фосфатного у весняний період: а) до цільового; б) до ДЕС

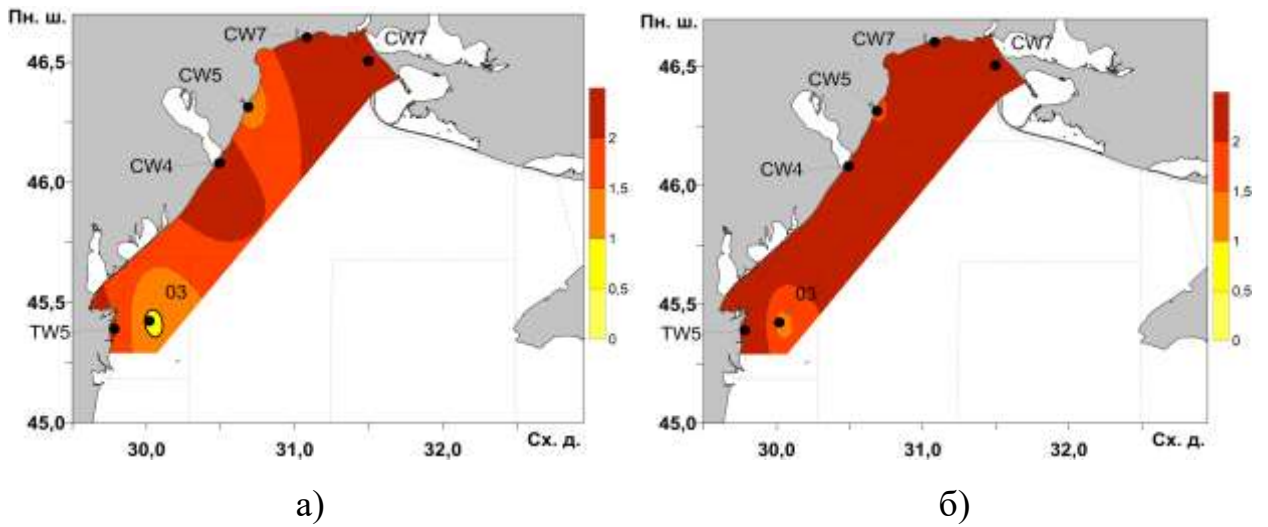
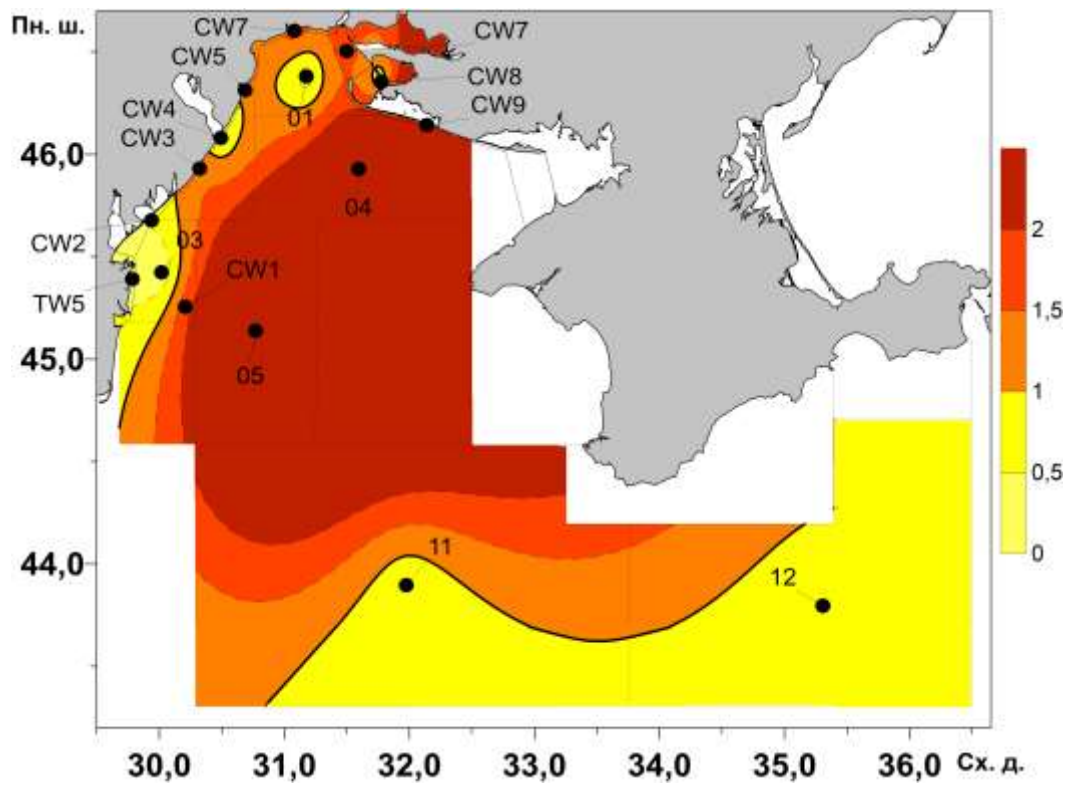
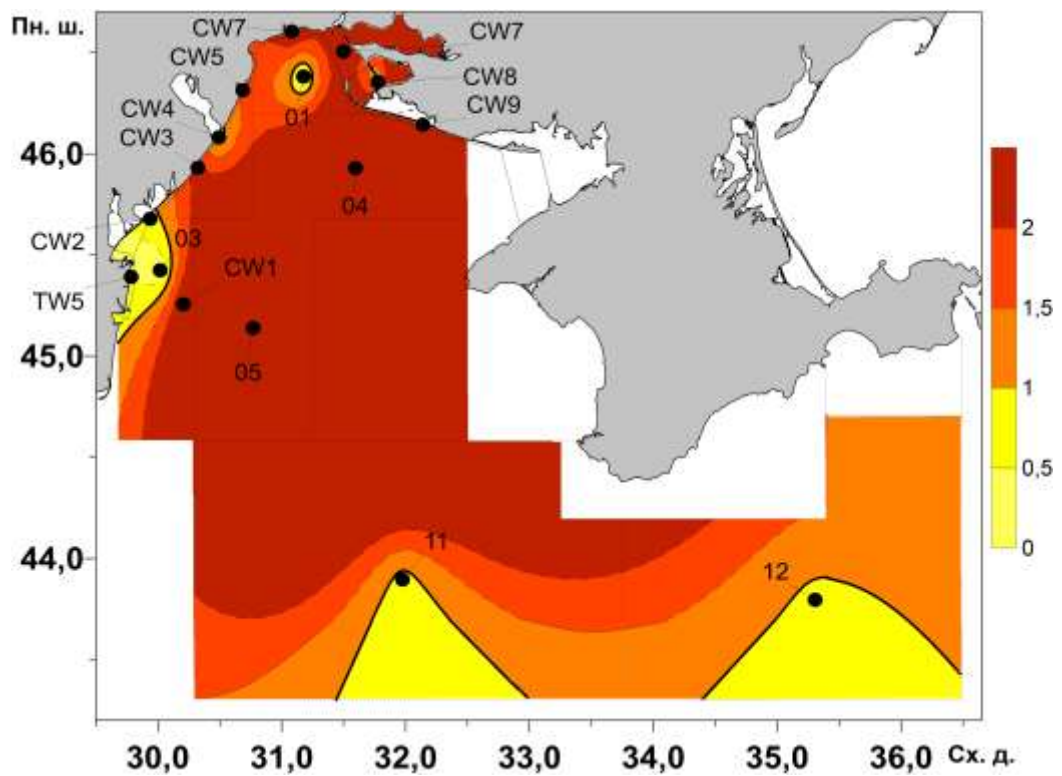


Рисунок 2.12 – Просторовий розподіл відношень середнього значення загального фосфору у весняний період: а) до цільового; б) до ДЕС

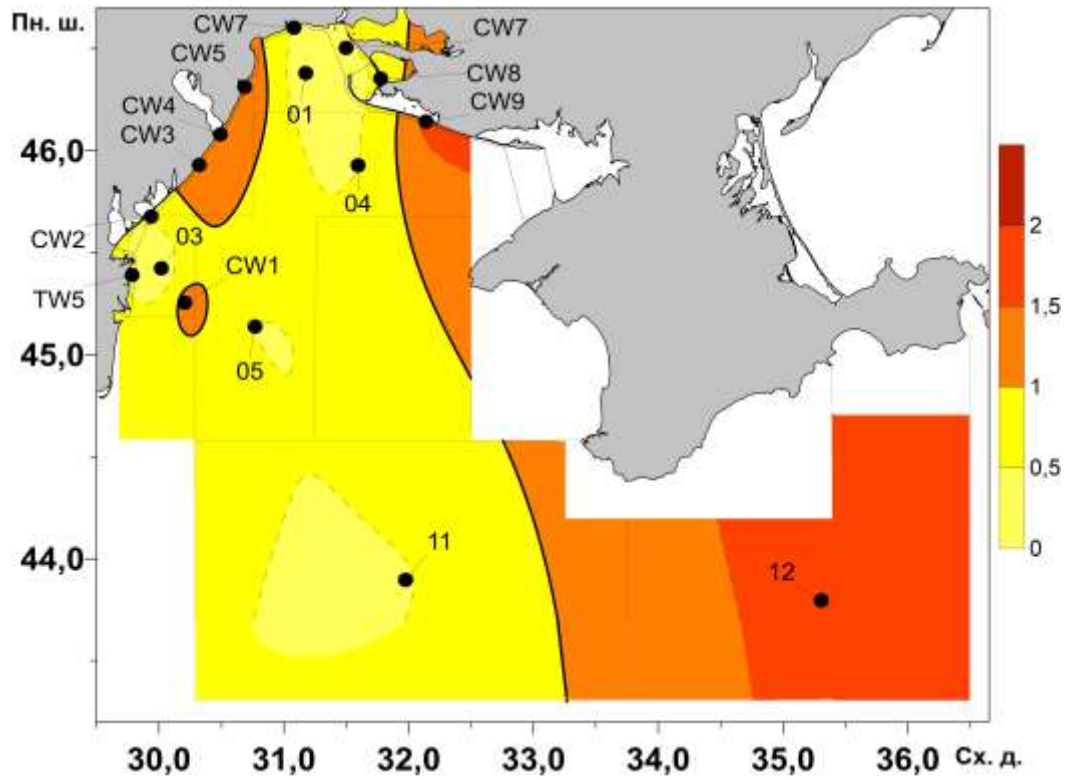


а)

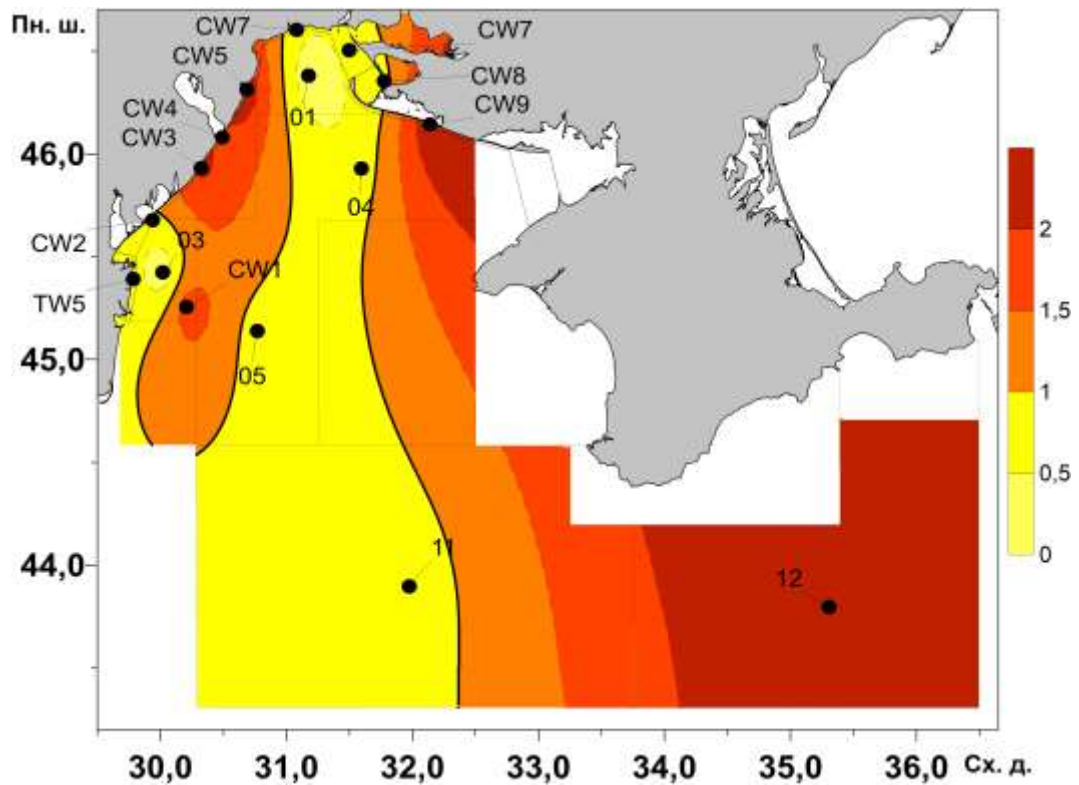


б)

Рисунок 2.13 – Просторовий розподіл відношень середнього значення суми мінеральних форм азоту у літній період: а) до цільового; б) до ДЕС

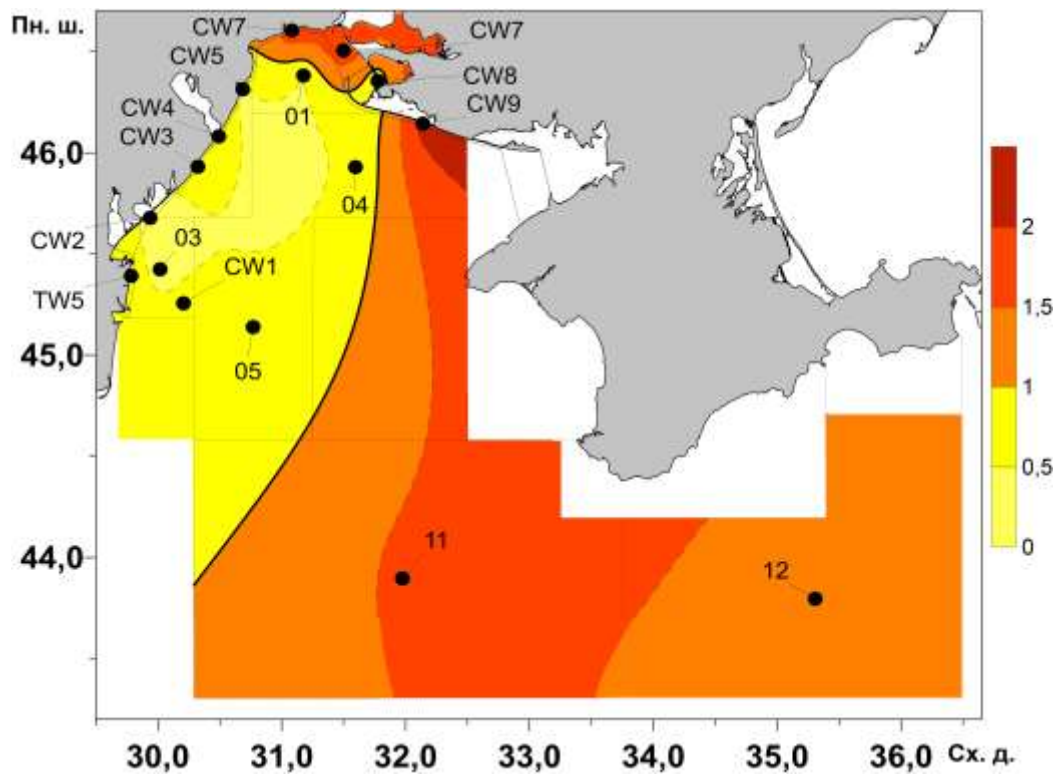


а)

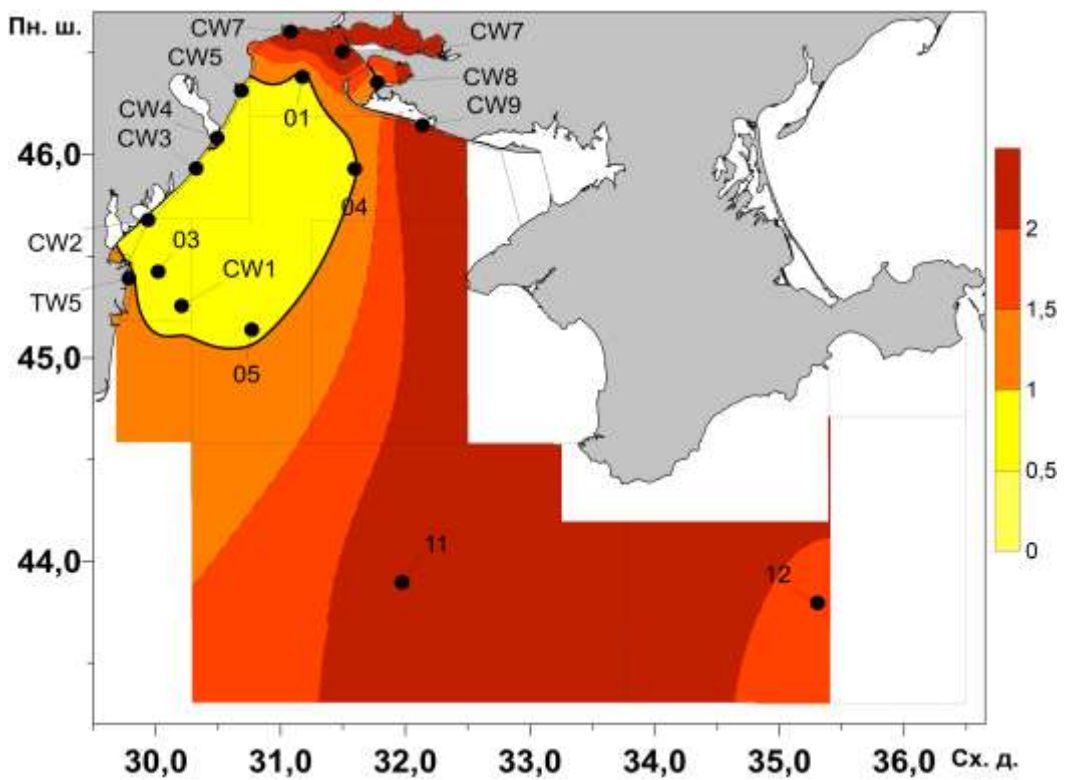


б)

Рисунок 2.14 – Просторовий розподіл відношень середнього значення загального азоту у літній період: а) до цільового; б) до ДЕС

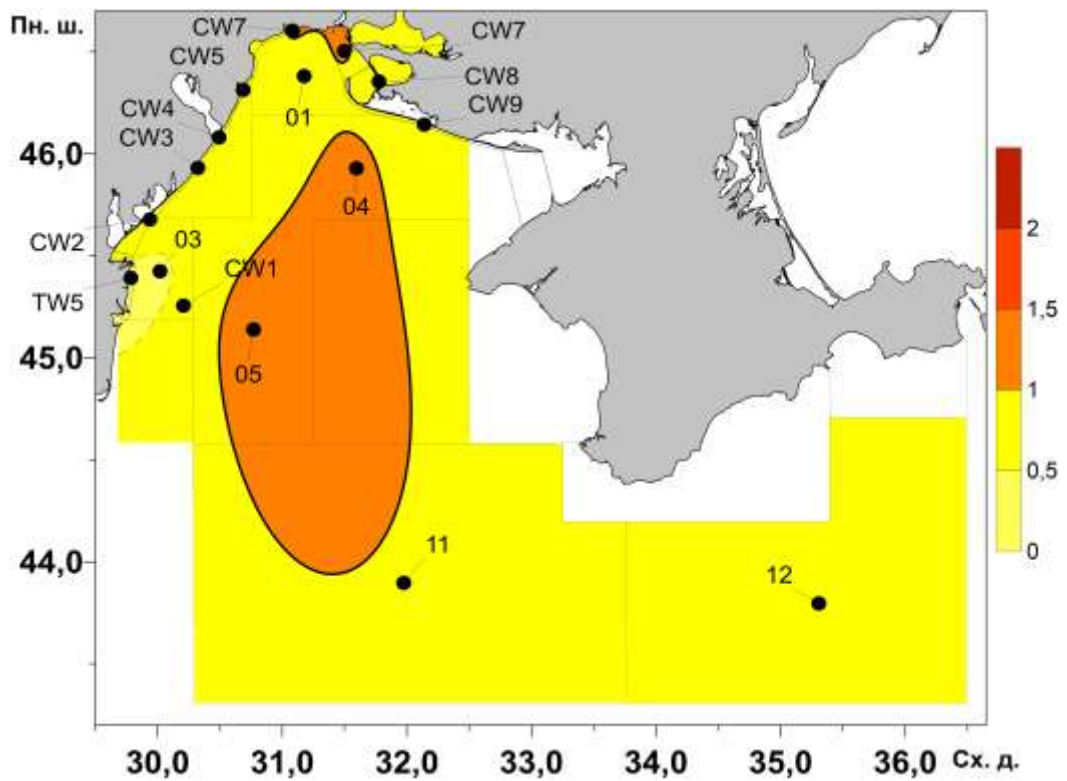


а)

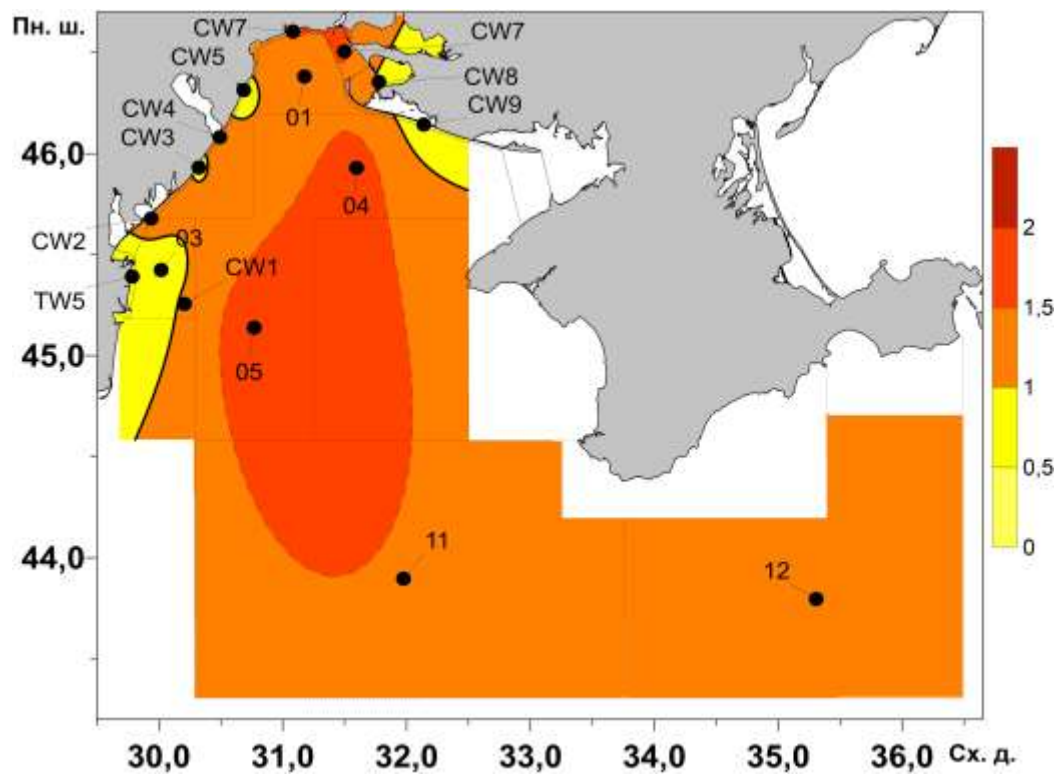


б)

Рисунок 2.15 – Просторовий розподіл відношень середнього значення фосфору фосфатного у літній період: а) до цільового; б) до ДЕС



а)



б)

Рисунок 2.16 – Просторовий розподіл відношень середнього значення загального фосфору у літній період: а) до цільового; б) до ДЕС

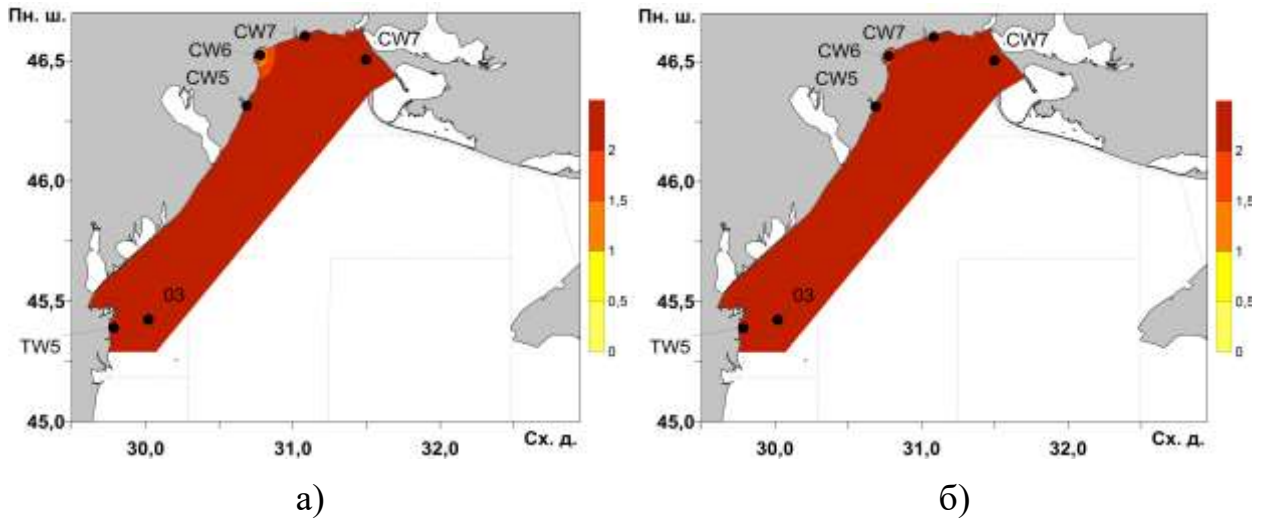


Рисунок 2.17 – Просторовий розподіл відношень середнього значення суми мінеральних форм азоту в осінній період: а) до цільового; б) до ДЕС

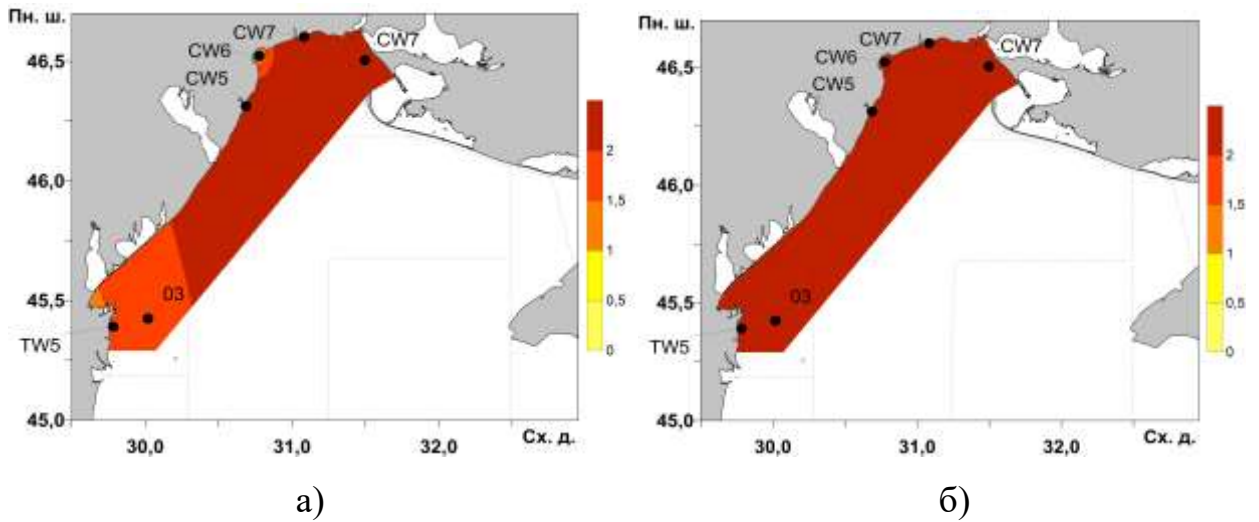


Рисунок 2.18 – Просторовий розподіл відношень середнього значення загального азоту в осінній період: а) до цільового; б) до ДЕС

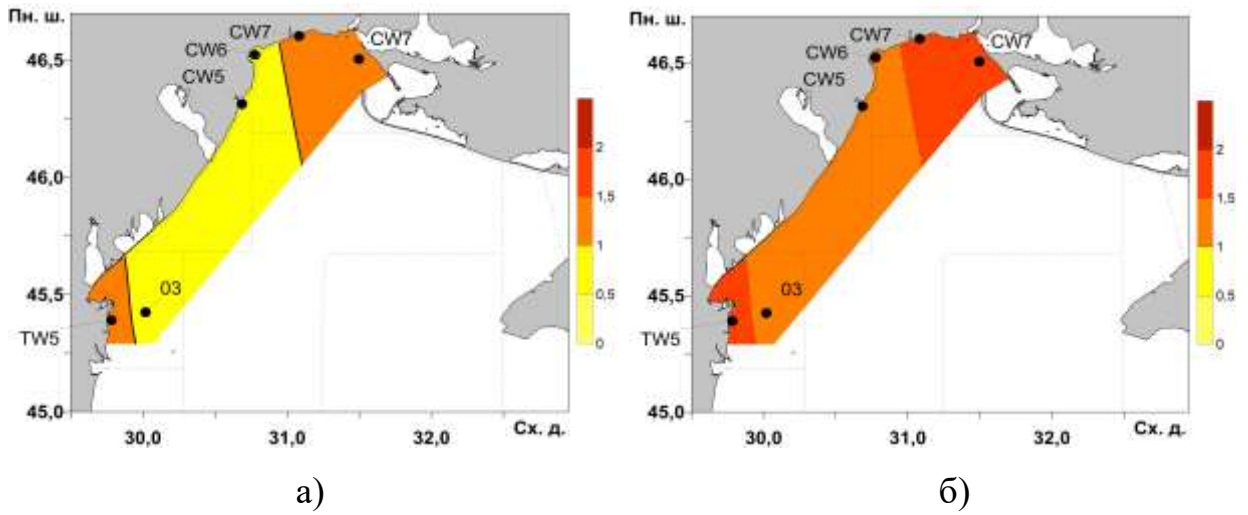


Рисунок 2.19 – Просторовий розподіл відношень середнього значення фосфору фосфатного в осінній період: а) до цільового; б) до ДЕС

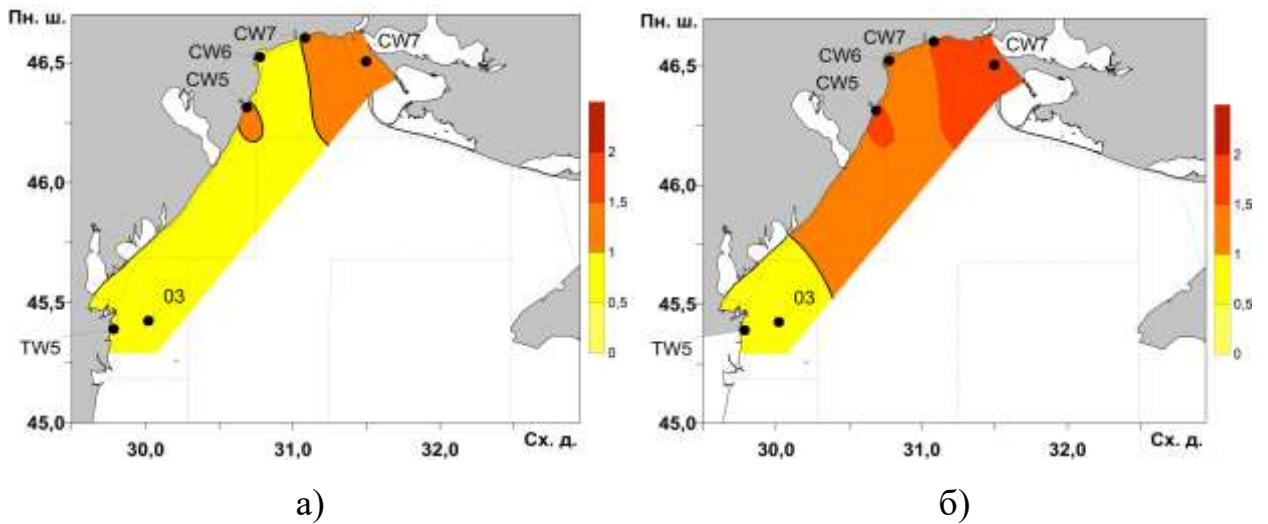


Рисунок 2.20 – Просторовий розподіл відношень середнього значення загального фосфору в осінній період: а) до цільового; б) до ДЕС

Розраховані сезонні статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, та цільові і ДЕС значення (мкг/дм³) по відкритим районам ЧМ та прибережним водним масивам наведені в таблицях 2.9-2.12.

Таблиця 2.9 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, і цільові та ДЕС значення по районах ЧМ у весняний період

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	Середнє	7,12	2,57	12,27	133,57
	Максимум	7,39	3,10	12,88	139,00
	Мінімум	6,96	0,80	11,55	121,00
	СКВ	0,20	0,82	0,48	7,07
	Кіл-сть даних	7	7	7	7
	Цільова	2,84	5	11,9	134,9
	ДЕС	1,89	4,7	9,9	112,4
TW5	Середнє	6,21	0,60	12,00	124,60
	Максимум	7,14	0,80	12,22	128,00
	Мінімум	5,59	0,40	11,42	118,00
	СКВ	0,65	0,19	0,33	3,91
	Кіл-сть даних	5	5	5	5
	Цільова	3,31	1,6	11,3	136,2
	ДЕС	2,21	2	9,4	113,5
CW4	Середнє	10,59		8,07	99,80
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1		1	1
	Цільова	2,7	4,1	7,1	90,5
	ДЕС	1,8	5,1	8,9	113,1
CW5	Середнє	8,20		9,54	107,68
	Максимум	25,68		12,42	157,00
	Мінімум	1,06		6,93	89,00
	СКВ	8,06		1,48	13,59
	Кіл-сть даних	26		26	26
	Цільова	2,48	4,3	10,1	91,4
	ДЕС	1,65	5,4	8,4	114,2
CW7	Середнє	4,43		14,52	187,00
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1		1	1
	Цільова	3,18	3,5	10,4	126
	ДЕС	2,12	4,4	8,7	105

Таблиця 2.10 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, та цільові і ДЕС значення у літній період по відкритих районах ЧМ

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	Середнє	1,94			
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1			
	Цільова	1,64	5	6,7	85,7
	ДЕС	1,09	6,3	8,4	107,1
Дніпровський	Середнє	2,02		5,73	84,00
	Максимум	2,04			
	Мінімум	1,99			
	СКВ	0,04			
	Кіл-сть даних	2		1	1
	Цільова	1,24	6,6	6,6	82,8
	ДЕС	0,83	8,3	8,2	103,5
Змішування	Середнє	0,75	11,10	5,70	73,37
	Максимум	0,93	12,00	5,80	85,00
	Мінімум	0,41	10,20	5,57	66,00
	СКВ	0,29	1,27	0,12	10,19
	Кіл-сть даних	3	2	3	3
	Цільова	0,67	9,3	6,6	83,7
	ДЕС	0,45	11,6	8,2	104,6
Зах. Глибоководна частина ЧМ	Середнє	0,54	10,38	5,69	89,75
	Максимум	0,62	13,50	5,75	96,00
	Мінімум	0,50	7,00	5,66	82,00
	СКВ	0,06	3,35	0,04	6,45
	Кіл-сть даних	4	4	4	4
	Цільова	0,23	12,3	6,5	83,8
	ДЕС	0,15	15,7	8,1	104,8
Схід. Глибоководна частина ЧМ	Середнє	0,70	10,00	5,69	86,50
	Максимум	0,87	10,00	5,70	88,00
	Мінімум	0,52	10,00	5,68	85,00
	СКВ	0,25	0,00	0,01	2,12
	Кіл-сть даних	2	2	2	2
	Цільова	0,24	13	6,4	82,4
	ДЕС	0,16	16,2	8	103

Таблиця 2.11 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, та цільові і ДЕС значення у літній період по прибережних водних масивам ЧМ

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
CW1	Середнє	0,8	13	7,08	86
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1		1	1
	Цільова	1,64	5	6,7	85,7
	ДЕС	1,09	6,3	8,4	107,1
TW5	Середнє	8,66	1,67	6,82	82,00
	Максимум	9,86	2,50	7,71	93,00
	Мінімум	6,25	1,20	5,72	69,00
	СКВ	2,08	0,72	1,01	12,12
	Кіл-сть даних	3	3	3	3
	Цільова	1,91	2,1	6,4	86,5
	ДЕС	1,27	2,7	8	108,1
CW2	Середнє	3,35		7,26	87,00
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1		1	1
	Цільова	1,64	3,8	6,6	88,5
	ДЕС	1,09	4,8	8,2	110,6
CW3	Середнє	3,43	4,20	7,19	86,00
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1	1	1	1
	Цільова	1,54	5,4	5,9	86,1
	ДЕС	1,03	6,8	7,4	107,6
CW4	Середнє	5,81	2,50	6,89	82,69
	Максимум	8,68		7,65	92,38
	Мінімум	2,93		6,12	73,00
	СКВ	4,07		1,08	13,71
	Кіл-сть даних	2	1	2	2
	Цільова	1,68	5,1	6,2	86,4
	ДЕС	1,12	6,3	7,7	108
CW5	Середнє	6,45		8,30	97,08
	Максимум	21,91		11,26	138,00
	Мінімум	2,13		6,58	56,00
	СКВ	5,99		1,08	18,15
	Кіл-сть даних	26		26	26
	Цільова	1,54	5,4	8,8	87,2
	ДЕС	1,03	6,8	7,3	109
CW7	Середнє	22,22	1,50	8,38	99,00
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1	1	1	1
	Цільова	2,33	5,2	9,1	81,8
	ДЕС	1,56	6,5	7,6	102,3

Кінець таблиці 2.11

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	О ₂ (мг/дм ³)	О ₂ (%)
CW8	Середнє	13,11	5,00	6,23	74,00
	Максимум	17,67			
	Мінімум	8,55			
	СКВ	6,45			
	Кіл-сть даних	2	1	1	1
	Цільова	2,49	4,5	5,7	77,2
	ДЕС	1,66	5,6	7,1	96,5
CW9	Середнє	3,65		5,57	66,00
	Максимум				
	Мінімум				
	СКВ				
	Кіл-сть даних	1		1	1
	Цільова	1,08	5,3	6,9	85,7
	ДЕС	0,72	6,7	8,6	107,1

Таблиця 2.12 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, та цільові і ДЕС значення по районах ЧМ у осінній період

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	О ₂ (мг/дм ³)	О ₂ (%)
Дунайський	Середнє	6,32	3,14	8,42	92,14
	Максимум	9,58	5,00	10,45	112,00
	Мінімум	2,59	1,50	7,16	78,00
	СКВ	2,60	1,41	1,02	10,30
	Кіл-сть даних	7	7	7	7
	Цільова	1,42	5,7	7,4	76,8
	ДЕС	0,94	7,1	9,2	96
TW5	Середнє	2,66	1,70	9,92	103,00
	Максимум	2,66	3,00	12,18	128,00
	Мінімум	2,66	1,00	7,69	82,00
	СКВ	0,00	0,97	2,08	21,77
	Кіл-сть даних	5	5	5	5
	Цільова	1,65	2,4	10,4	116,3
	ДЕС	1,1	3	8,7	96,9
CW5	Середнє	6,42		9,29	91,28
	Максимум	14,48		10,68	106,00
	Мінімум	2,27		8,00	78,00
	СКВ	4,05		0,90	8,06
	Кіл-сть даних	12		18	18
	Цільова	1,40	5,8	9,6	77,7
	ДЕС	0,94	7,2	8	97,1
CW6	Середнє	3,83		8,15	82,48
	Максимум	3,93		8,50	86,10
	Мінімум	3,64		7,63	76,61
	СКВ	0,17		0,46	5,12
	Кіл-сть даних	3		3	3
	Цільова	1,69	5,9	7,2	74,4
	ДЕС	1,13	7,4	9	93

Кінець таблиці 2.12

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм ³)	Прозорість (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
CW7	Середнє	4,37		7,53	75,95
	Максимум	5,13		8,09	82,64
	Мінімум	3,99		6,76	67,61
	СКВ	0,66		0,69	7,65
	Кіл-сть даних	3		3	3
	Цільова	2,11	5,5	7	74,9
	ДЕС	1,41	6,9	8,8	93,6

За даними визначених середніх сезонних показників евтрофікації та оцінки прямих ефектів стосовно хлорофілу-а та прозорості вод у всіх районах середні значення хлорофілу-а перевищували цільові значення, окрім району о. Зміїний (CW1), а середні значення прозорості вод були значно меншими за цільові, але деякі екстремальні значення перевищували цільові.

Результати статистичного аналізу середніх сезонних значень вмісту розчиненого кисню показали, що в цілому середні його значення перевищують рівні цільових значень і відповідають відносно добрим показникам, але мінімуми були менш цільових значень і ДЕС. В весняний період максимальний відносний вміст кисню в Дунайському та прибережному водному масиві CW7 значно перевищував цільові і ДЕС значення і відносний вміст кисню був на рівні 139 % – 187 % насиченості. Це вказує на підвищений рівень розвитку фітопланктону в цей період і можливого цвітіння води. Так в червні в період підвищеної температури води спостерігалось цвітіння води в Одеському регіоні і в Одеській затоці за рахунок інтенсивного розвитку переважно синьо-зеленої мікроводорості *Nodularia spumigena*. В результаті процесів евтрофікації і масового цвітіння мікроводоростей і розвитку в придонному шарі гіпоксійно-аноксійних умов в кінці червня в Дніпро-Бузькому лимані спостерігався замор та загибель риби.

Слід визначити, що води практично в усіх водних масивах в межах виключної морської економічної зони України не відповідають ДЕС.

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) [22]-[32], який є інтегральним показником, пов'язаним з характеристиками первинної продукції фітопланктону і з харчовими факторами (концентрацією поживних БР). В розрахункову формулу індексу 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 індексу 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 індексом TRIХ різних районів моря і Світового океану [29], [30], [32].

TRIХ розраховується за формулою:

$$TRIХ = [\log(Ch \cdot D\%O \cdot N_M \cdot P_3) + 1,5] / 1,2, \quad (1)$$

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_z – концентрація загального фосфору, мкг/дм³.

Оцінка можливості застосування індексу TRIХ для ПЗЧМ, на підставі порівняльного аналізу діапазонів коливань показників ПЗЧМ і прийнятих в розрахунковій формулі, була виконана в [22]-[28], [31].

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

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

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

В червні і жовтні 2019 р. трофність прибережних вод Одеського регіону, згідно категорій індексу TRIХ, відповідала по районах «середньому», «високому» і дуже високому» рівню. Значення індексу в червні знаходились в діапазоні від 4,3 до 6,9 і в жовтні від 4,5 до 7,1, при середньому по району досліджень в червні 5,8 і в жовтні 5,5, відображено на рисунку 3.1.

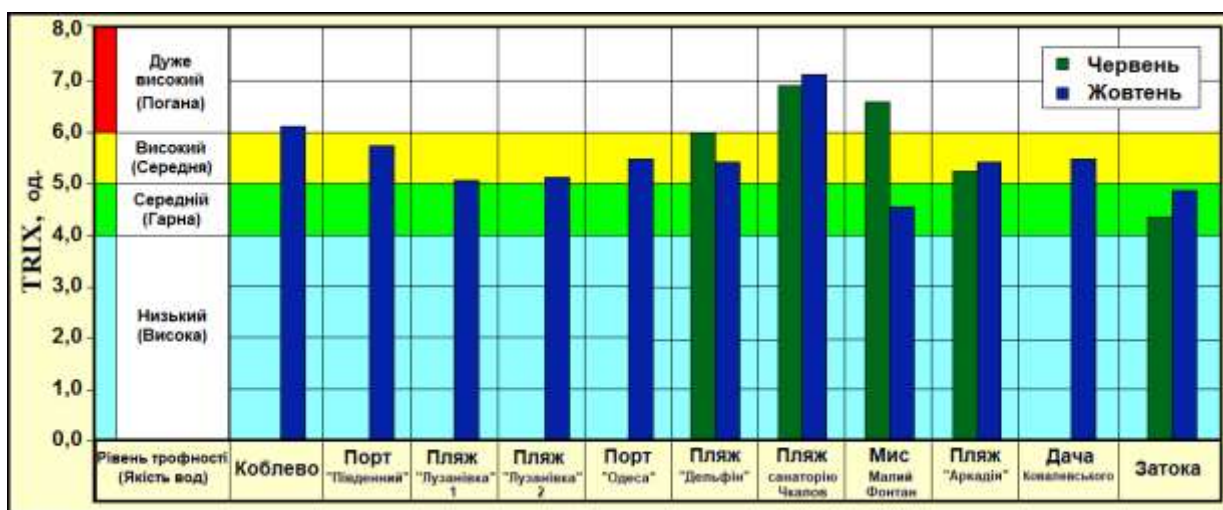


Рисунок 3.1 – Значення індексу трофності TRIХ прибережних вод Одеського регіону в червні і вересні 2019 р.

Середній рівень трофності, по регіону досліджень у 2019 р. відносно минулого року у цей період, був трохи вищим. Як в червні так і в жовтні рівень трофності вод «дуже високий» відмічався в районі пляжу санаторію «Чкалова» за рахунок постійного навантаження дренажних вод з високим вмістом нітратного азоту, концентрації якого знаходились на рівні від

553 мкг/дм³ до аномально високого 11531 мкг/дм³, а також в районі мису Малий Фонтан. Підвищені значення в червні і жовтні індексу трофності відзначались і в районі Коблево, акваторій портів «Південний» та «Одеса», пляжів «Дельфін» та «Аркадія», а також дачі Ковалевського, де це пов'язано з впливом стоку вод в цьому районі з СБО «Південна».

За даними регулярних спостережень прибережних вод Одеського регіону в річному ході індексу трофності TRIХ максимум з середнім місячним значенням 5,56 визначався у 2019 р. в червні, а мінімум з середнім місячним значенням 3,92 – в березні, що наведено на рисунку 3.2.

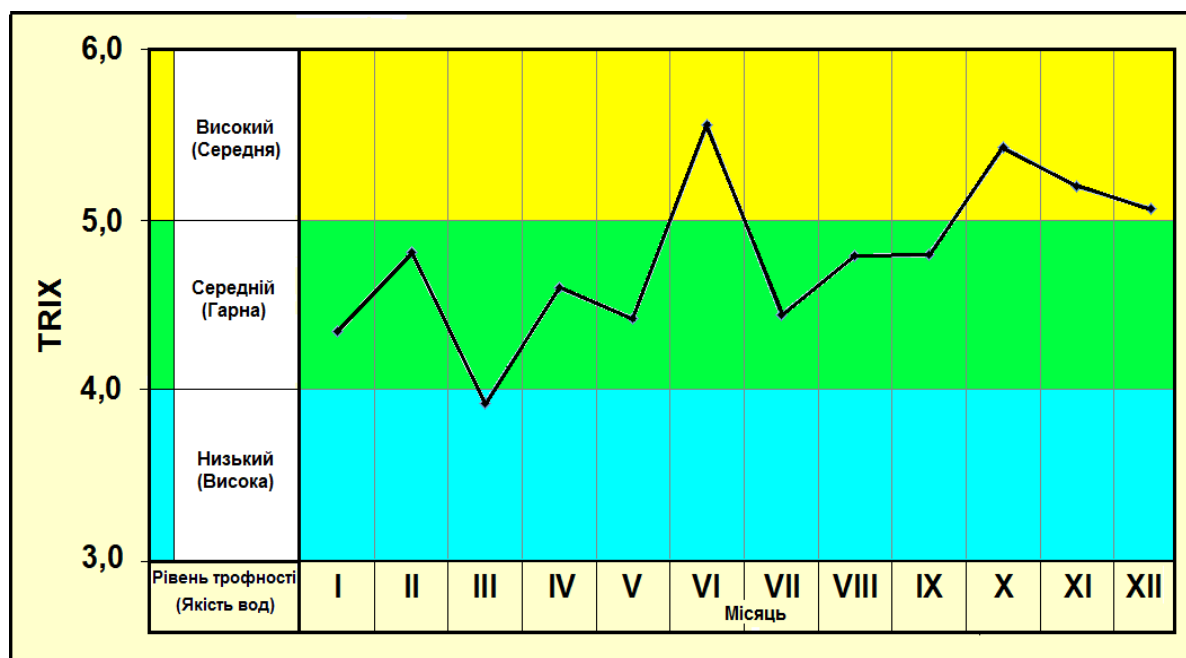


Рисунок 3.2 – Річний хід середніх місячних значень індексу трофності TRIХ прибережних вод Одеського регіону у 2019 р.

Тобто трофність прибережних вод в річному циклі, згідно категорії індексу TRIХ відповідала переважно «середньому» рівню, а якість вод класифікувалась в зоні рекреації як «гарна» в районі мису Малий Фонтан та пляжу «Аркадія». В 2019 р. індекс TRIХ склав 4,78 і відносно минулого року (4,94) був трохи нижче.

Дані регулярного екологічного моніторингу прибережних вод Одеського регіону, який виконується УкрНЦЕМ в зоні рекреації з початку ХХІ 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 ТRIX. В період 2000-2019 рр. за чисельними значеннями індексу ТRIX тенденція до зниження трофності вод складала - 0,51 у рік. Якщо на початку сторіччя значення індексу ТRIX перевищували 6,0 і стан трофності вод відповідав «дуже високому» рівню то у останні п'ять років значення індексу ТRIX не перевищували 5,0 і стан вод відповідав «середньому» рівню трофності, відображено на рисунку 3.3.

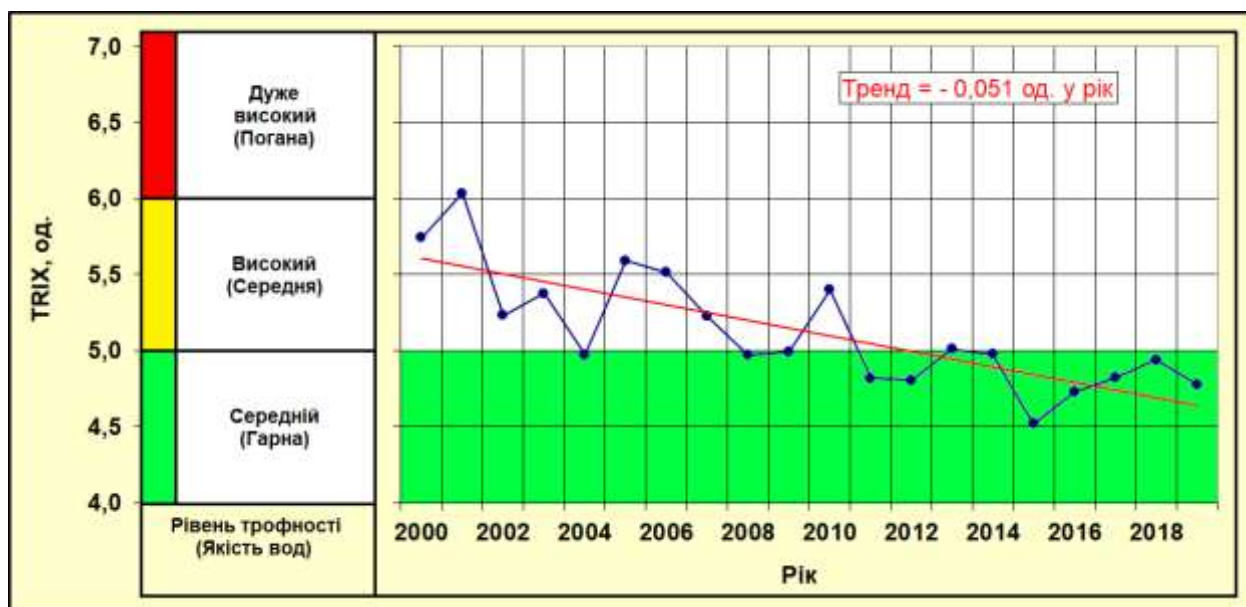


Рисунок 3.3 – Багаторічна мінливість трофності і якості прибережних вод Одеського регіону ПЗШ ЧМ за показником індексу ТRIX

Трофність вод Дунайського узмор'я в травні і листопаді 2019 р., за показником індексу TRIХ, відповідала переважно «дуже високому» і «високому» рівню трофності. Просторовий розподіл значень індексу TRIХ вказує на зниження ступеню трофності вод на Дунайському узмор'ї при віддаленні від устя, відображено на рисунку 3.4.

В середньому по району досліджень значення індексу TRIХ склали 6,68 в травні і 6,15 в листопаді, що відповідає «дуже високому» рівню.

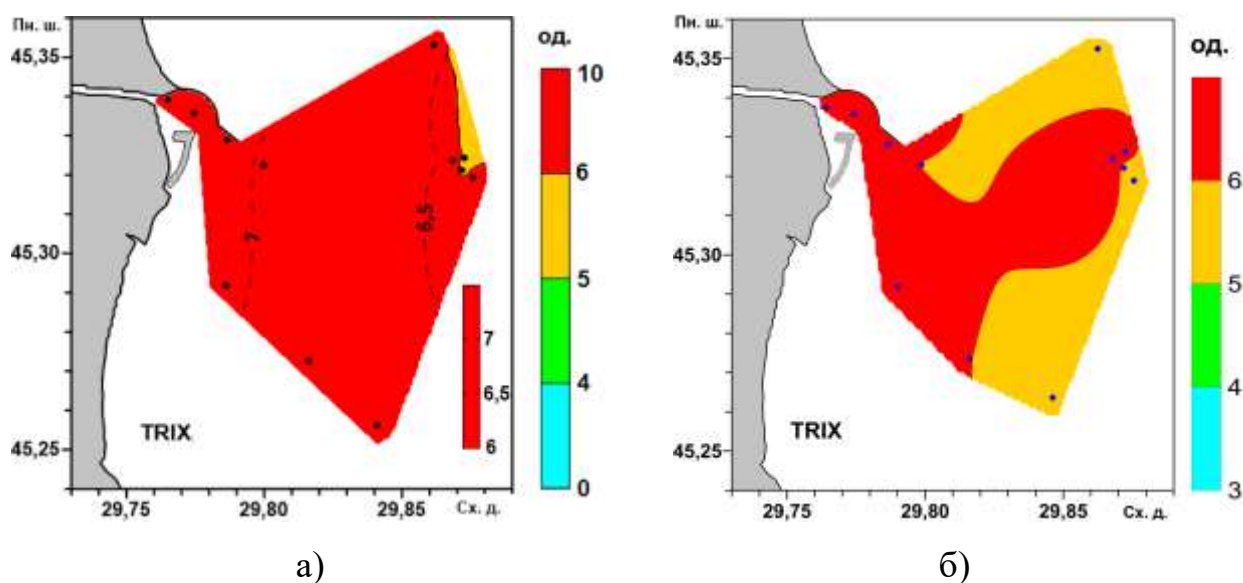


Рисунок 3.4 – Просторовий розподіл значень індексу TRIХ на Дунайському узмор'ї в а) травні і б) листопаді 2019 р.

За даними багаторічних спостережень 2009-2019 рр. середні значення індексу TRIХ, в цей період змінювались в діапазоні від 5,0 до 7,3. Зниження трофності вод на дунайському узмор'ї в середньому по району досліджень з «дуже високого» до «високого» рівня було визначено тільки в листопаді 2016 р. та листопаді 2017 р., а в листопаді 2018 р. відзначалось зниження трофності вод з «високого» до майже «середнього» рівня, що відображено на рисунку 3.5. В середньому за період досліджень індекс TRIХ складає 6,4.

Просторовий розподіл показника трофності вод індексу *TRIX* на ПЗЧМ, розрахованих за даними супутникових спостережень вмісту хлорофілу-а в літній сезон 2019 р., також вказує на вплив річкового стоку на формування стану трофності та якості морських вод (рисунок 3.7).

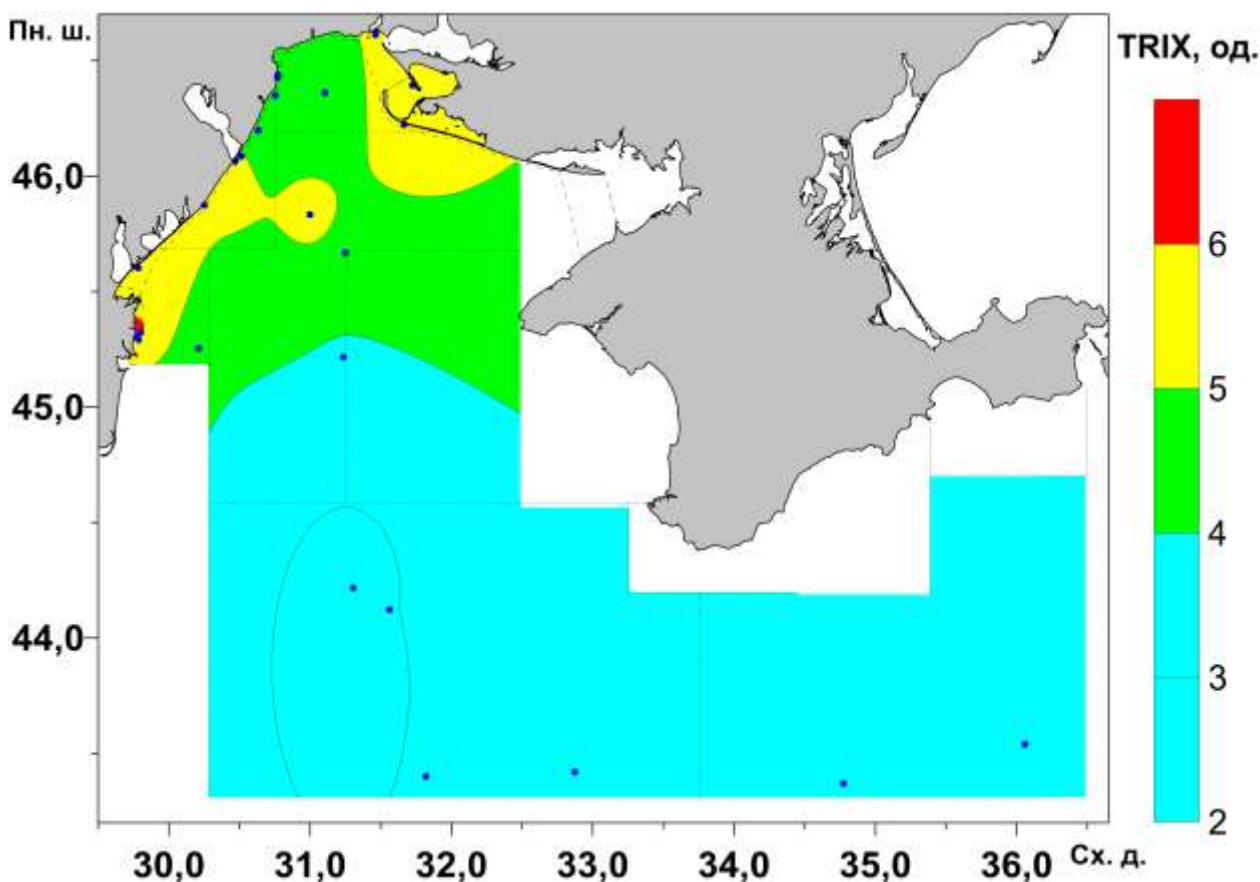


Рисунок 3.7 – Просторовий розподіл значень індексу *TRIX* на ПЗЧМ в липні-вересні 2019 р.

Середньорічний просторовий розподіл показника трофності вод індексу *TRIX* на ПЗЧМ узагальнює сезонні (рисунок 3.8). За категоріями індексу *TRIX* «низьким» рівнем трофності характеризуються східна та західна частини глибоководної ділянки Чорного моря, «низьким» та «середнім» рівнями трофності – центральний район та південна частина району змішування. Дністровський, Дніпробузький райони та північна частина району змішування відповідають «середньому» та «високому» рівням трофності, а Дунайський – «високому» та «дуже високому».

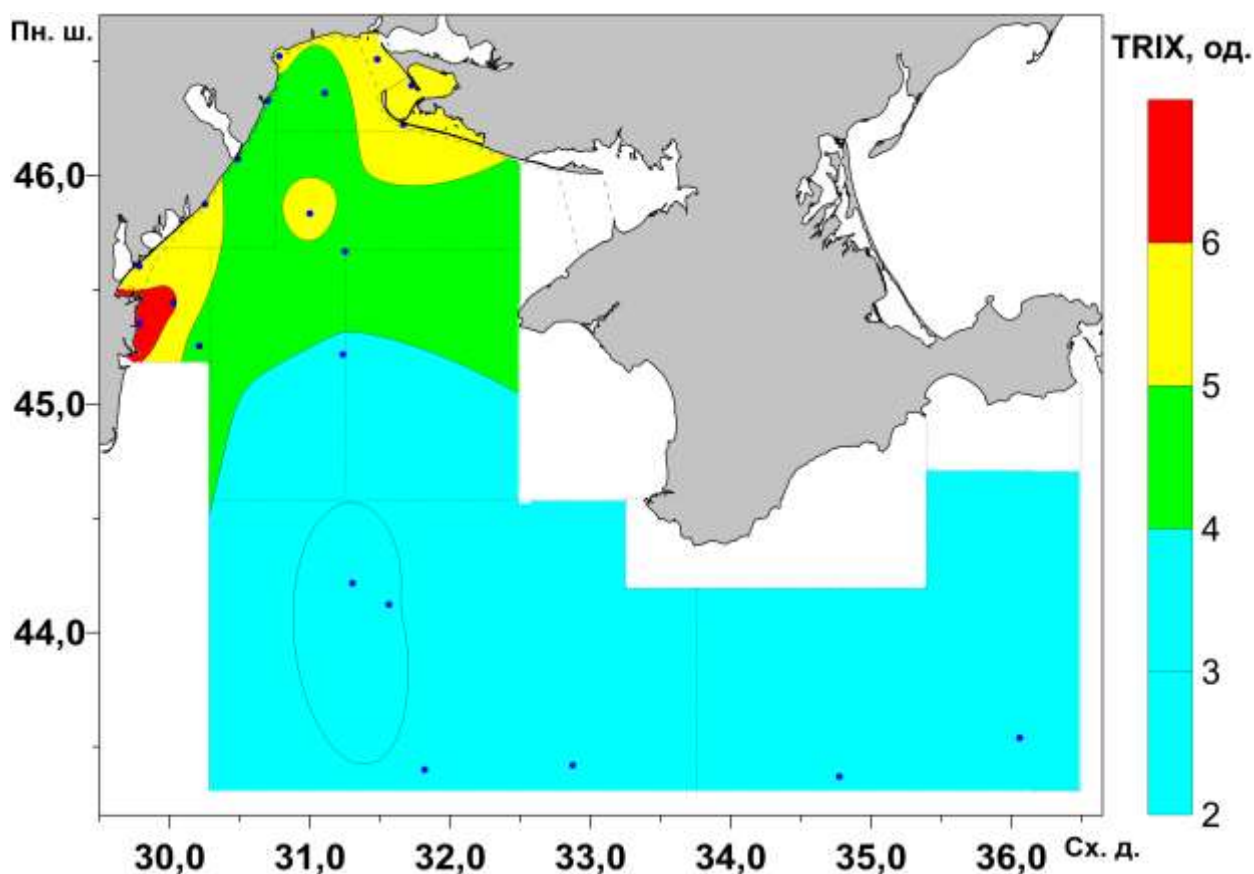


Рисунок 3.8 – Середньорічний просторовий розподіл значень індексу TRIX на ПЗЧМ 2019 р.

В цілому у просторовому розподілу трофність вод на ПЗЧМ зменшується по мірі віддалення від впливу стоку річок і в першу чергу Дунаю.

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) [33]-[34] 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 визначаються за даними фонових величин, які були раніше до періоду евтрофікації (позначаються в методиці як RefCon і відповідають ДЕС) 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:

- неорганічний фосфор і азот;
- хлорофіл, біомаса фітопланктону, прозорість вод, завислі речовини;
- розчинений кисень, придонні безхребетні тварини.

Набір індикаторів може змінюватись залежно від їх визначення, зменшуватись, або збільшуватись від кількості їх визначення. В даній роботі використовувались наступні індикатори, які регулярно визначались в прибережних водах Одеського регіону :

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

Розрахунки показника EQR виконуються для кожного індикатору згідно співвідношення AcStat/Target і далі осереднюються в кожній групі

індикаторів при рівнозначному вкладі, або з урахуванням прийнятої дольової частки, яка задається від 25 % до 75 %, при сумі всіх індикаторів в групі 100 %. В даній роботі в групі неорганічного фосфору і азоту дольова частка цих індикаторів була прийнята 70 % и 30 %, відповідно.

Остаточна оцінка якості і трофності вод відповідає найбільшому значенню визначених середніх EQR трьох груп індикаторів. Оцінка якості вод щодо їх трофності підрозділяється на п'ять класів залежно від EQR:

- High (високий) при $EQR \leq 0,5$;
- Good (добрий) при $0,5 < EQR \leq 1,0$;
- Moderate (помірний) при $1,0 < EQR \leq 1,5$;
- Poor (поганий) при $1,0 < EQR \leq 2,0$;
- Bad (дуже поганий) при $EQR > 2,0$.

3.4 Оцінка евтрофікації і якості шельфових вод України за методикою BEAST

Оцінки стану якості морського середовища в літній період показали, що найбільш евтрофованими були води Дніпробузького, Дністровського районів та району Змішування і відповідали «дуже поганому» стану при середніх значеннях показника EQR 3,57 од., 2,17 од. та 2,25 од. відповідно. Прибережні води з низьким статусом охоплювали всю північну частину ПЗЧМ від Тендровської коси до Затоки, відмічається значний вплив стоку вод Дніпробузького та Дністровського лиманів. Стан якості вод Дунайського узмор'я при середньому значенні показника EQR 1,71 од. відповідав «поганому» стану. Проте, слід зазначити, що прибережна частина Дунайського та Дністровського регіонів (водних масивів TW5, CW2 та CW3) відповідала «помірному» стану якості вод при середньому значенні показника EQR 1,1 од. Низький статус в літній період визначався і в

глибоководних районах східної і західної частини ЧМ. «Помірний» стан відзначався на невеликій ділянці Центрального району та західної Глибоководної частини ЧМ при середньому значенні показника EQR 1,23 од. (рисунок 3.9).

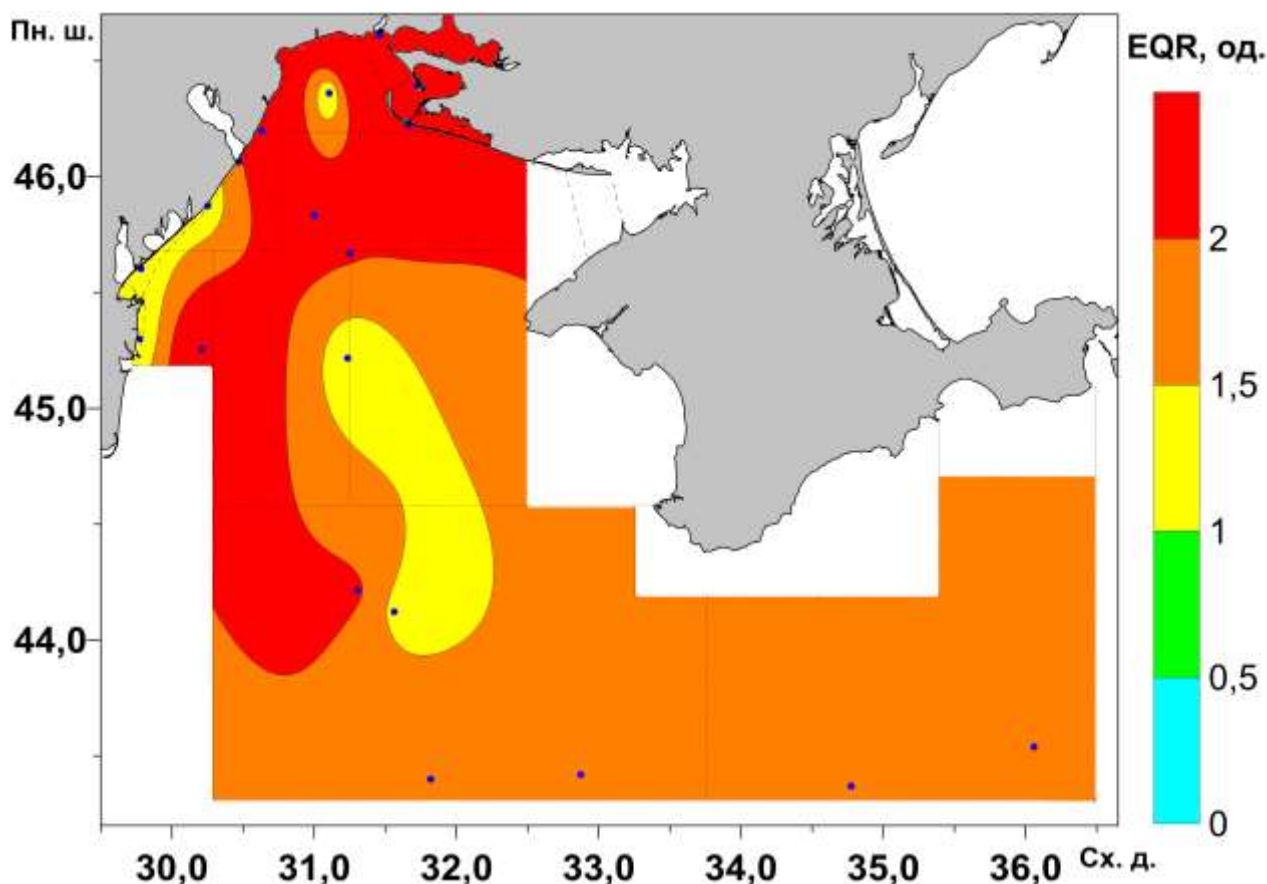


Рисунок 3.9 – Просторовий розподіл за показником EQR стану якості вод ПЗЧМ в літній період 2019 р.

За даними спостережень в Одеському регіоні ПЗШ ЧМ в жовтні 2019 р. і оцінок виконаних на підставі методики BEAST слід відзначити, що в цілому значення показника якості вод EQR відповідали «дуже поганому» та «поганому» станам при середньому значенні 2,15 од. «Помірний» стан якості вод спостерігався в акваторіях пляжу «Дача Ковалевського» та порту Одеса, зі значеннями EQR 1,31 од. та 1,27 од. відповідно (рисунок 3.10).

Загальний просторовий розподіл за показником якості вод EQR в Одеському регіоні в жовтні 2019 р. представлений на рисунку 3.11. Середні значення показника якості вод EQR прибережних районів Одеського регіону

водних масивів CW5, CW6 та CW7 відповідали низькому статусу вод та склали 2,48 од., 1,71 од. та 1,95 од. відповідно.

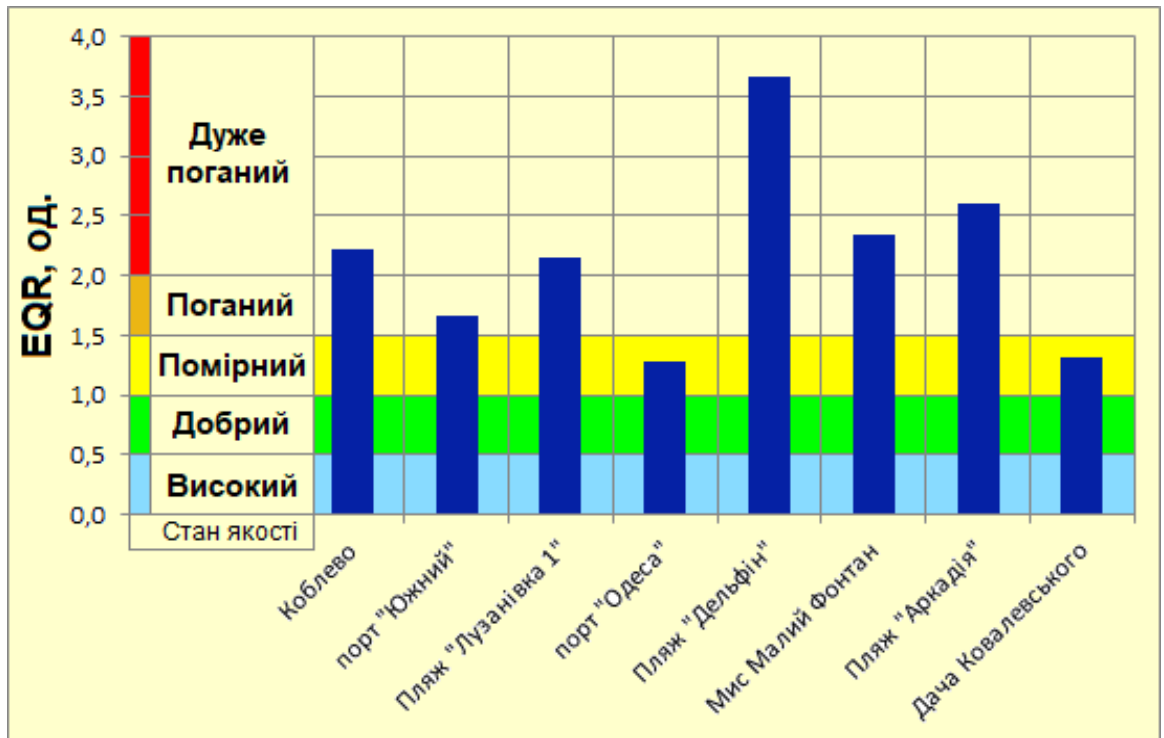


Рисунок 3.10 – Стан якості прибережних вод Одеського регіону в жовтні 2019 р. визначений за методикою BEAST

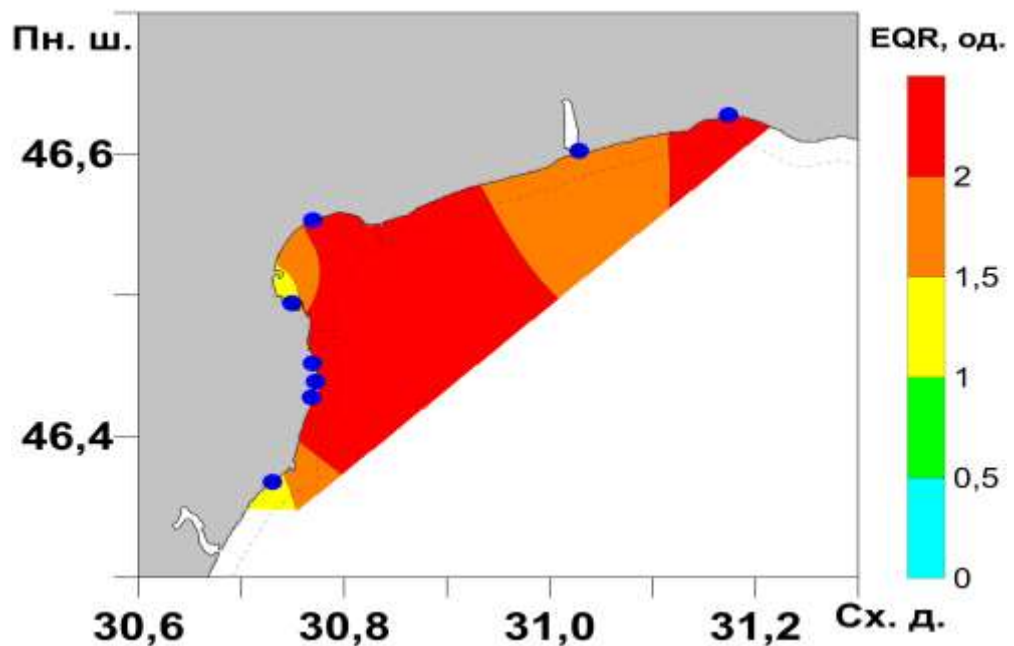


Рисунок 3.11 – Просторовий розподіл за показником EQR стану якості вод Одеського регіону в жовтні 2019 р.

Середньорічний просторовий розподіл за показником EQR стану якості вод ПЗЧМ, що зображений на рисунку 3.12, вказує на значну евтрофованість вод Дунайського узмор'я та прилеглої морської акваторії Дніпробузького лиману. «Дуже поганому» стану також відповідає північ району Змішування (при середньому значенні показника EQR 3,28 од.), на відміну від його півдня, котрий відповідає «помірному» стану (при середньому значенні показника EQR 1,1 од.). Глибоководні райони східної і західної частини ЧМ, а також частково Центральний район відповідали «поганому» стану. «Добрим» станом характеризується лише акваторія о. Зміїний (район CW1) та прибережна частина півдня Дністровського району (водний масив CW2).

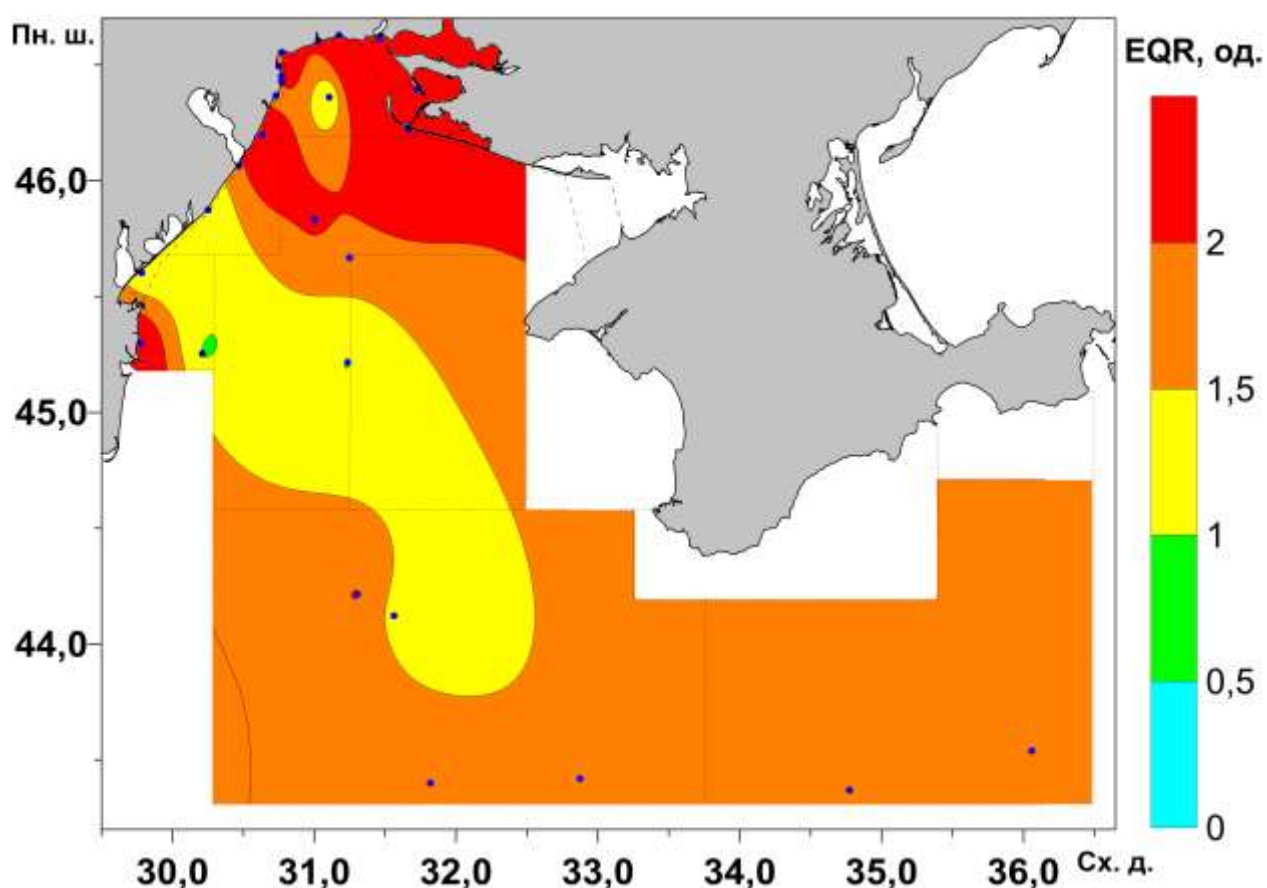


Рисунок 3.12 – Середньорічний просторовий розподіл за показником EQR стану якості вод ПЗЧМ в 2019 р.

ВИСНОВКИ

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

Результати виконаної оцінки вмісту поживних речовин показали, що в деяких районах (Дунайський, Дніпро-бузький, Змішування, глибоководної частини ЧМ та в прибережних водних масивах CW4, CW5, CW6) середні річні значення фосфору фосфатного, фосфору загального, азоту нітритного та азоту амонійного складають менше цільових значень, а в деяких випадках навіть менше ДЕС. Однак визначити, що в цих районах є добрий екологічний стан неможливо, тому що максимальні значення цих речовин значно перевищують цільові і ДЕС показники, а в деяких випадках майже на цілий порядок. У зв'язку з цим виникають випадки значного погіршення екологічного стану цих районів.

В червні 2019 р. в період підвищеної температури води спостерігалось цвітіння води в Одеському регіоні і в Одеській затоці за рахунок інтенсивного розвитку переважно синьо-зеленої мікроводорості *Nodularia spumigena*. В результаті процесів евтрофікації і масового цвітіння мікроводоростей і розвитку в придонному шарі гіпоксійно-аноксійних умов в кінці червня в Дніпро-Бузькому лимані спостерігався замор та загибель риби.

За даними максимальних значень вмісту поживних речовин слід визначити, що води практично в усіх водних масивах в межах виключної морської економічної зони України не відповідають ДЕС.

Потрібно подальше зменшення біогенного навантаження на морське середовище в складі річкового стоку та прибережних антропогенних джерел.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР [Текст] / Под ред. А.И. Симонова, А.И. Рябина, Д.Е. Гершановича. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1992. – Т. IV, Вып. 2. – 220 с.
2. Зайцев Ю. П. Самое синее в мире [Текст] / Ю. П. Зайцев. – Нью-Йорк : ООН, 1998. – 142 с.
3. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР [Текст] / Под ред. А.И. Симонова, Э.Н. Альтмана – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1991. – Т. IV, Вып. 1. – 430 с.
4. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 [Text] // Official Journal of the European Union, 25.6.2008. P. 19-40.
5. 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 standardised methods for monitoring and assessment, and repealing Decision 2010/477/EU [Text] // Official Journal of the European Union 18.5.2017. – P. 43-74.
6. Гончаров О. Ю. Умови формування первинної продукції в водоймах північно-західного Причорномор'я: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.17 «Гідробиологія» / Гончаров Олександр Юрійович ; НАН України, Інститут біології південних морів ім. О. О. Ковалевськогою. – Севастополь, 2006. – 21 с.
7. Алмазов А. М. Гидрохимия устьевых областей рек (Северное Причерноморье) [Текст] / А. М. Алмазов. – Киев: АН УССР, 1962. – 255 с.
8. Гаркавая Г. П. Многолетние изменения содержания биогенных веществ в стоке реки Днестр [Текст] / Г. П. Гаркавая, Н. А. Берлинский, Ю. И. Богатова, В. Н. Большаков, А. Ю. Гончаров // Причерноморский Экологический Бюллетень. – Одесса, 2005. – № 3-4 (17-18). – С. 91–105.

9. Garkavaya G. P. Long-term variations in the biogenic matter runoff of the Dnestr River [Text] / G. P. Garkavaya, Y. I. Bogatova, N. A. Berlinskii, V. N. Bol'shakov, A. Y. Goncharov. – Water Resources. – Moscow, 2008. – Issue 35, № 6. – Pp. 708–715.
10. Журавлёва Л. А. Гидрохимический режим нижнего Днестра [Текст] / Журавлёва Л. А. // Гидробиологический режим Днестра и его водоемов. – Киев: Наукова Думка, 1992. – С. 54–59.
11. Украинский В. В. Цветение синезеленых водорослей в Одесском прибрежье (июль. 2010 г.) [Текст] / В. В. Украинский, С.П. Ковалишина, В. Н. Сытов, И. П. Неверовский, М. А. Грандова, Н. С. Калошина // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. – Одесса, 2010. – №.1(11). – С. 109–115.
12. Репетин Л. Н. Режим ветра северо-западной части Черного моря и его климатические изменения [Текст] / Л. Н. Репетин, В. Н. Белокопытов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2008. – Вып. 17. – С. 225–243.
13. Лоева И.Д. Современное экологическое состояние северо-западной части Черного моря [Текст] / И.Д. Лоева, В.В. Украинский, И.Г. Орлова, С.П. Ковалишина // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. научн. тр. вып. 27. НАН Украины, МГИ, ИГН, ОФ ИнБЮМ. – Севастополь, 2013. – С. 237-242.
14. Екологічний паспорт регіону, Одеська область, 2012 р. [Текст] / Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації // Одеса. – 2013 р. – 144 с.
15. 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. – 95 с. – № ДР . – Інв. №.
16. Гончаров А. Ю. Связь морфометрических параметров и внешнего водообмена с первичной продукцией в водоёмах северо-западного Причерноморья [Текст] / А. Ю. Гончаров // Экология моря. – 2005. – № 68. – С. 31-36.
17. Goncharov O.Yu. Variation of rivers runoff as an important factor of nutrient regime of the Black Sea. // Transboundary Dniester River Basin Management: Platform For Cooperation And Current Challenges. – Tiraspol: Eco-Tiras, 2017. – pp. 62-64. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/320693793_. – 10.10.2018. – Назва з екрана
18. Гончаров А. Ю. Гидрохимический режим и первичная продукция фитопланктона в районе аварийного выпуска сточных вод в Одесском заливе [Текст] / А. Ю. Гончаров // Экология моря. – 2001. – № 58. – С. 64-69.
19. Гончаров О. Ю. Вплив коливань річкового стоку на розподіл хлорофілу в гирлових районах Чорного моря [Текст] / О. Ю. Гончаров, А. С. Тітяпкин // Збірник матеріалів VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України «Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів», 6-8 листопада 2019 р. – Київ, 2019. – С. 248-250.
20. 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>. – 10.10.2018. – Назва з екрана
21. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов [Текст]. – М.: Минрыбхоз СССР, 1990. – 303 с.

22. Украинский В. В. Межгодовые изменения и тенденции в эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря [Текст] / В. В. Украинский, Н. Н. Гончаренко // Український гідрометеорологічний журнал. – 2010. – № 7. – С. 211–219.
23. Лоева І. Д. Сучасний екологічний стан Чорного та Азовського морів [Текст] / І. Д. Лоева, І. Г. Орлова, М. Ю. Павленко, В. В. Український, Ю. І. Попов, Ю. М. Деньга // Причорноморський екологічний бюлетень. – 2008. – № 4 (30). – С. 26–36.
24. Украинский В.В. Оценка современного состояния эвтрофикации вод северо-западного шельфа Черного моря [Текст] / В.В. Украинский, С.П. Ковалишина // Тезисы докл. междунар. науч. конф., пгт. Кацивели, 15-18 сентября 2014 г. – г. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – С. 203-205.
25. Лоева І.Д. Політика України з охорони природного середовища Чорного моря [Текст] / І.Д. Лоева, М.Ю. Павленко, І.Г. Орлова, В.М. Коморін // Причорноморський екологічний бюлетень, – 2008. – № 4(30). – С. 7-13.
26. 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.
27. 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 потенциала юга России: междунар. науч. конф., 15-18 сентября 2014 г. : тезисы докл. – Севастополь, 2014. – С. 203–205.
28. 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.
29. 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.
30. Vollenveider R. A. Eutrophication of waters: monitoring assessment and control / R. A. Vollenveider, J. J. Kerekes. – Paris: OECD, 1982. – 154 p.
31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. 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 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.helcom.fi/Documents/EUTRO-OPER%20project%20report.pdf>. – 10.10.2018. – Назва з екрана.

Таблиця А.1 – Розраховані відношення середніх річних значень показників біогенних речовин, прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, до цільових значень по відкритих та прибережних районах ЧМ

Райони	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	TP (мкг/дм ³)	N(NO ₂) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	N(NH ₄) (мкг/дм ³)	DIN (мкг/дм ³)	TN (мкг/дм ³)	Si(SiO ₃) (мкг/дм ³)	Chl-a (мкг/дм ³)	Secchi Disk (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	0,58	0,61	1,70	7,58	0,53	4,93	1,56	1,09	3,56	1,72	0,88	0,90
Дніпровський	0,54	0,71	0,44	0,31	0,17	0,27	0,07	12,20	1,68		1,40	0,97
Змішування	0,65	1,20	0,15	8,24	2,25	3,69	0,55	54,55	1,00	0,83	1,32	1,11
Зах. ЧМ	1,61	0,86	1,29	1,67	0,15	0,43	0,58	7,53	1,81	1,22	1,30	0,90
Сх. ЧМ	1,34	1,10	0,98	1,98	0,29	0,60	2,46	2,32	2,32	1,22	1,30	0,94
CW1	0,60	0,81	0,13	2,30	0,06	1,52	1,79	250,00	0,44	0,38	1,10	0,97
TW5	1,40	1,03	1,43	3,12	0,99	2,92	1,43	2,53	2,58	1,65	0,89	0,84
CW2	0,41	0,99	0,28	0,34	1,54	0,47	0,84	1,05	1,86		1,06	0,99
CW3	0,69	0,71	0,33	1,50	0,51	1,21	1,63	1,57	2,08	1,26	0,99	0,98
CW4	0,83	1,20	1,48	0,39	0,50	0,47	1,46	0,61	4,11	2,00	1,02	0,96
CW5	0,70	0,76	0,65	1,77	1,45	1,63	2,34	1,17	3,55		0,95	0,85
CW6	0,95	0,72	1,34	1,07	1,16	1,10	1,17	1,50	2,13		0,93	0,97
CW7	1,78	1,35	2,31	4,55	1,85	3,68	3,16	2,61	3,53	3,07	0,81	0,85
CW8	0,79	0,64	0,26	1,02	0,62	0,85	0,55	3,89	5,46	0,80	1,11	1,03
CW9	2,23	0,51	1,26	12,42	1,99	4,74	1,80	0,82	3,04		1,42	1,26

Таблиця А.2 – Розраховані відношення середніх річних значень показників біогенних речовин, прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, до ДЕС значень по відкритих та прибережних районах ЧМ

Райони	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	TP (мкг/дм ³)	N(NO ₂) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	N(NH ₄) (мкг/дм ³)	DIN (мкг/дм ³)	TN (мкг/дм ³)	Si(SiO ₃) (мкг/дм ³)	Chl-a (мкг/дм ³)	Secchi Disk (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	0,88	0,91	2,55	11,38	0,79	7,39	2,35	2,19	5,33	2,14	0,95	0,93
Дніпровський	0,81	1,07	0,68	0,46	0,25	0,41	0,10	24,39	2,52		1,75	0,82
Змішування	0,97	1,80	0,24	12,58	3,38	5,54	0,83	109,09	1,49	0,97	1,65	1,38
Зах. ЧМ	2,41	1,30	2,15	2,66	0,23	0,65	0,86	15,05	2,71	1,53	1,63	0,88
Сх. ЧМ	2,01	1,66	1,48	3,11	0,43	0,90	3,70	4,64	3,48	1,52	1,62	0,85
CW1	0,91	1,22	0,20	3,45	0,08	2,29	2,68	500,00	0,67	0,47	1,38	0,82
TW5	2,11	1,54	2,16	4,68	1,49	4,39	2,14	1,26	3,86	2,05	0,93	0,99
CW2	0,61	1,49	0,42	0,51	2,31	0,70	1,27	2,09	2,79		1,32	0,81
CW3	1,03	1,07	0,50	2,24	0,76	1,82	2,44	3,14	3,12	1,57	0,81	0,82
CW4	1,25	1,80	2,25	0,58	0,76	0,70	2,19	0,82	6,17	2,48	1,26	0,84
CW5	1,06	1,15	0,98	2,65	2,17	2,45	3,51	2,35	5,32		0,88	0,94
CW6	1,42	1,08	1,98	1,61	1,76	1,66	1,75	2,99	3,19		0,86	0,82
CW7	2,67	2,02	3,52	6,83	2,79	5,52	4,72	1,31	5,30	3,87	0,98	0,98
CW8	1,19	0,96	0,40	1,54	0,93	1,27	0,82	7,78	8,19	1,00	1,38	1,29
CW9	3,34	0,76	2,10	18,92	3,00	7,11	2,72	0,61	4,56		1,78	1,57

Таблиця А.3 – Розраховані відношення середніх значень показників біогенних речовин, прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, до цільових значень по відкритих та прибережних районах ЧМ в весняний період

Райони	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	TP (мкг/дм ³)	N(NO ₂) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	N(NH ₄) (мкг/дм ³)	DIN (мкг/дм ³)	TN (мкг/дм ³)	Si(SiO ₃) (мкг/дм ³)	Chl-a (мкг/дм ³)	Secchi Disk (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	0,45	0,84	1,43	6,25	1,40	4,84	1,84	2,64	2,51	1,94	1,03	0,99
TW5	2,42	2,10	1,43	3,39	1,11	3,71	2,02	2,03	1,88	2,67	1,06	0,91
CW4	0,81	2,71	1,09	0,22	0,58	0,36	1,75	1,18	3,92		0,88	0,91
CW5	0,55	1,09	0,34	1,09	2,17	1,32	2,86	2,67	3,31		0,94	0,85
CW7	1,94	2,68	1,46	1,14	5,55	1,98	3,88	2,67	1,39		1,40	1,48

Таблиця А.4 – Розраховані відношення середніх значень показників біогенних речовин, прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, до ДЕС значень по відкритих та прибережних районах ЧМ в весняний період

Райони	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	TP (мкг/дм ³)	N(NO ₂) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	N(NH ₄) (мкг/дм ³)	DIN (мкг/дм ³)	TN (мкг/дм ³)	Si(SiO ₃) (мкг/дм ³)	Chl-a (мкг/дм ³)	Secchi Disk (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	0,68	1,27	2,15	9,38	2,10	7,27	3,09	5,28	3,77	1,83	1,24	1,19
TW5	3,62	3,16	2,15	5,08	1,67	5,55	3,03	1,02	2,81	3,33	1,28	0,91
CW4	1,22	4,07	1,63	0,34	0,87	0,55	2,64	2,36	5,88		0,91	0,88
CW5	0,82	1,65	0,50	1,63	3,26	1,98	4,28	5,34	4,97		0,88	0,94
CW7	2,92	4,03	2,17	1,71	8,32	2,96	5,83	13,33	2,09		1,67	1,78

Таблиця А.5 – Розраховані відношення середніх значень показників біогенних речовин, прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, до цільових значень по відкритих та прибережних районах ЧМ в літній період

Райони	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	TP (мкг/дм ³)	N(NO ₂) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	N(NH ₄) (мкг/дм ³)	DIN (мкг/дм ³)	TN (мкг/дм ³)	Si(SiO ₃) (мкг/дм ³)	Chl-a (мкг/дм ³)	Secchi Disk (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	0,33	0,29	0,09	0,13	0,02	0,09	0,04	16,95	1,18			
Дніпровський	0,51	0,68	0,17	0,35	0,11	0,22	0,07	29,27	1,63		1,15	0,99
Змішування	0,63	1,20	0,28	26,56	1,72	4,40	0,49	122,73	1,11	0,84	1,16	1,14
Зах. Частина	1,61	0,97	1,08	2,22	0,20	0,52	0,47	8,60	2,36	1,19	1,14	0,93
Сх. Частина	1,24	0,77	1,18	3,63	0,23	0,56	1,70	2,98	2,90	1,30	1,12	0,95
CW1	0,62	0,77	0,14	3,03	0,06	1,81	1,21	500,00	0,49	0,38	0,95	1,00
TW5	0,74	0,37	0,85	0,21	1,74	0,34	0,49	4,54	4,53	1,26	0,94	1,05
CW2	0,42	0,94	0,29	0,45	1,58	0,56	0,57	2,09	2,04		0,91	1,02
CW3	0,61	0,62	0,31	1,81	0,60	1,44	1,43	6,92	2,23	1,29	0,82	1,00
CW4	0,70	0,73	0,97	0,46	0,67	0,54	1,26	3,45	3,46	2,04	0,90	1,04
CW5	0,45	0,59	0,68	1,04	1,97	1,13	1,58	15,64	4,19		1,06	0,90
CW7	1,88	1,06	0,55	2,55	1,64	1,77	0,46	1,68	9,54	3,47	0,92	0,83
CW8	0,74	0,61	0,10	1,17	0,43	0,69	0,56	9,33	5,27	0,90	0,91	1,04
CW9	2,18	0,51	3,15	39,73	1,54	5,63	1,62	1,85	3,38		1,24	1,30

Таблиця А.6 – Розраховані відношення середніх значень показників біогенних речовин, прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, до ДЕС значень по відкритих та прибережних районах ЧМ в літній період

Райони	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	TP (мкг/дм ³)	N(NO ₂) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	N(NH ₄) (мкг/дм ³)	DIN (мкг/дм ³)	TN (мкг/дм ³)	Si(SiO ₃) (мкг/дм ³)	Chl-a (мкг/дм ³)	Secchi Disk (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	0,53	0,44	0,13	0,19	0,02	0,13	0,06	33,90	1,78			
Дніпровський	0,76	1,02	0,25	0,53	0,17	0,33	0,11	58,54	2,43		1,43	0,81
Змішування	0,94	1,81	0,44	39,84	2,60	6,61	0,74	245,45	1,66	0,96	1,44	1,43
Зах. Частина	2,41	1,46	1,61	3,33	0,30	0,77	0,72	17,20	3,62	1,51	1,42	0,86
Сх. Частина	1,85	1,16	1,97	5,45	0,35	0,85	2,62	5,96	4,34	1,62	1,41	0,84
CW1	0,94	1,15	0,22	4,53	0,09	2,70	1,82	1000,00	0,73	0,48	0,84	0,80
TW5	1,11	0,56	1,27	0,32	2,62	0,51	0,73	9,08	6,82	1,62	0,85	1,32
CW2	0,63	1,41	0,44	0,67	2,38	0,84	0,86	4,18	3,07		0,89	1,27
CW3	0,92	0,94	0,45	2,73	0,90	2,16	2,15	13,84	3,33	1,62	0,97	1,25
CW4	1,05	1,09	1,44	0,69	1,00	0,80	1,89	6,90	5,18	2,52	0,89	1,31
CW5	0,69	0,89	0,99	1,56	3,00	1,69	2,38	31,28	6,26		1,14	0,89
CW7	2,83	1,59	0,82	3,82	2,45	2,66	0,69	1,19	14,24	4,33	0,91	0,97
CW8	1,12	0,92	0,15	1,75	0,64	1,03	0,85	18,67	7,90	0,89	0,88	1,30
CW9	3,23	0,77	3,15	56,76	2,29	8,48	2,44	3,70	5,07		1,54	1,62

Таблиця А.7 – Розраховані відношення середніх значень показників біогенних речовин, прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, до цільових значень по відкритих та прибережних районах ЧМ в осінній період

Райони	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	TP (мкг/дм ³)	N(NO ₂) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	N(NH ₄) (мкг/дм ³)	DIN (мкг/дм ³)	TN (мкг/дм ³)	Si(SiO ₃) (мкг/дм ³)	Chl-a (мкг/дм ³)	Secchi Disk (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	0,78	0,48	2,61	7,84	0,26	4,42	1,52	1,63	4,45	1,81	0,88	0,83
TW5	1,30	0,66	2,01	3,51	0,57	2,88	1,51	3,57	1,61	1,41	0,95	0,89
CW5	0,79	1,05	0,40	6,93	0,49	3,17	3,05	1,80	4,59		0,97	0,85
CW6	0,69	0,67	0,69	0,93	0,94	0,88	1,13	2,40	2,27		0,88	0,90
CW7	1,25	1,03	1,43	5,67	1,08	3,93	3,59	1,30	2,07		0,93	0,99

Таблиця А.8 – Розраховані відношення середніх значень показників біогенних речовин, прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, до ДЕС значень по відкритих та прибережних районах ЧМ в осінній період

Райони	P(PO ₄) (мкг/дм ³)	TP (мкг/дм ³)	N(NO ₂) (мкг/дм ³)	N(NO ₃) (мкг/дм ³)	N(NH ₄) (мкг/дм ³)	DIN (мкг/дм ³)	TN (мкг/дм ³)	Si(SiO ₃) (мкг/дм ³)	Chl-a (мкг/дм ³)	Secchi Disk (м)	O ₂ (мг/дм ³)	O ₂ (%)
Дунайський	1,17	0,72	3,91	11,76	0,39	6,64	2,29	1,23	6,73	2,26	0,92	0,96
TW5	1,95	0,98	3,01	5,24	0,86	4,32	2,26	1,79	2,41	1,76	0,88	0,94
CW5	1,19	1,58	0,61	10,33	0,73	4,76	4,56	3,59	6,83		0,86	0,94
CW6	1,03	1,01	1,03	1,39	1,40	1,32	1,70	4,79	3,39		0,91	0,89
CW7	1,87	1,55	2,14	8,49	1,63	5,90	5,38	2,60	3,10		0,86	0,81