

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 ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ  
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](mailto:aceem@te.net.ua), [www.sea.gov.ua](http://www.sea.gov.ua)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор УкрНЦЕМ  
канд. геогр. наук,  
старш. наук. співроб.  
\_\_\_\_\_ Коморін В.М.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗВІТ**  
**ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

Оцінка та діагноз екологічного стану довкілля Чорного моря в межах  
виключної морської економічної зони України у 2020 р.

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

**ТОМ 1**

Науковий керівник НДР

Заст. директора – начальник морського

інформаційно-аналітичного центру, к.геогр.н.

В.В. Український

2020

Рукопис закінчено 28 грудня 2020 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол  
від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р. №

## СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник заступник директора – начальник МІАЦ, канд. геогр. наук	_____	В. В. Український (вступ; висновки, розділ 3)
Відповідальний виконавець: Начальник відділу АМЕАН, канд. біол. наук	_____	О. Ю. Гончаров
Виконавці: Наук. співробітник відділу АМЕАН	_____	А. С. Тітяпкин (розділи 1, 2)
Начальник відділу НД та ОМБ канд. біол. наук	_____	С.П. Ковалишина (розділи 3)
Фах. 1 кат. відділу АМЕАН	_____	Н. О. Чернобровкіна (розділи 1, 2)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 74 с., 18 табл., 44 рис., 18 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 2020 р., з залученням супутникової інформації, даних Державної гідрометеорологічної служби України та даних літературних джерел.

*Результати дослідження* – визначені тенденції зменшення вмісту фосфатного і загального фосфору та мінеральних форм азоту в водах північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ). Однак за показником мінливості середньої річної концентрації загального азоту відмічається тенденція до її підвищення за рахунок збільшення вмісту його органічної форми. Визначені умови «цвітіння» вод ПЗЧМ у 2020 р. що обумовлювалися інтенсивним розвитком водоростей ціанобактерії *Nodularia spumigena* та дінофітової *Lingulodinium polyedra* влітку та восени.

## ЗМІСТ

	С.
Перелік умовних позначень і скорочень .....	5
Вступ.....	6
1 Характеристика режиму абіотичних показників евтрофікації вод північно-західної частини Чорного моря у 2020 році.....	9
1.1 Мінливість гідрохімічного стану морських вод Одеського регіону.....	9
1.2 Внутрішньорічна та багаторічна мінливість абіотичних показників стану евтрофікації прибережних морських вод в рекреаційній зоні м. Одеса.....	17
1.3 Мінливість гідрохімічного стану вод Дунайського узмор'я.....	29
2 Оцінка екологічного стану північно-західного шельфу Чорного моря за індивідуальними показниками евтрофікації морських вод в 2020 р.....	47
2.1 Оцінка екологічного стану морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря за даними середніх річних показників евтрофікації морських вод.....	47
2.2 Оцінка екологічного стану морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря за даними середніх річних показників прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами .....	51
2.3 Оцінка екологічного стану морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря за даними середніх сезонних показників евтрофікації морських вод.....	53
3 Аналіз негативних наслідків евтрофікації вод північно-західного шельфу Чорного моря у 2020 році.....	61
Висновки.....	67
Перелік посилань.....	69
Додаток А.....	72

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

БР	- біогенні речовини
ГДК	- гранично допустима концентрація
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 <sub>5</sub>	- біологічне споживання кисню
MSFD	- Рамкова Директива про морську стратегію
N(NH <sub>4</sub> )	- азот амонійний
N(NO <sub>3</sub> )	- азот нітратний
N(NO <sub>2</sub> )	- азот нітритний
DIN	- сума розчинених мінеральних форм азоту
DIP	- фосфор фосфатний; мінеральні форми фосфору
Ref. Con.	- (Reference Condition) нормальні умови
TN	- азот загальний
TP	- фосфор загальний
P(PO <sub>4</sub> )	- фосфор фосфатний
pH	- водневий показник
Si(SiO <sub>4</sub> )	- кремній
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 піноклином 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 поживних речовин.

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  $Si(SiO_4)$ ;
- (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 2020 РОЦІ

## 1.1 Мінливість гідрохімічного стану морських вод Одеського регіону

На екологічний стан Одеського регіону значно впливають прибережні антропогенні джерела, що пов'язані з діяльністю 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 [6], [7]. 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 2020 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 2020 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  $8,1 \text{ мг/дм}^3$  до  $9,1 \text{ мг/дм}^3$ , а відносне насичення кисню знаходилось в межах від  $100,8 \%$  до  $112,8 \%$ . 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  $8,4 \text{ мг/дм}^3$ , а відносне насичення було на рівні від  $82,4 \%$  до  $101,2 \%$ . Середнє значення вмісту кисню в червні склало  $8,4 \text{ мг/дм}^3$  ( $104,4 \%$  насичення), а в період зйомки восени знизилось до  $7,9 \text{ мг/дм}^3$  ( $95,8 \%$  насичення), наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих прибережних вод Одеського регіону в червні і жовтні 2020 р.

Показник	$O_2$	$O_2$	$BCK_5^*$	$pH^{**}$
	$\text{мг/дм}^3$	% насичення	$\text{мг/дм}^3$	од. pH
Червень				
Кількість визначень	4	4	4	4
Середнє	8,40	104,40	0,72	8,17
Максимум	9,07	112,78	0,83	8,39
Мінімум	8,10	100,85	0,61	8,04
СКВ <sup>***</sup>	0,45	5,62	0,10	0,16
Жовтень				
Кількість визначень	11	11	11	11
Середнє	7,91	95,83	1,59	8,39
Максимум	8,37	101,16	5,06	8,49
Мінімум	6,78	82,40	0,51	8,29
СКВ	0,44	5,16	1,38	0,08
* – Біологічне споживання кисню				
** – Водневий показник				
*** – Середнє квадратичне відхилення				

В просторовому розподілі за абсолютним значенням максимальний вміст кисню в червні  $9,1 \text{ мг/дм}^3$  відмічався в районі пляжу «Дельфін», при насиченості вод киснем  $112,8 \%$ , що обумовлювалось інтенсивними

процесами фотосинтезу фітопланктону.

В жовтні за абсолютним значенням максимальний вміст кисню відмічався в районі пляжу «Лузанівка-2» 8,37 мг/дм<sup>3</sup> (99,4 % насиченості), відображено на рисунку 1.1.

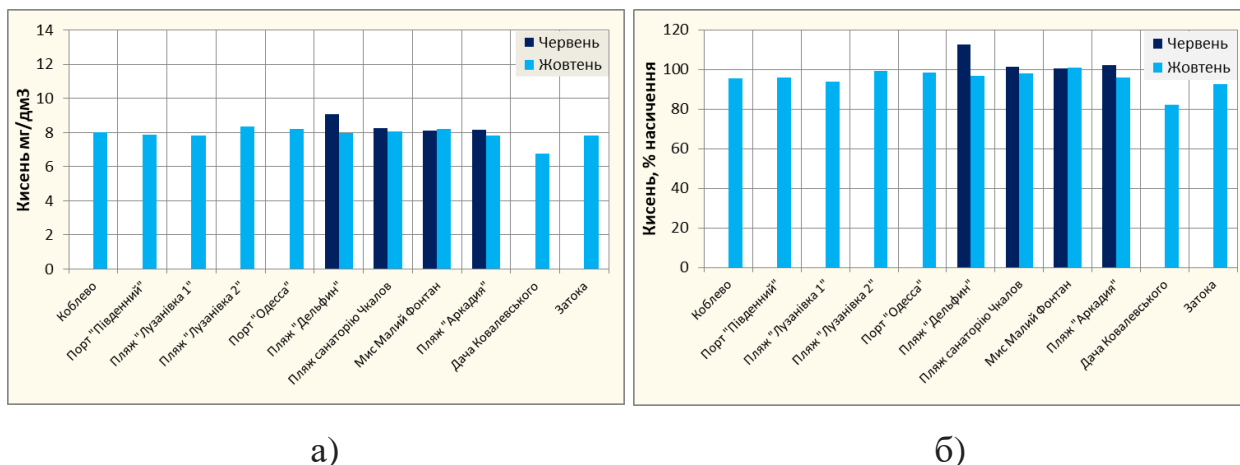


Рисунок 1.1 – Абсолютний і відносний вміст кисню в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в червні і жовтні 2020 р.: а) абсолютний вміст кисню; б) відносний вміст кисню

Біологічне споживання кисню БСК<sub>5</sub> змінювалось в червні в межах від 0,6 мг/дм<sup>3</sup> до 0,8 мг/дм<sup>3</sup> та не перевищувало гранично допустиму концентрацію ГДК (3,0 мг/дм<sup>3</sup>) визначеної у внутрішніх морських водах та територіальному морі України [8].

В жовтні біологічне споживання кисню змінювалось в широкому діапазоні від 0,5 мг/дм<sup>3</sup> до 5,1 мг/дм<sup>3</sup>. Середнє значення БСК<sub>5</sub> в цей період склало 1,6 мг/дм<sup>3</sup>. Максимум споживання кисню, значення якого перевищувало (ГДК), був відмічений в Коблево (5,1 мг/дм<sup>3</sup>), відображено на рисунку 1.2.

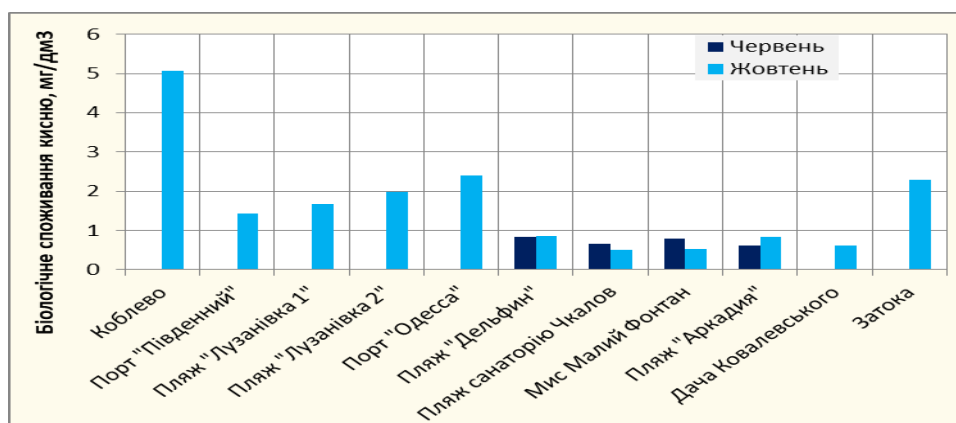


Рисунок 1.2 – Біологічне споживання кисню в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в червні і жовтні 2020 р.

Значення водневого показника в червні змінювались в діапазоні від 8,04 од. рН до 8,39 од. рН, при середньому – 8,17 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 8,29 од. рН до 8,49 од. рН, при середньому – 8,39 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 2020 р. змінювався в діапазоні від аналітичного нуля (<5 мкг/дм<sup>3</sup>) до 44,4 мкг/дм<sup>3</sup>. При цьому середнє значення в червні було нижче аналітичного нуля (<5 мкг/дм<sup>3</sup>), а в жовтні склало 24,2 мкг/дм<sup>3</sup>, що наведено в таблиці 1.2. За системою екологічної класифікації якості морських вод значення концентрацій фосфору

фосфатного відповідали високій та хорошій якості, тобто, підвищених значень не спостерігалось.

Таблиця 1.2 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в прибережних поверхневих водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в червні і жовтні 2020 р.

Показник	P(PO <sub>4</sub> )	TP	N(NO <sub>2</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NH <sub>4</sub> )	TN	Si(SiO <sub>4</sub> )
	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>
Червень							
Кількість Визначень	4	4	4	4	4	4	4
Середнє	< 5,0	16,3	0,9	24,1	< 15	257	125
Максимум	< 5,0	19,1	1,1	82,9	< 15	394	133
Мінімум	< 5,0	14,1	0,8	1,9	< 15	139	120
СКВ	-	2,7	0,1	39,3	-	122	6
Жовтень							
Кількість визначень	11	11	11	11	11	11	11
Середнє	24,2	53,5	5,1	34,9	< 15	1053	643
Максимум	44,4	83,6	11,9	145,8	29,0	4373	1003
Мінімум	7,5	26,2	1,7	8,2	< 15	167	506
СКВ	11,4	17,4	3,6	40,3	11,1	1204	172

Концентрації загального фосфору (суми органічних і мінеральних його форм) в прибережних водах Одеського регіону в червні і жовтні знаходились в межах від 14,1 мкг/дм<sup>3</sup> до 83,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Середні значення вмісту загального фосфору в червні склали 16,3 мкг/дм<sup>3</sup>, а в жовтні 53,5 мкг/дм<sup>3</sup>. В середньому по двох зйомках вміст загального фосфору в 2020 р. складає 42,8 мкг/дм<sup>3</sup>, що за системою екологічної класифікації якості морських вод відповідає високій якості (< 50 мкг/дм<sup>3</sup>). Проте, максимальні концентрації загального фосфору в жовтні перевищували вказаний рівень високої якості вод і відповідали хорошій якості (від 50 мкг/дм<sup>3</sup> до 100 мкг/дм<sup>3</sup>), це – акваторії Коблево, порту «Південний», пляжів «Лузанівка-2» та санаторію Чкалов. В жовтні вміст як фосфору фосфатного так і загального фосфору відносно червня був більшим у всіх районах Одеського узбережжя, що відображено на рисунку 1.3.

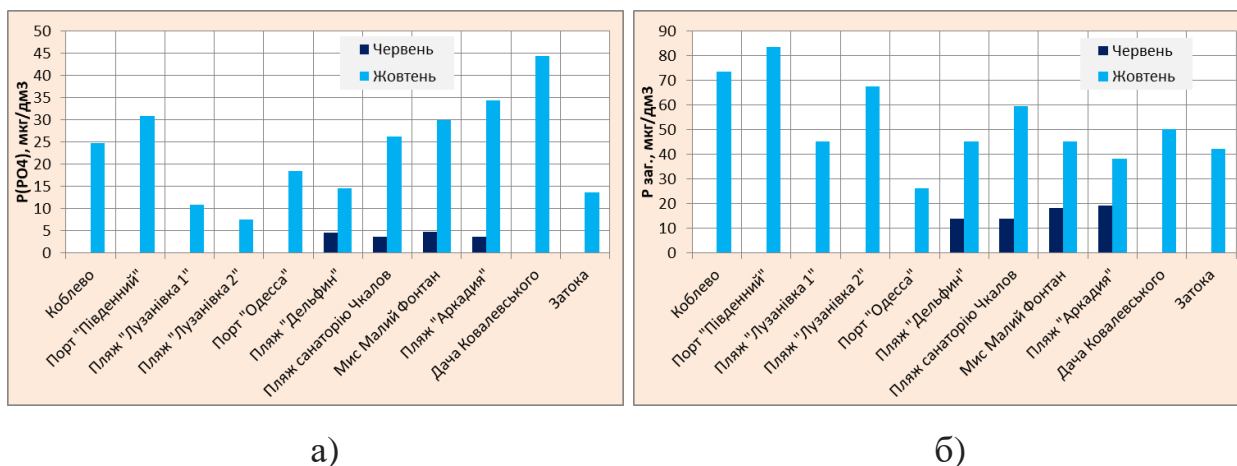


Рисунок 1.3 – Вміст фосфору фосфатного і загального в прибережних водах Одеського регіону в червні і жовтні 2020 р.: а) фосфор фосфатний; б) фосфор загальний

Вміст азоту нітритного в прибережних морських водах в період зйомок Одеського узбережжя знаходився в межах від  $0,8 \text{ мкг}/\text{дм}^3$  до  $11,9 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ . Підвищені його концентрації спостерігались в жовтні в акваторіях порту «Південний» ( $11,9 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ) та Коблево ( $5,4 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ), що знаходяться в зоні впливу вод Дніпробузького лиману, Дачі Ковалевського ( $11,4 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ), що знаходиться в зоні впливу станції біологічної очистки «Південна», та Затоки ( $5,1 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ), що знаходиться в зоні впливу вод Дністровського лиману, відображено на рисунку 1.4а. В середньому по Одеському регіону концентрація азоту нітритного складала в червні  $0,9 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , а в жовтні –  $5,1 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ .

Вміст азоту нітратного в прибережних водах Одеського регіону залежно від району в період спостережень змінювався в широкому діапазоні від аналітичного нуля ( $< 5,0 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ) до  $145,8 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ . Максимальні концентрації нітратного азоту спостерігались як в червні ( $82,9 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ) так і в жовтні ( $145,8 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ) в районі пляжу «Дельфін» в зоні впливу стоку дренажних вод. Середні концентрації нітратного азоту в регіоні досліджень в червні складала  $24,1 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , а в жовтні  $34,9 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , при цьому максимальні концентрації, за виключенням зазначеного району пляжу «Дельфін», не

перевищували  $8,7 \text{ мкг/дм}^3$  в червні та  $38,8 \text{ мкг/дм}^3$  в жовтні, що відображено на рисунку 1.4б.

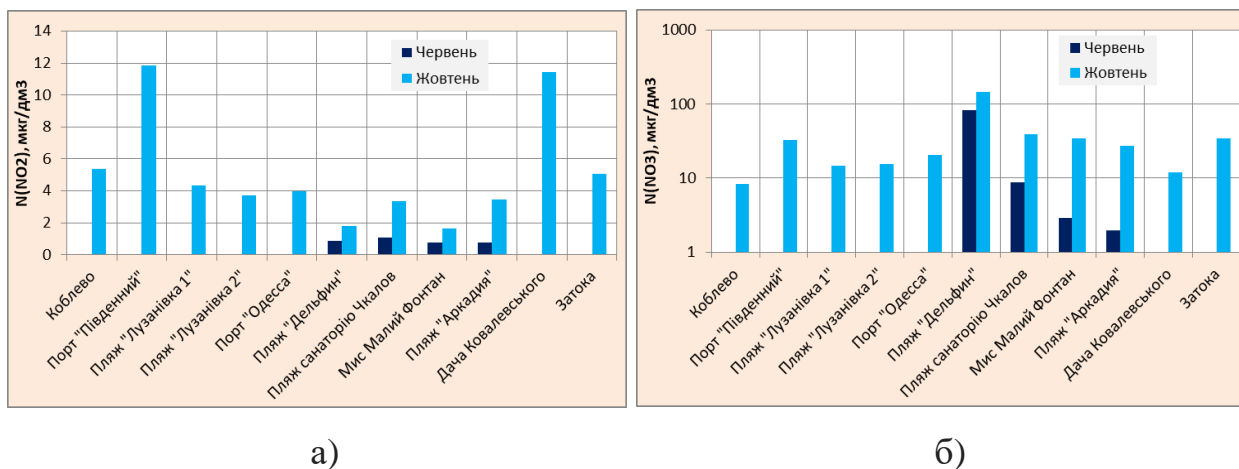


Рисунок 1.4 – Вміст азоту нітритного і нітратного в прибережних водах Одеського регіону в червні та жовтні 2020 р.:

а) азот нітритний; б) азот нітратний

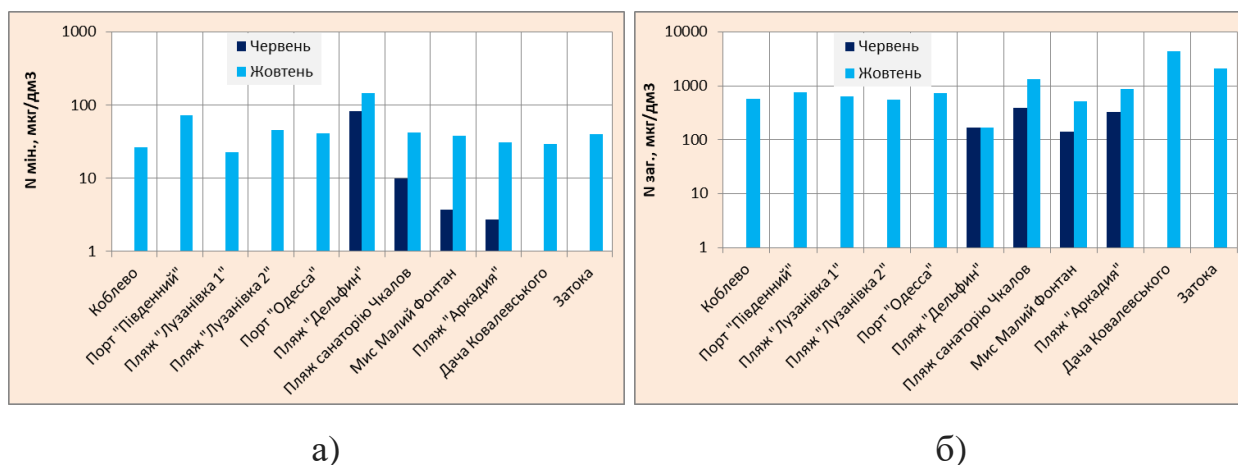
Вміст азоту амонійного в прибережних водах Одеського регіону в середньому в червні був нижче аналітичного мінімуму ( $< 15 \text{ мкг/дм}^3$ ), а в жовтні змінювався від аналітичного мінімуму ( $< 15 \text{ мкг/дм}^3$ ) до  $29,0 \text{ мкг/дм}^3$ . Максимальні концентрації спостерігались в зоні впливу Дніпробузького лиману в акваторії порту «Південний» ( $29,0 \text{ мкг/дм}^3$ ) та в районі пляжу «Лузанівка 2» ( $26,8 \text{ мкг/дм}^3$ ).

В цілому сума мінеральних сполук азоту в прибережних водах Одеського регіону змінювалась в діапазоні від  $3 \text{ мкг/дм}^3$  до  $148 \text{ мкг/дм}^3$  (рисунок 1.5а), при середніх значеннях в червні  $25 \text{ мкг/дм}^3$  і в жовтні  $50 \text{ мкг/дм}^3$ .

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  $\text{Nорг.} / \text{N мін.} = 118$  було визначено в

червні в Одеській затоці в районі пляжу «Аркадія», та Норг. / N мін. = 148 в жовтні районі Дачі Ковалевського.

Вміст загального азоту (суми мінеральних і органічних форм) змінювався в діапазоні від 139 мкг/дм<sup>3</sup> до 4373 мкг/дм<sup>3</sup>, при середніх значеннях в червні 257 мкг/дм<sup>3</sup> і 1053 мкг/дм<sup>3</sup> в жовтні. Максимальні концентрації загального азоту відмічались в жовтні в районі Дачі Ковалевського, акваторії пляжу санаторію «Чкалова» та Затоки, за рахунок підвищеного вмісту його органічної форми, що надходять в прибережну зону з водами СБО «Південна», дренажними водами та водами Дністровського лиману, відповідно до зазначених районів, що відображено на рисунку 1.5б.



а)

б)

Рисунок 1.5 – Вміст азоту мінерального і загального в прибережних водах Одеського регіону в червні та жовтні 2020 р.:

а) сума мінеральних форм азоту; б) азот загальний

Концентрації кремнію в прибережних водах Одеського регіону змінювались в діапазоні від 120 мкг/дм<sup>3</sup> до 1003 мкг/дм<sup>3</sup>. Підвищених концентрацій кремнію в червні не спостерігалось, максимальне значення в цей період спостережень 133 мкг/дм<sup>3</sup> було відмічене в районі мису Малий Фонтан. Максимальна концентрація кремнію в жовтні спостерігалась в акваторії Коблево та порту «Південний» – 1003 мкг/дм<sup>3</sup> та 909 мкг/дм<sup>3</sup>, відповідно, що відображено на рисунку 1.6. В просторовому розподілі



кремнію прибережних вод Одеського регіону середні значення склали: в червні 125 мкг/дм<sup>3</sup> і в жовтні 643 мкг/дм<sup>3</sup>.

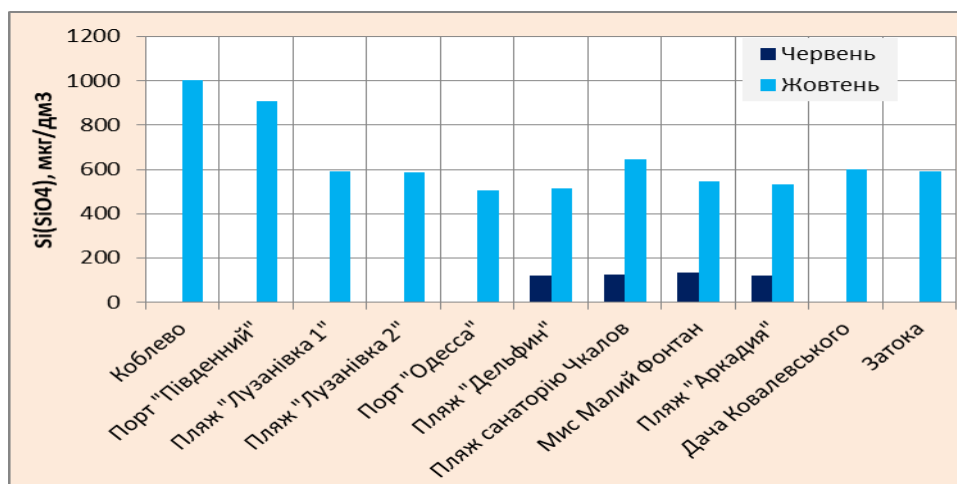


Рисунок 1.6 – Вміст кремнію в прибережних водах Одеського регіону в червні і жовтні 2020 р.

## 1.2 Внутрішньорічна та багаторічна мінливість абіотичних показників стану евтрофікації прибережних морських вод в рекреаційній зоні м. Одеса

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 в зоні рекреації м. Одеси, віддаленої від промислових районів.

Середній вміст кисню в поверхневих водах у 2020 р. був на рівні 8,5-8,6 мг/дм<sup>3</sup> (від 87,6 % до 89,3 % насичення). Вміст кисню змінювався в діапазоні від 5,4 мг/дм<sup>3</sup> до 14,1 мг/дм<sup>3</sup> (від 68,1 % до 109,7 % насичення). Максимальне значення вмісту кисню 14,1 мг/дм<sup>3</sup> спостерігалось на початку

січня в районі мису Малий Фонтан, якому відповідало максимальне насичення 109,7 %. Мінімальні значення 5,4-5,6 мг/дм<sup>3</sup> (від 68,1 % до 71,3 % насичення) спостерігались в другій половині червня в районі мису Малий Фонтан та в першій половині вересня в районі пляжу «Аркадія», що наведено в таблиці 1.3, та були меншими, ніж рівень ГДК (6,0 мг/дм<sup>3</sup> для вод рибогосподарських водойм).

Таблиця 1.3 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих вод в районі м. Одеса у 2020 р.

Показник	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	БСК <sub>5</sub>	pH
	мг/дм <sup>3</sup>	% насичення	мг/дм <sup>3</sup>	од. рН
Мис Малий Фонтан				
Кількість визначень	35	35	33	35
Середнє	8,6	89,3	1,0	8,3
Максимум	14,1	109,7	1,9	8,6
Мінімум	5,4	68,1	0,2	7,7
СКВ	2,1	10,2	0,5	0,2
Пляж «Аркадія»				
Кількість визначень	34	34	33	36
Середнє	8,5	87,6	1,0	8,3
Максимум	11,6	104,6	2,0	8,5
Мінімум	5,6	71,3	0,1	7,8
СКВ	1,8	8,4	0,5	0,1

В річному ході максимальний вміст кисню відмічався в зимовий період і зменшувався з підвищенням температури води в літній період, що обумовлюється зменшенням ступеню його розчинності. Підвищене насичення вод киснем також спостерігались в зимовий період як в акваторії пляжу «Аркадія» так і в зоні мису Малий Фонтан, що обумовлювалось інтенсифікацією процесів фотосинтезу фітопланктону, що наведено на рисунку 1.7.

Біологічне споживання кисню в середньому знаходилось на рівні 1,0 мг/дм<sup>3</sup> і змінювалось в діапазоні від 0,1 мг/дм<sup>3</sup> до 2,0 мг/дм<sup>3</sup>. В цілому БСК<sub>5</sub> не перевищувало ГДК (3,0 мг/дм<sup>3</sup> визначеного для вод рибогосподарських водойм) в зоні мису Малий Фонтан та в акваторії пляжу

«Аркадія». Пониженні значення БСК<sub>5</sub> відмічались в осінній період, що наведено на рисунку 1.8.

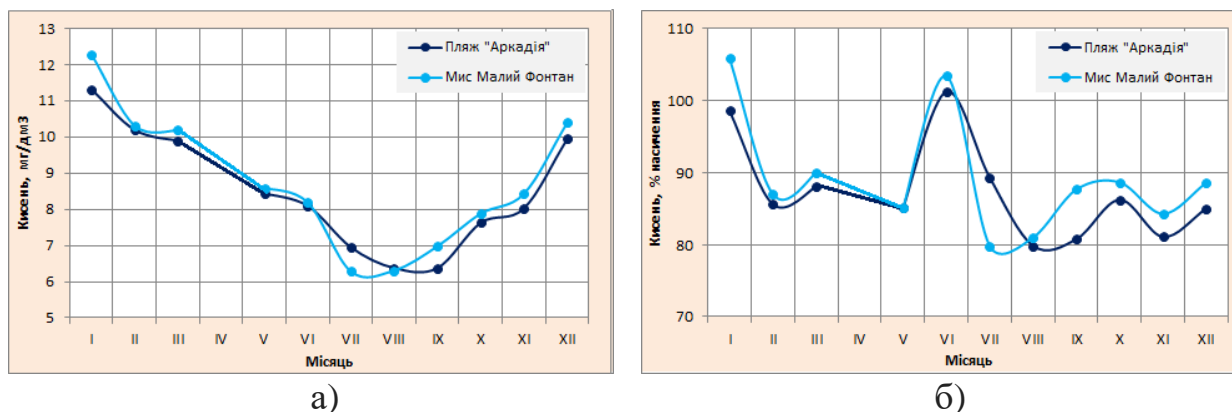


Рисунок 1.7 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень абсолютного і відносного вмісту кисню в прибережних водах району м. Одеса у 2020 р.: а) мінливість абсолютного вмісту кисню; б) мінливість відносного вмісту кисню (насиченості)

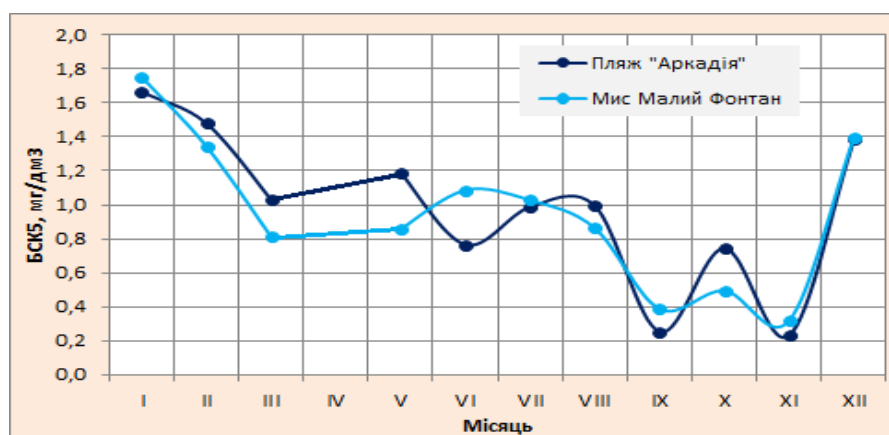


Рисунок 1.8 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного біологічного споживання кисню в прибережних водах району м. Одеса у 2020 р.

Значення водневого показника в прибережних водах м. Одеси коливались в діапазоні від 7,7 од. рН до 8,6 од. рН і в середньому складали 8,3 од. рН, що наведено на рисунку 1.9. Підвищені значення водневого показника, які перевищували ГДК визначених для внутрішніх морських вод

України (8,50 од. рН), відмічались на початку січня (8,58 од. рН) та в середині лютого (8,59 од. рН) в зоні мису Малий Фонтан.

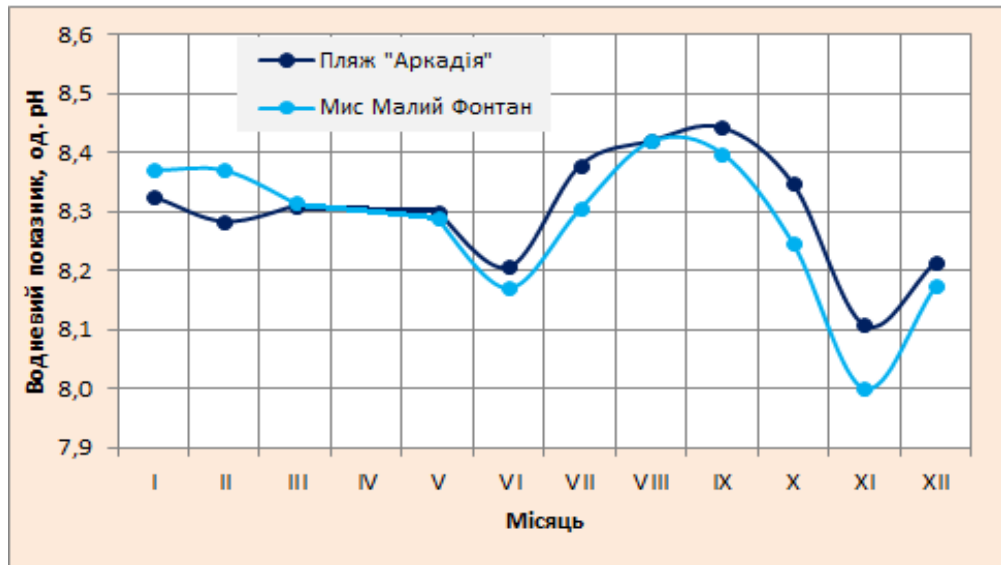


Рисунок 1.9 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного значення водневого показника прибережних вод району м. Одеса у 2020 р.

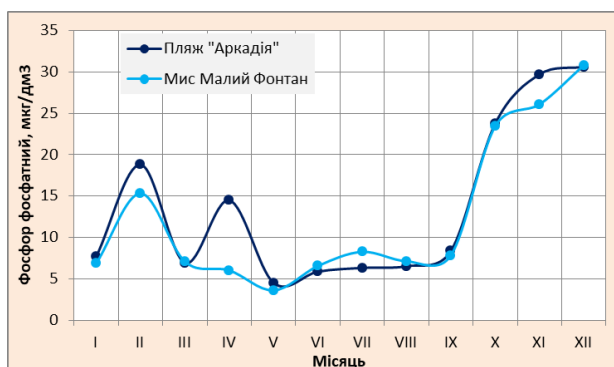
Вміст розчиненого фосфору фосфатного в прибережних водах в рекреаційній зоні м. Одеса у 2020 р. змінювався від аналітичного нуля  $< 5,0$  мкг/дм<sup>3</sup> до 39,0 мкг/дм<sup>3</sup> і в середньому складав 12,8 – 13,5 мкг/дм<sup>3</sup>, що наведено в таблиці 1.4.

Максимальні концентрації фосфору фосфатного спостерігались в осінній період в жовтні в акваторії пляжу «Аркадія» та в грудні в зоні мису Малий Фонтан із значеннями 34,5 мкг/дм<sup>3</sup> та 39,0 мкг/дм<sup>3</sup>, 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 травні.

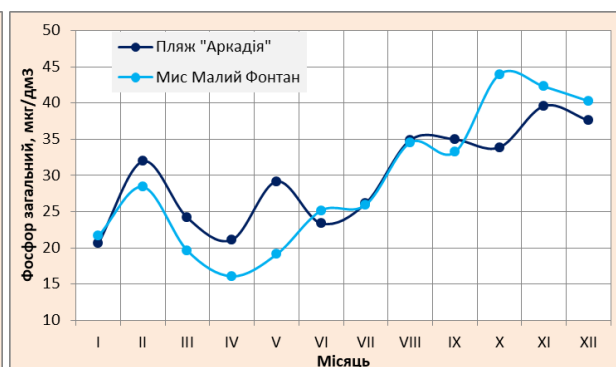
Таблиця 1.4 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в поверхневих водах в районі м. Одеса у 2020 р.

Показник	P(PO <sub>4</sub> )	TP	N(NO <sub>2</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NH <sub>4</sub> )	TN	Si(SiO <sub>3</sub> )
	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>
Мис Малий Фонтан							
Кількість визначень	37	37	37	37	37	37	37
Середнє	12,8	30,3	2,5	47,3	< 15	547	279
Максимум	39,0	53,4	6,3	128,9	< 15	2940	800
Мінімум	< 5,0	12,0	0,8	2,9	< 15	139	33
СКВ	9,7	11,1	1,3	34,2	-	456	203
Пляж «Аркадія»							
Кількість визначень	37	37	37	37	37	37	37
Середнє	13,5	30,0	2,6	37,1	< 15	495	310
Максимум	34,5	46,3	6,8	110,0	< 15	1822	787
Мінімум	< 5,0	11,0	0,8	1,9	< 15	97	46
СКВ	10,2	9,4	1,4	27,6	-	314	211

Вміст фосфору загального (суми мінеральних і органічних сполук) змінювався в діапазоні від 11,0 мкг/дм<sup>3</sup> до 53,4 мкг/дм<sup>3</sup>, а середні річні значення склали 30,0 – 30,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальні концентрації фосфору загального, як і його мінеральної форми, спостерігались в лютому, наведено на рисунку 1.10.



а)



б)

Рисунок 1.10 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного вмісту фосфору фосфатного і загального в прибережних водах району м. Одеса у 2020 р.: а) мінливість вмісту фосфору фосфатного; б) мінливість вмісту фосфору загального

В співвідношенні органічних і мінеральних форм фосфору в річному циклі переважає вміст його органічної форми. За даними 2020 року співвідношення  $P_{орг.} / P_{мін.}$  в середньому складає 2,3 з максимумом 8,8 і мінімумом 0,1, що визначається як за даними спостережень в районі мису Малий Фонтан, так і за даними спостережень в районі пляжу «Аркадія».

За даними багаторічних спостережень 2000-2020 рр. в прибережних водах масиву CW5 Одеського регіону ЧМ спостерігається тенденція зменшення мінерального DIP і загального фосфору TP. Середній річний вміст фосфору фосфатного в цей період змінювався в діапазоні від 23,9  $мкг/дм^3$ , на початку XXI сторіччя, до 9,3  $мкг/дм^3$  в 2015 р. (рис. 1.11). В останні п'ять років середній річний вміст фосфору фосфатного в прибережних водах в цьому районі знаходився в діапазоні від 9,8  $мкг/дм^3$  до 14,9  $мкг/дм^3$ , при середньому 12,6  $мкг/дм^3$ . Рівень вмісту середніх річних значень концентрації фосфору фосфатного в рекреаційній зоні водного масиву CW5 відповідає доброму екологічному стану при значенні ДЕС 16,4  $мкг/дм^3$ .

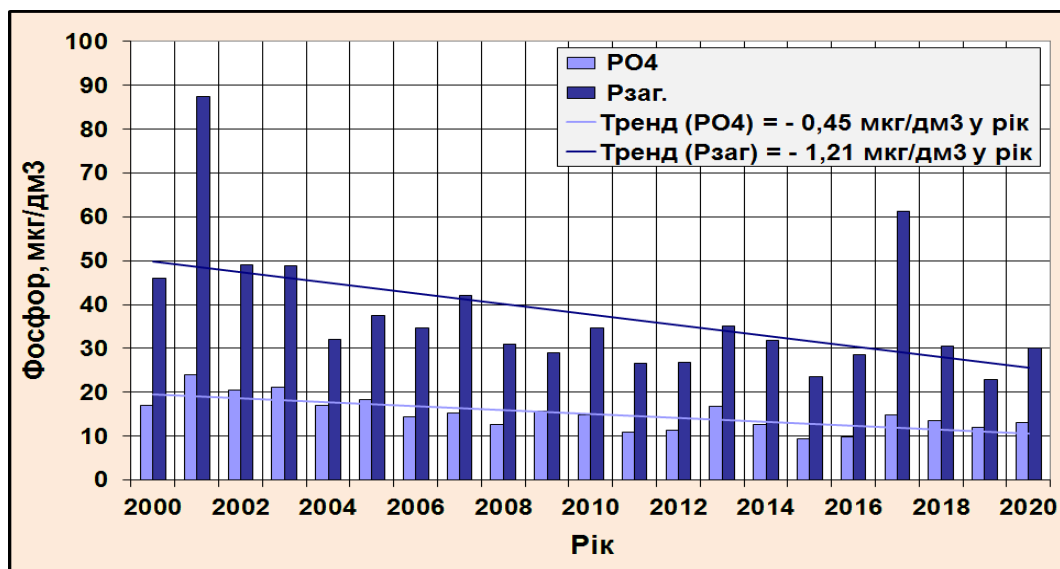


Рисунок 1.11 – Багаторічні зміни вмісту фосфору фосфатного і загального в прибережних водах масиву CW5 в рекреаційній зоні району м. Одеса

Середній річний вміст загального фосфору ТР в цей період змінювався від 87,5 мкг/дм<sup>3</sup> в 2001 р. до 22,9 мкг/дм<sup>3</sup> в 2019 р. і в останні п'ять років середній річний вміст ТР коливався в межах від 22,9 мкг/дм<sup>3</sup> до 61,4 мкг/дм<sup>3</sup> при середньому 34,7 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2020 р. середня річна концентрація загального фосфору складала 30,2 мкг/дм<sup>3</sup>, трохи перевищувала рівень ДЕС 29,6 мкг/дм<sup>3</sup> і відповідала «помірному» стану якості вод для цього району.

Вміст азоту нітритного в прибережних водах ПЗШ ЧМ в зоні мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія» змінювався в 2020 р. в діапазоні від 0,8 мкг/дм<sup>3</sup> до 6,8 мкг/дм<sup>3</sup> і в середньому складав 2,5 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальні концентрації азоту нітритного в зоні мису Малий Фонтан 6,3 мкг/дм<sup>3</sup> і в районі пляжу «Аркадія» 6,8 мкг/дм<sup>3</sup> спостерігались в кінці грудня. В річному ході вмісту середнього місячного азоту нітритного максимумами припадають також на лютий, а мінімуми приходяться на березень – червень, що наведено на рисунку 1.12а.

Вміст азоту нітратного в районі мису Малий Фонтан і в районі пляжу «Аркадія», віддалених від зон стоку дренажних вод, коливався в межах від 1,9 мкг/дм<sup>3</sup> до 128,9 мкг/дм<sup>3</sup>, при середніх значеннях 37,1 мкг/дм<sup>3</sup> і 47,3 мкг/дм<sup>3</sup>, відповідно, в районі пляжу «Аркадія» і мису Малий Фонтан. Максимальні концентрації азоту нітратного спостерігались в листопаді: 125 мкг/дм<sup>3</sup> в районі мису Малий Фонтан і 110 мкг/дм<sup>3</sup> – пляжу «Аркадія». Середні місячні значення азоту нітратного досягали максимуму в жовтні і грудні, наведено на рисунку 1.12б.

Вміст азоту амонійного в прибережних водах масиву СW5 у 2020 р. в зоні рекреації не перевищував межу аналітичного нуля <15 мкг/дм<sup>3</sup>.

Сума вмісту мінеральних форм азоту в прибережних водах в районі м. Одеса в зоні рекреації в 2020 р. змінювалась в межах від 2,7 мкг/дм<sup>3</sup> до 132 мкг/дм<sup>3</sup> і в середньому за рік в районі мису Малий Фонтан складала 49,9 мкг/дм<sup>3</sup>, а в районі пляжу «Аркадія» – 39,7 мкг/дм<sup>3</sup>.

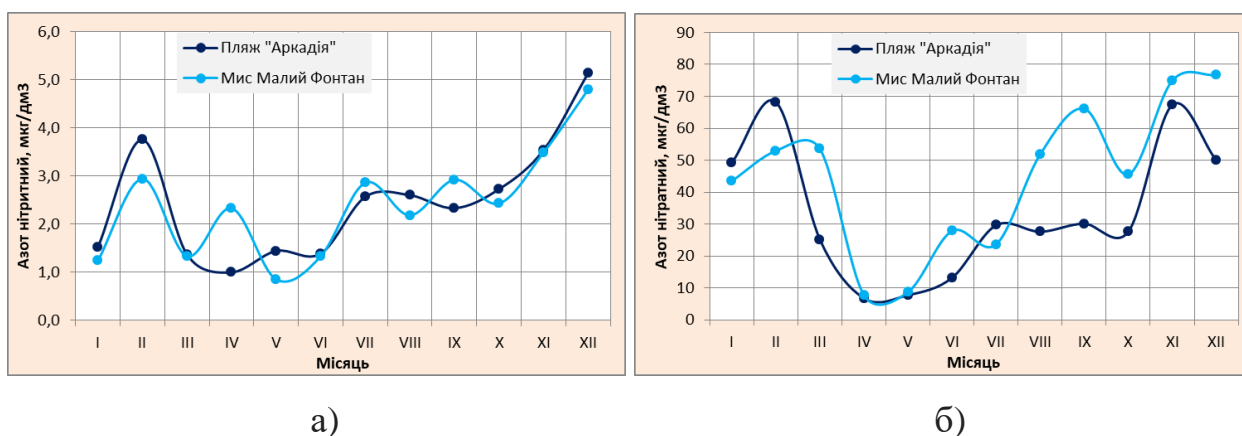


Рисунок 1.12 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного вмісту азоту нітритного і нітратного в прибережних водах району м. Одеса у 2020 р. а) мінливість вмісту азоту нітритного; б) мінливість вмісту азоту нітратного

В сумі мінеральних форм азоту максимальний внесок, близько 94 %, припадає на азот нітратний, приблизно 6 % – на азот нітритний і майже 0,1 % – 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 прибережному водному масиві CW5 у 2020 р. змінювались в діапазоні від 97 мкг/дм<sup>3</sup> до 2940 мкг/дм<sup>3</sup>. В середньому за рік вміст азоту загального в прибережних водах в районі мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія» був на рівні 547 мкг/дм<sup>3</sup> і 495 мкг/дм<sup>3</sup>, відповідно. В складі загального азоту значно переважає складова органічної форми азоту і в 2020 р. за даними спостережень співвідношення Норг. / Nмін. в середньому дорівнювало 20,8. 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 1.13.





Рисунок 1.13 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного вмісту азоту загального в прибережних морських водах району м. Одеса у 2020 р.

Відношення вмісту загального азоту до загального фосфору в прибережних морських водах району м. Одеса складало у 2020 р. в середньому 18,1.

В багаторічному плані 2000 - 2020 рр. вміст середньої річної суми мінеральних форм азоту DIN в прибережному масиві вод CW5 ЧМ виявляє тенденцію до зменшення її концентрації з 182,9 мкг/дм<sup>3</sup> в 2001 р. до 52,3 мкг/дм<sup>3</sup> в 2020 р. (рис. 1.14). В останні п'ять років середній річний вміст DIN знаходився в діапазоні від 52,3 мкг/дм<sup>3</sup> до 84,5 мкг/дм<sup>3</sup>, при середньому значенні 63,4 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2020 р. за показником середньої річної концентрації DIN прибережні води в даному районі відповідали ДЕС <52,7 мкг/дм<sup>3</sup>. Загальна тенденція до зниження вмісту DIN в період 2000 - 2020 рр. складала 3,86 мкг/дм<sup>3</sup> у рік.

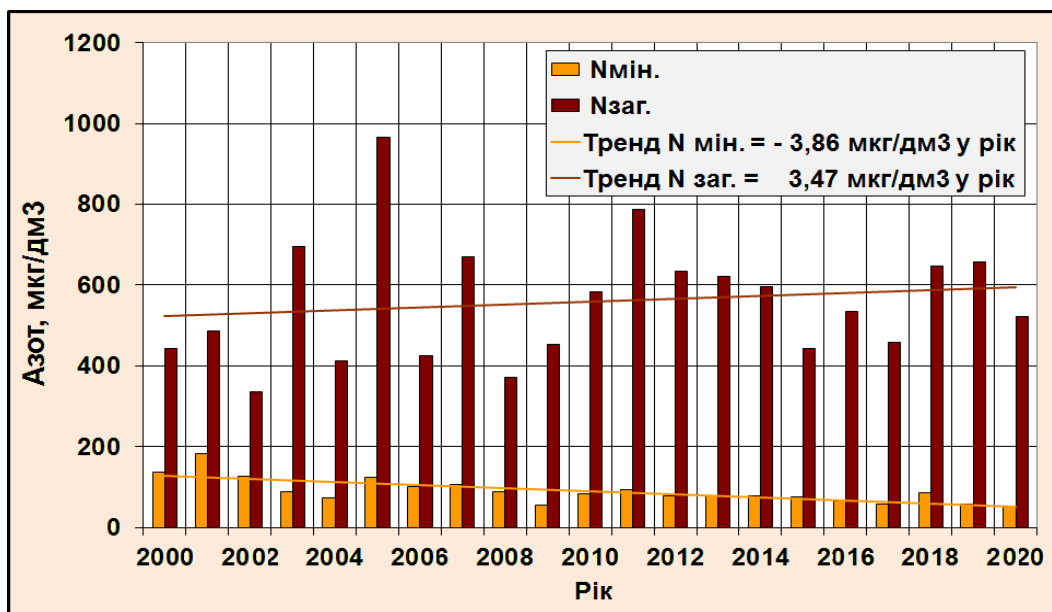


Рисунок 1.14 – Багаторічні зміни вмісту азоту мінерального і загального в прибережних морських водах масиву CW5 в рекреаційній зоні району м. Одеса

Тенденція до зниження вмісту мінеральних сполук азоту визначається і за його індивідуальними показниками нітритного, нітратного і амонійного азоту, що відображено на рисунку 1.15.

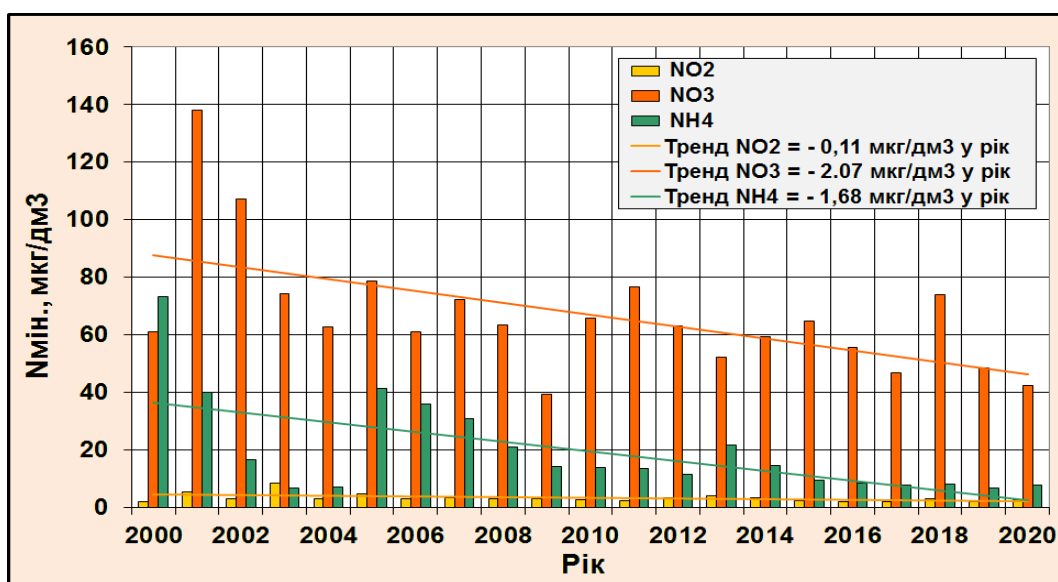


Рисунок 1.15 – Багаторічні зміни вмісту мінеральних форм азоту в прибережних морських водах масиву CW5 в рекреаційній зоні району м. Одеса

Вміст нітритного азоту у період 2000-2020 рр. в прибережних водах масиву CW5 ЧМ за даними середніх річних значень змінювався в діапазоні від 2,0 мкг/дм<sup>3</sup> до 8,2 мкг/дм<sup>3</sup> і в середньому за цей період складав 3,1 мкг/дм<sup>3</sup>. В останні п'ять років середній вміст азоту нітритного знаходився в діапазоні від 2,0 мкг/дм<sup>3</sup> до 2,7 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2020 р. його середній вміст був на рівні 2,6 мкг/дм<sup>3</sup>, що відповідає рівню ДЕС <3,0 мкг/дм<sup>3</sup> для водного масиву CW5.

Середній річний вміст азоту нітратного в 2000-2020 рр. змінювався в межах від 39,2 мкг/дм<sup>3</sup> до 138 мкг/дм<sup>3</sup> і був на рівні 66,9 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум азоту нітратного відмічався у 2001 р. Тенденція лінійного тренду до зниження вмісту азоту нітратного складала 2,1 мкг/дм<sup>3</sup> у рік. У 2020 р. середній вміст азоту нітратного 42,2 мкг/дм<sup>3</sup> для прибережного водного масиву CW5 відповідав рівню ДЕС < 45,2 мкг/дм<sup>3</sup>.

Вміст амонійного азоту в період 2000-2020 рр. за даними середніх річних значень коливався в діапазоні від 6,7 мкг/дм<sup>3</sup> до 73,1 мкг/дм<sup>3</sup>, з максимумом у 2000 р. В середньому за цей період його вміст був на рівні 19,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Загальна тенденція до зниження його вмісту складала 1,7 мкг/дм<sup>3</sup> у рік. За останні п'ять років азот амонійний в середньому знаходився в діапазоні від 6,7 мкг/дм<sup>3</sup> до 8,4 мкг/дм<sup>3</sup> і складав в середньому за цей період 7,6 мкг/дм<sup>3</sup>. У 2020 р. вміст амонійного азоту склав 7,5 мкг/дм<sup>3</sup> і був менш середнього за останні п'ять років.

На відміну від суми мінерального азоту, середній річний вміст загального азоту в період 2000-2020 рр. виявляє тенденцію підвищення його вмісту за рахунок органічної складової. Середня річна концентрація TN в цей період в прибережному масиві вод CW5 ЧМ коливалась в діапазоні від 335 мкг/дм<sup>3</sup> до 966 мкг/дм<sup>3</sup>. Відношення Норг./ Nмін. поступово зростало від 1,7 в 2001р. до 10,6 в 2019 р. В останні п'ять років середній річний вміст TN знаходився в діапазоні від 457 мкг/дм<sup>3</sup> до 658 мкг/дм<sup>3</sup>, при середньому значенні 564 мкг/дм<sup>3</sup>. У 2020 р. середній річний вміст TN в водному масиві

CW5 складав  $521 \text{ мкг/дм}^3$ , що перевищує рівень показника ДЕС  $314 \text{ мкг/дм}^3$  і відповідає «поганому» стану.

Концентрації кремнію в прибережних водах ПЗШ ЧМ в рекреаційній зоні в районі змінювались в широкому діапазоні від  $33 \text{ мкг/дм}^3$  до  $800 \text{ мкг/дм}^3$  і в середньому за 2020 рік в зоні досліджень на акваторії мису Малий Фонтан та пляжу «Аркадія» склали  $279 \text{ мкг/дм}^3$  і  $310 \text{ мкг/дм}^3$ , відповідно. Максимальні концентрації кремнію відмічались в грудні під впливом трансформованих вод Дніпровського лиману. В річному ході середнього місячного вмісту кремнію максимальні його значення  $422\text{-}600 \text{ мкг/дм}^3$  в 2020 р. в районі Одеського узбережжя спостерігались в зимовий та осінній періоди, в весняний та літній періоди концентрації зменшувались до мінімуму  $76\text{-}107 \text{ мкг/дм}^3$ , що наведено на рисунку 1.16.

За багаторічними даними спостережень 2003-2020 рр. в прибережних водах масиву CW5 Одеського регіону ЧМ також спостерігається і тенденція зменшення вмісту кремнію, концентрація якого в цей період змінювались в діапазоні від  $222 \text{ мкг/дм}^3$  до  $782 \text{ мкг/дм}^3$  і в середньому за цей період склали  $498 \text{ мкг/дм}^3$ . Загальна тенденція лінійного тренду в цей період до зниження його вмісту складала  $14,9 \text{ мкг/дм}^3$  у рік (рис. 1.17).

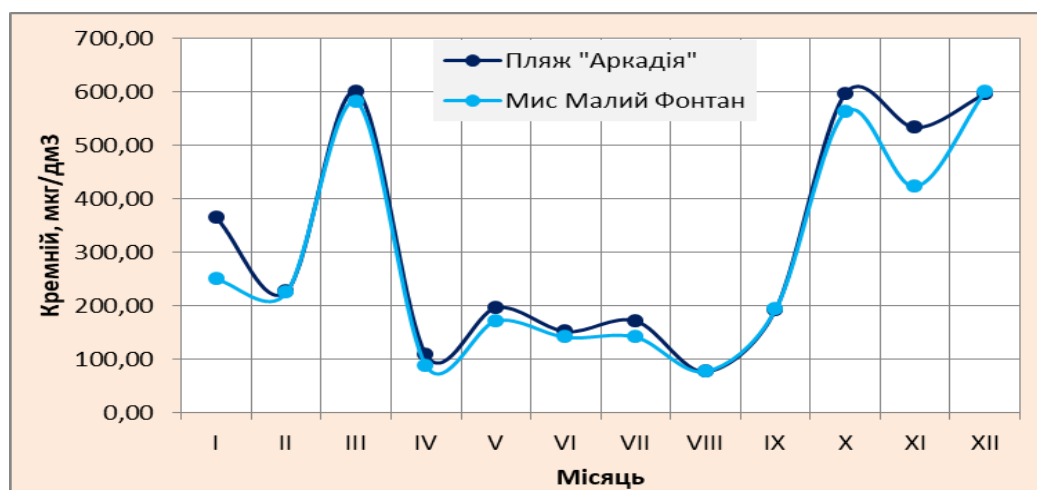


Рисунок 1.16 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень кремнію в прибережних морських водах району м. Одеса у 2020 р.

За останні п'ять років середній річний вміст кремнію знаходився в діапазоні від 295 мкг/дм<sup>3</sup> до 691 мкг/дм<sup>3</sup>, при середньому значенні 409 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2020 р. середня річна концентрація кремнію складала 295 мкг/дм<sup>3</sup> і була заниженою відповідно до ДЕС 400 мкг/дм<sup>3</sup>, що в деякій мірі лімітує розвиток діатомових водоростей.

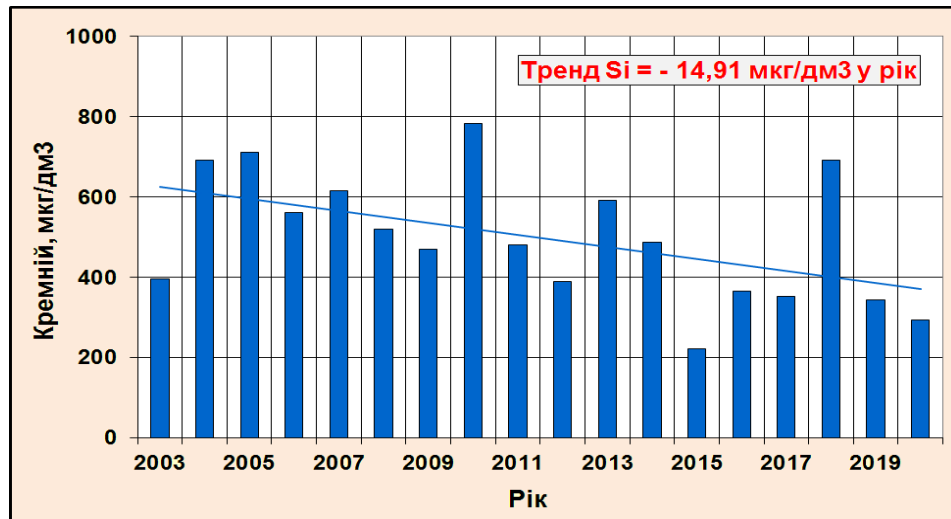


Рисунок 1.17 – Багаторічні зміни вмісту кремнію в прибережних морських водах масиву CW5 ЧМ в рекреаційній зоні району м. Одеса

### 1.3 Мінливість гідрохімічного стану вод Дунайського узмор'я

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

Екологічний моніторинг ПЗШ ЧМ району узмор'я Дунаю не має конкретної сезонної періодичності, у 2020 р. він виконувався лише в серпні, а в 2019 році – в травні та листопаді. Тому, мінливість гідрохімічного стану

вод Дунайського узмор'я у серпні 2020 році доцільно буде розглянути в порівнянні з аналогічним періодом 2018 року.

Концентрації кисню в поверхневих водах Дунайського узмор'я в серпні 2020 р. знаходились на рівні від 10,7 мг/дм<sup>3</sup> до 12,2 мг/дм<sup>3</sup> (від 125 % до 155 % насичення). В середньому концентрація кисню на поверхні моря складала 11,5 мг/дм<sup>3</sup> (141 % насичення). Підвищені концентрації кисню спостерігались в північній зоні досліджень в районі дампіngu та в південно-західній частині полігону досліджень, що припадає на прибережну ділянку поблизу гирла Східне, що обумовлюється впливом річкового стоку. В цих районах спостерігалось і максимальне насичення киснем поверхневих вод до 155 %, що наведено в таблиці 1.5.

В серпні 2018 р. концентрації кисню в поверхневому шарі були меншими на відміну від серпня 2020 р. і змінювались в діапазоні від 7,2 мг/дм<sup>3</sup> до 11,2 мг/дм<sup>3</sup>, відносна насиченість вод киснем змінювалась в діапазоні від 93 % до 139 % насичення.

Таблиця 1.5 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих вод Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ в 2018 та 2020 рр.

Показник	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	pH	Завислі речовини
	мг/дм <sup>3</sup>	% насичення	од. рН	мг/дм <sup>3</sup>
Серпень 2020 р.				
Кількість визначень	12	12	12	12
Середнє	11,5	141,3	8,5	11,1
Максимум	12,2	155,0	8,6	20,7
Мінімум	10,7	125,0	8,2	4,0
СКВ	0,5	9,8	0,1	5,3
Серпень 2018 р.				
Кількість визначень	12	12	12	12
Середнє	8,9	112,9	8,8	42,9
Максимум	11,2	139,0	9,1	130,0
Мінімум	7,2	93,0	8,4	7,3
СКВ	1,3	15,3	0,3	49,0

Середні значення концентрації кисню та відносної насиченості на поверхні моря складала, відповідно, 8,9 мг/дм<sup>3</sup> та 112,9 % насичення).

Підвищені концентрації кисню та його відносної насиченості в цей період спостережень спостерігались в північній зоні досліджень в районі дам্পінгу.

В придонному шарі концентрації кисню в серпні 2020 р. змінювались в діапазоні від 5,5 мг/дм<sup>3</sup> до 12,0 мг/дм<sup>3</sup> (від 70 % до 141 % насиченості), при середньому значенні концентрації кисню по району досліджень 9,4 мг/дм<sup>3</sup> (114 % насичення). Максимальні концентрації кисню 12,0 мг/дм<sup>3</sup> (124 % насичення) у придонному шарі в серпні 2020 р. спостерігалися в північній зоні досліджень, наведено в таблиці 1.6, а також були підвищеними в прибережній ділянці гирла Бистре. Слід відзначити, що умови кисневого режиму влітку 2020 року були не сприятливими в південно-західній частині Дунайського узмор'я і вміст кисню в придонному шарі (5,5 мг/дм<sup>3</sup>) був менш рівня ГДК (6,0 мг/дм<sup>3</sup>) для води рибогосподарських водойм [9]. Вміст кисню в середньому зменшувався до 7,5 мг/дм<sup>3</sup> (95,2 % насичення).

Таблиця 1.6 – Показники мінливості гідрохімічного стану придонних вод Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ в 2018 та 2020 рр.

Показник	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	pH	Завислі речовини
	мг/дм <sup>3</sup>	% насичення	од. рН	мг/дм <sup>3</sup>
Серпень 2020 р.				
Кількість визначень	12	12	12	12
Середнє	9,4	114,1	8,4	12,2
Максимум	12,0	141,0	8,5	28,8
Мінімум	5,5	69,9	8,3	3,3
СКВ	1,9	21,8	0,1	9,1
Серпень 2018 р.				
Кількість визначень	12	12	12	12
Середнє	7,2	93,9	8,6	46,3
Максимум	10,6	110,0	8,9	170,0
Мінімум	3,5	41,0	8,3	4,2
СКВ	1,9	20,7	0,2	58,4

В серпні 2018 р. концентрації кисню в придонному шарі змінювались в діапазоні від 3,5 мг/дм<sup>3</sup> до 10,6 мг/дм<sup>3</sup> (від 41 % до 110 % насиченості), при середньому значенні концентрації кисню по району досліджень 7,2 мг/дм<sup>3</sup> (94 % насичення).

Максимальні концентрації кисню  $10,6 \text{ мг/дм}^3$  (94 % насичення) у придонному шарі в серпні 2020 р. спостерігалися в північній зоні досліджень в районі дампінгу, наведено в таблиці 1.6, а також були підвищеними в прибережній ділянці гирла Бистре. Умови кисневого режиму влітку 2018 року були не сприятливими в південно-східній частині Дунайського узмор'я, де вміст кисню був нижчим за рівень ГДК [10] визначених у внутрішніх морських водах та територіальному морі України ( $4,0 \text{ мг/дм}^3$ ).

Поверхневий та придонний просторові розподіли вмісту абсолютного та відносного кисню в влітку 2020 р. та 2018 р. наведено на рисунках 1.18-1.21.

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.

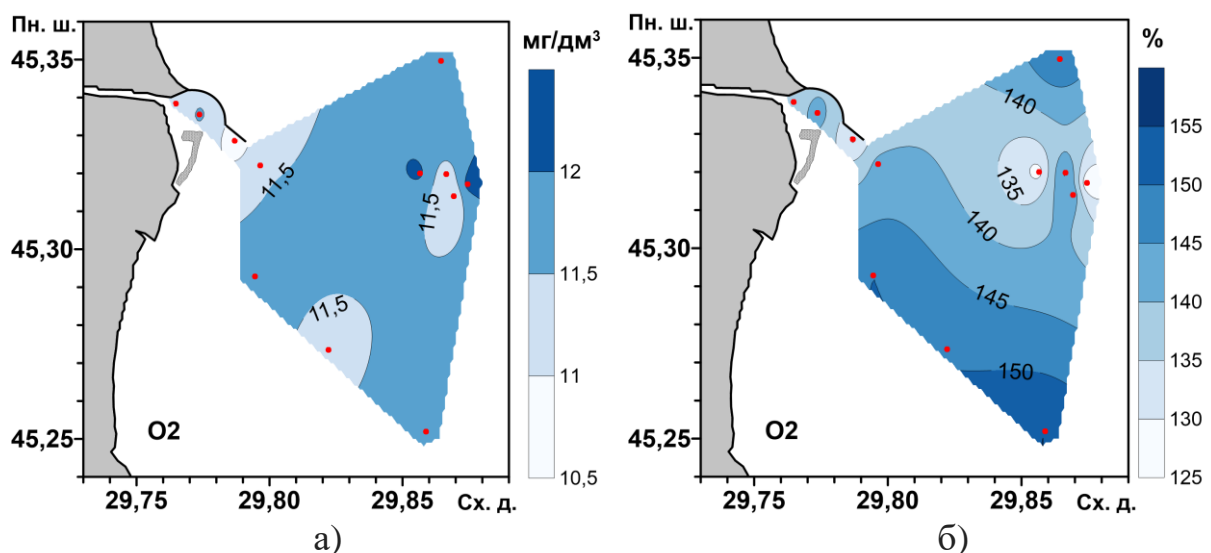


Рисунок 1.18 – Просторовий розподіл вмісту кисню та його насиченості поверхневих вод на Дунайському узмор'ї влітку 2020 р. в районі гирла Бистре: а) серпень 2020 р., абсолютний вміст кисню; б) серпень 2020 р., відносний вміст кисню



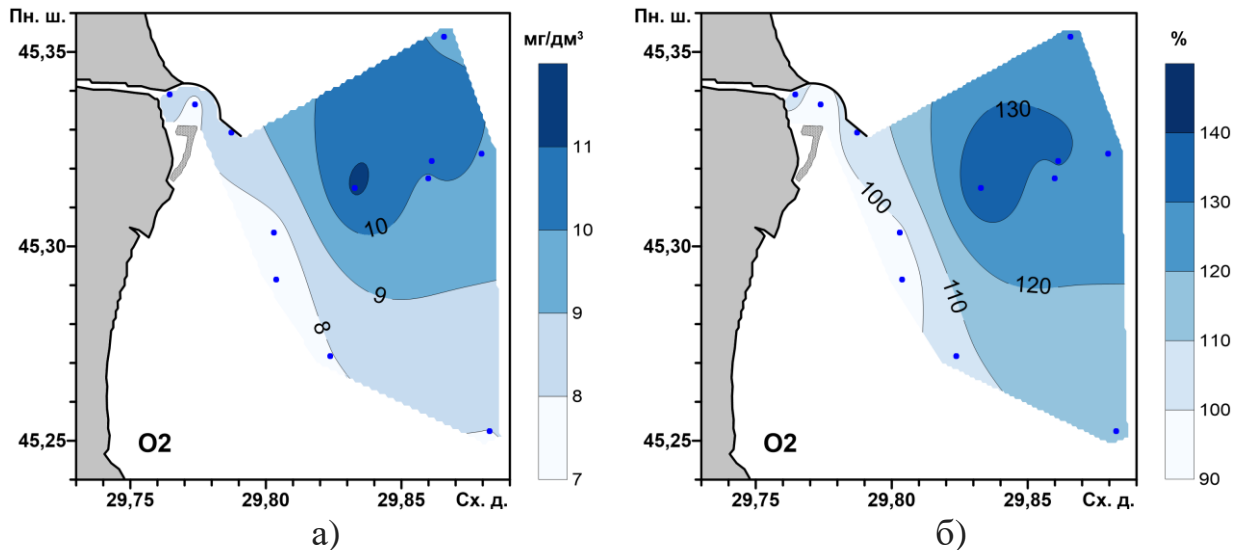


Рисунок 1.19 – Просторовий розподіл вмісту кисню та його насиченості поверхневих вод на Дунайському узмор'ї влітку 2018 р. в районі гирла Бистре: а) серпень 2018 р., абсолютний вміст кисню; б) серпень 2018 р., відносний вміст кисню

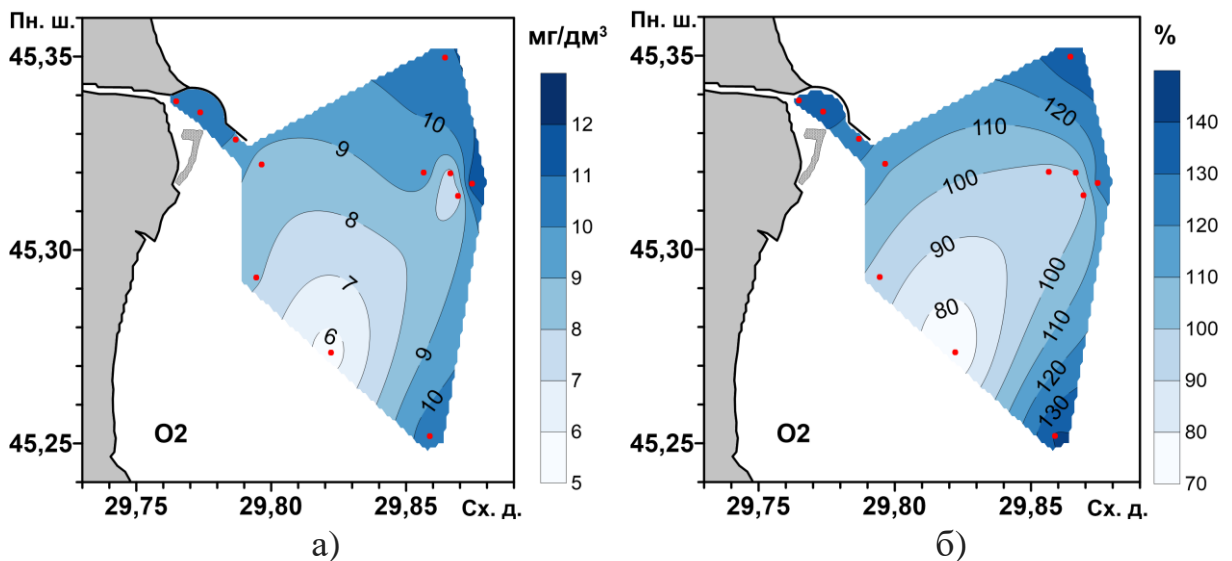


Рисунок 1.20 – Просторовий розподіл вмісту кисню та його насиченості придонних вод на Дунайському узмор'ї влітку 2020 р. в районі гирла Бистре: а) серпень 2020 р., абсолютний вміст кисню; б) серпень 2020 р., відносний вміст кисню

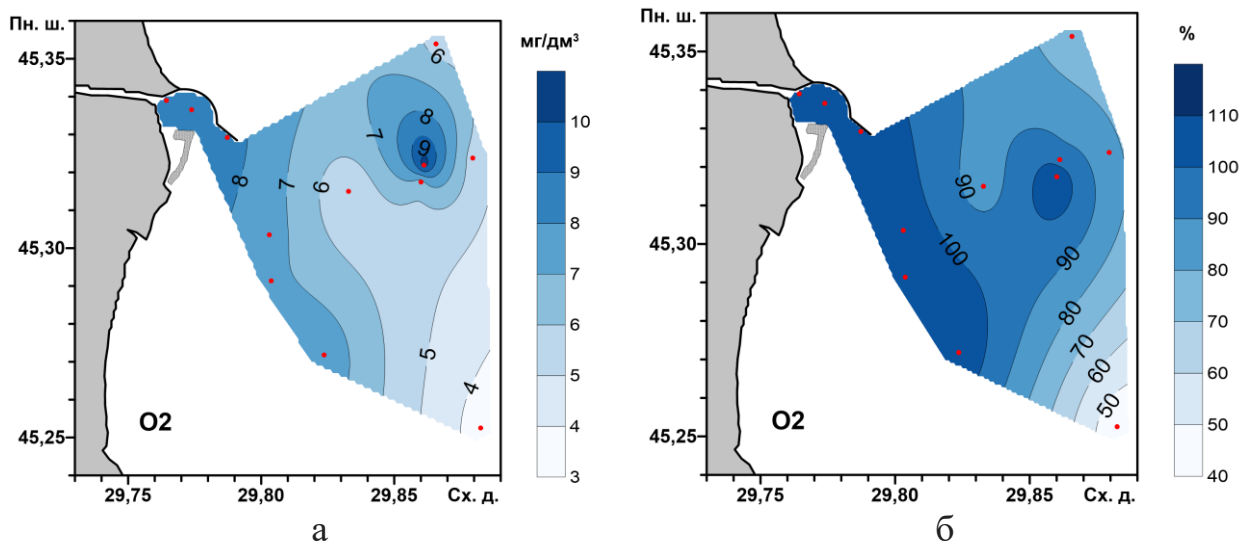


Рисунок 1.21 – Просторовий розподіл вмісту кисню та його насиченості придонних вод на Дунайському узмор’ї влітку 2018 р. в районі гирла Бистре:

а) серпень 2018 р., абсолютний вміст кисню;

б) серпень 2018 р., відносний вміст кисню

Водневий показник рН на Дунайському узмор’ї у серпні 2020 р. змінювався в поверхневих водах в діапазоні від 8,2 од. рН до 8,6 од. рН при середньому значенні по району досліджень 8,5 од. рН, а в серпні 2018 р. – від 8,4 од. рН до 9,1 од. рН при середньому значенні 8,8 од. рН.

В придонному шарі значення водневого показника в серпні 2020 р. змінювались в межах від 8,3 од. рН до 8,5 од. рН при середньому по району досліджень – 8,4 од. рН, а в серпні 2018 р. – від 8,3 од. рН до 8,9 од. рН при середньому – 8,6 од. рН.

В серпні 2020 р. спостерігалось перевищення допустимого рівня рН в поверхневих водах – 6 випадків, в придонних – 1 випадок, що було вище допустимого рівня (ГДК 8,50 од. рН) визначеного для внутрішніх морських вод та територіальному морі України. Перевищень допустимого рівня рН спостерігалось більше влітку 2018 р.: в поверхневих водах – 9 випадків, в придонних – 6 випадків.

Вміст завислих речовин на узмор’ї Дунаю в поверхневому шарі в серпні 2020 р. змінювався в діапазоні від 4,0 мг/дм<sup>3</sup> до 20,7 мг/дм<sup>3</sup> і в середньому складав 11,1 мг/дм<sup>3</sup>. В той же час у придонному шарі

концентрації завислих речовин спостерігалися в діапазоні від  $3,3 \text{ мг/дм}^3$  до  $28,8 \text{ мг/дм}^3$  при середньому значенні  $12,2 \text{ мг/дм}^3$ . Підвищені концентрації завислих речовин, як на поверхні, так і в придонному шарі в серпні 2020 р. спостерігались в прибережній зоні в районі гирла Бистре, відображено на рисунку 1.22.

Вміст завислих речовин на узмор'ї Дунаю в поверхневому шарі у серпні 2018 р. змінювався в діапазоні від  $7,3 \text{ мг/дм}^3$  до  $130,0 \text{ мг/дм}^3$  і в середньому складав  $42,9 \text{ мг/дм}^3$ . В той же час у придонному шарі концентрації завислих речовин спостерігалися в діапазоні від  $4,2 \text{ мг/дм}^3$  до  $170,0 \text{ мг/дм}^3$  при середньому значенні  $46,3 \text{ мг/дм}^3$ . Підвищені концентрації завислих речовин, як на поверхні, так і в придонному шарі в серпні 2018 р. спостерігались в прибережній зоні в районі гирла Бистре, відображено на рисунку 1.23

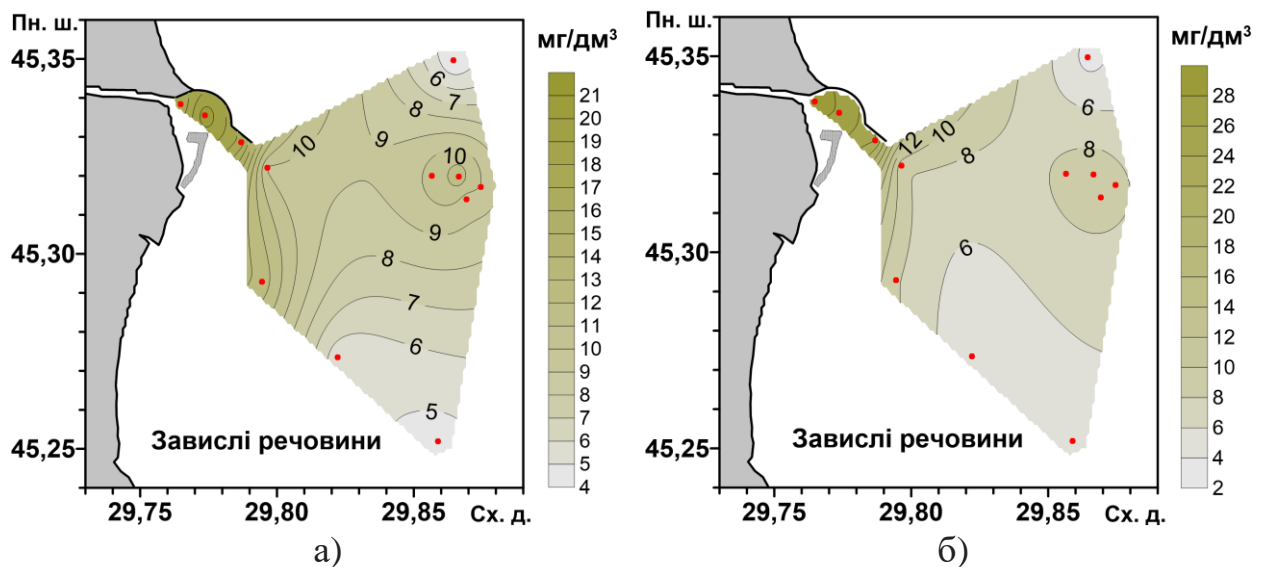


Рисунок 1.22 – Просторовий розподіл завислої речовини в поверхневому і придонному шарі вод на Дунайському узмор'ї в серпні 2020 р. в районі гирла Бистре: а) поверхня; б) дно

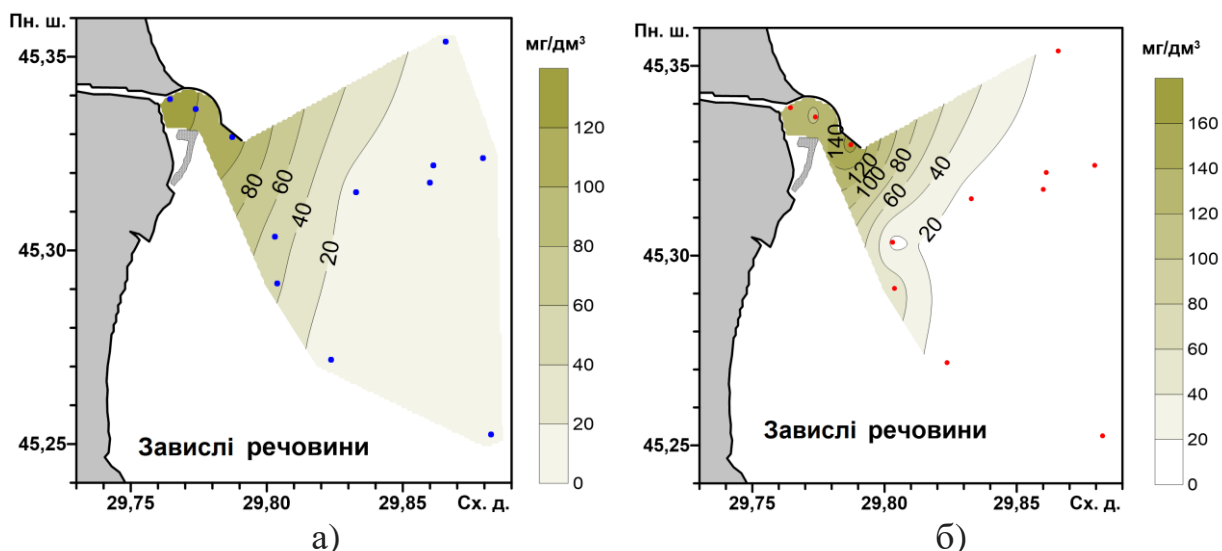


Рисунок 1.23 – Просторовий розподіл завислої речовини в поверхневому і придонному шарі вод на Дунайському узмор’ї в серпні 2018 р. в районі гирла Бистре: а) поверхня; б) дно

Вміст фосфору фосфатного в поверхневому шарі на узмор’ї Дунаю змінювався в діапазоні від 4,8 мкг/дм<sup>3</sup> до 52,6 мкг/дм<sup>3</sup> в серпні 2020 р. і від 3,9 мкг/дм<sup>3</sup> до 70,0 мкг/дм<sup>3</sup> в серпні 2018 р. Середні значення по району досліджень складали 17,3 мкг/дм<sup>3</sup> і 24,2 мкг/дм<sup>3</sup>, відповідно, в серпні 2020 р. та серпні 2018 р., що наведено в таблиці 1.7.

В придонному шарі вміст фосфору фосфатного змінювався від 3,3 мкг/дм<sup>3</sup> до 65,0 мкг/дм<sup>3</sup> в серпні 2020 р. і від 3,9 мкг/дм<sup>3</sup> до 80,4 мкг/дм<sup>3</sup> в серпні 2018 р.; максимальні значення його вмісту в придонному шарі трохи перевищували відповідні значення, що зареєстровані в поверхневому шарі, наведено в таблиці 1.8.

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 в серпні 2020 р., так і в серпні 2018 р.

Таблиця 1.7 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в поверхневих водах Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ в 2018 та 2020 рр.

Показник	P(PO <sub>4</sub> )	TP	N(NO <sub>2</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NH <sub>4</sub> )	TN	Si(SiO <sub>4</sub> )
	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>
Серпень 2020 р.							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	17,3	29,0	9,9	457,9	4,2	1081,1	1141,5
Максимум	52,6	59,5	24,2	1211,0	14,4	1628,0	2792,0
Мінімум	4,8	14,1	1,7	48,5	0,0	486,0	152,0
СКВ	17,3	17,0	9,7	405,2	5,0	426,7	1103,4
Серпень 2018 р.							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	24,2	39,4	7,9	403,6	10,8	1754,3	1012,9
Максимум	70,1	80,6	24,4	1490,0	53,5	3650,0	2936,0
Мінімум	3,9	16,1	0,7	2,0	0,2	197,0	13,0
СКВ	25,8	22,3	7,6	539,9	15,8	1266,7	1168,7

Таблиця 1.8 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в придонних водах Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ в 2018 та 2020 рр.

Показник	P(PO <sub>4</sub> )	TP	N(NO <sub>2</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NH <sub>4</sub> )	TN	Si(SiO <sub>4</sub> )
	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>
Серпень 2020 р.							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	17,0	29,1	5,8	296,0	4,7	818,1	590,2
Максимум	65,0	87,6	21,0	993,0	15,2	1385,0	2521,0
Мінімум	3,3	11,0	0,6	14,5	0,0	292,0	7,0
СКВ	20,4	24,5	7,5	345,7	5,8	337,8	884,4
Серпень 2018 р.							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	21,8	32,8	6,7	360,2	7,1	2118,6	939,4
Максимум	80,4	82,6	26,3	1439,0	21,1	4296,0	2936,0
Мінімум	3,9	14,1	0,6	1,0	0,2	273,0	95,0
СКВ	26,2	21,0	7,7	606,4	6,4	1654,3	1008,3

Вміст фосфору загального (суми його мінеральних і органічних форм) в поверхневих водах на узмор'ї Дунаю в серпні 2020 р. знаходився в діапазоні від 14,1 мкг/дм<sup>3</sup> до 59,5 мкг/дм<sup>3</sup> і в середньому складав

29,0 мкг/дм<sup>3</sup>, а в серпні 2018 р. – від 16,1 мкг/дм<sup>3</sup> до 80,6 мкг/дм<sup>3</sup> при середньому – 39,4 мкг/дм<sup>3</sup>, що зображено на рисунку 1.24 і 1.25.

В придонних водах вміст фосфору загального на узмор'ї Дунаю в серпні 2020 р. знаходився в діапазоні від 11,0 мкг/дм<sup>3</sup> до 87,6 мкг/дм<sup>3</sup> і в середньому складав 29,1 мкг/дм<sup>3</sup>, а в серпні 2018 р. – від 14,1 мкг/дм<sup>3</sup> до 82,6 мкг/дм<sup>3</sup> при середньому – 32,8 мкг/дм<sup>3</sup> (рисунок 1.26 і 1.27).

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 подалі від гирла переважає органічна форма фосфору.

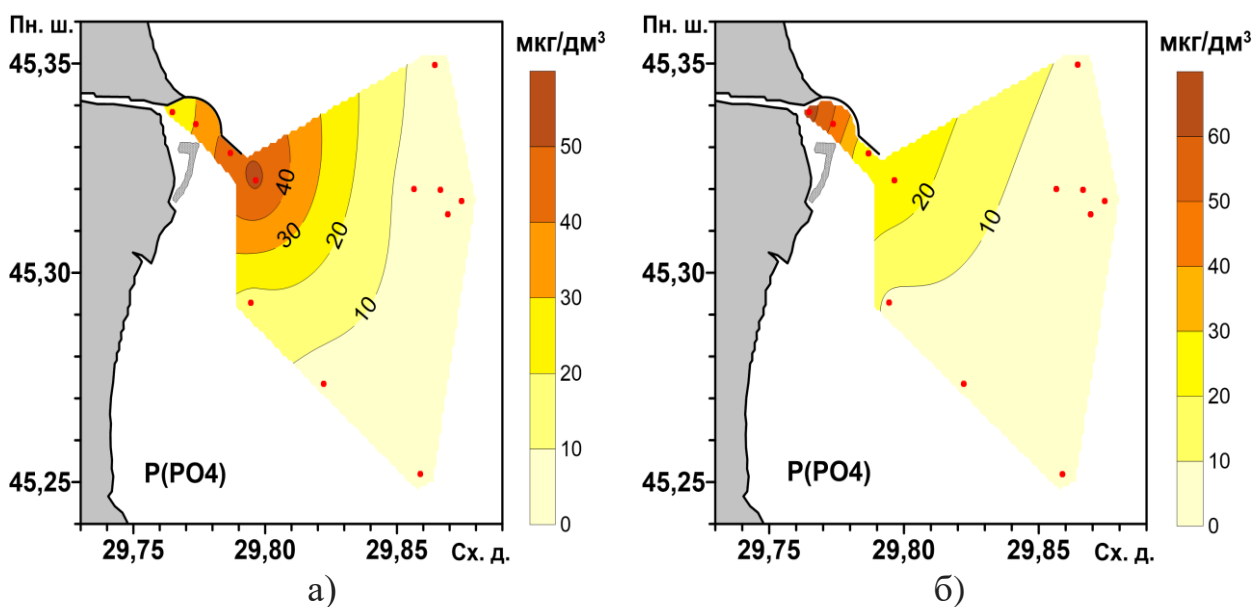


Рисунок 1.24 – Просторовий розподіл фосфору фосфатного в поверхневому та придонному шарах вод на Дунайському узмор'ї в серпні 2020 в районі гирла Бистре: а) серпень 2020 р., поверхневий шар; б) серпень 2020 р., придонний шар

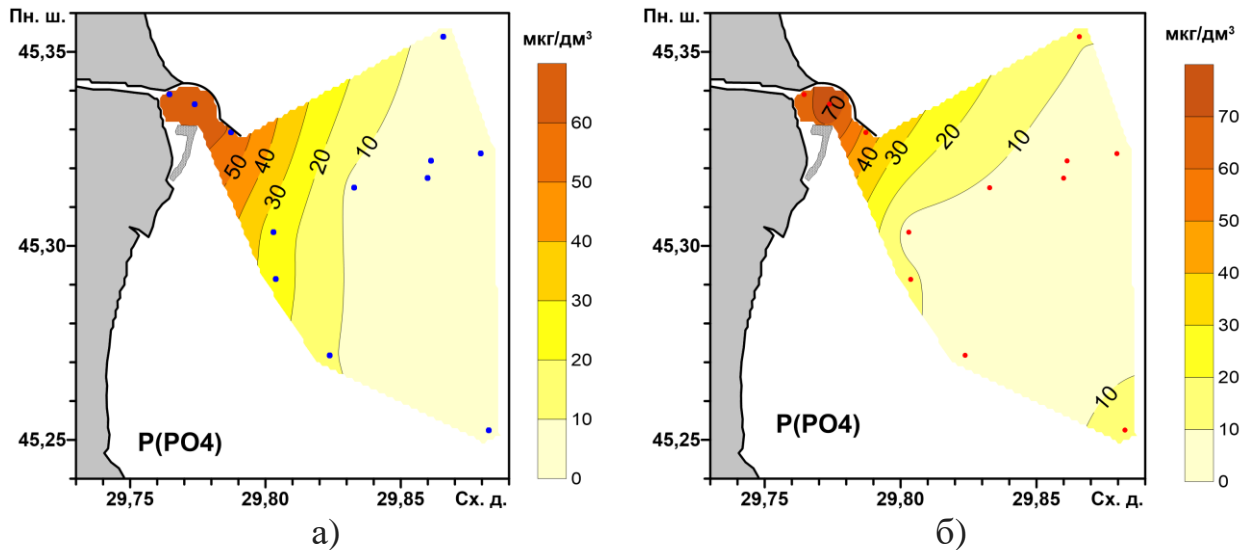


Рисунок 1.25 – Просторовий розподіл фосфору фосфатного в поверхневому та придонному шарах вод на Дунайському узмор'ї в серпні 2018 р. в районі гирла Бистре: а) серпень 2018 р., поверхневий шар; б) серпень 2018 р., придонний шар

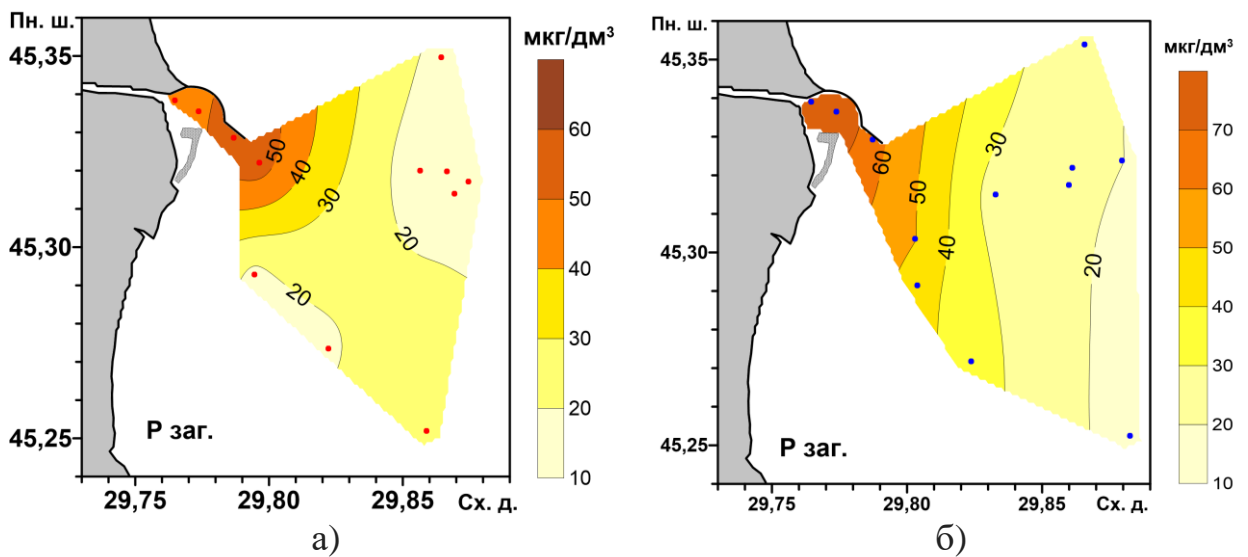


Рисунок 1.26 – Просторовий розподіл фосфору загального в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї в серпні 2020 р. і в серпні 2018 р. в районі гирла Бистре: а) серпень 2020 р.; б) серпень 2018 р.

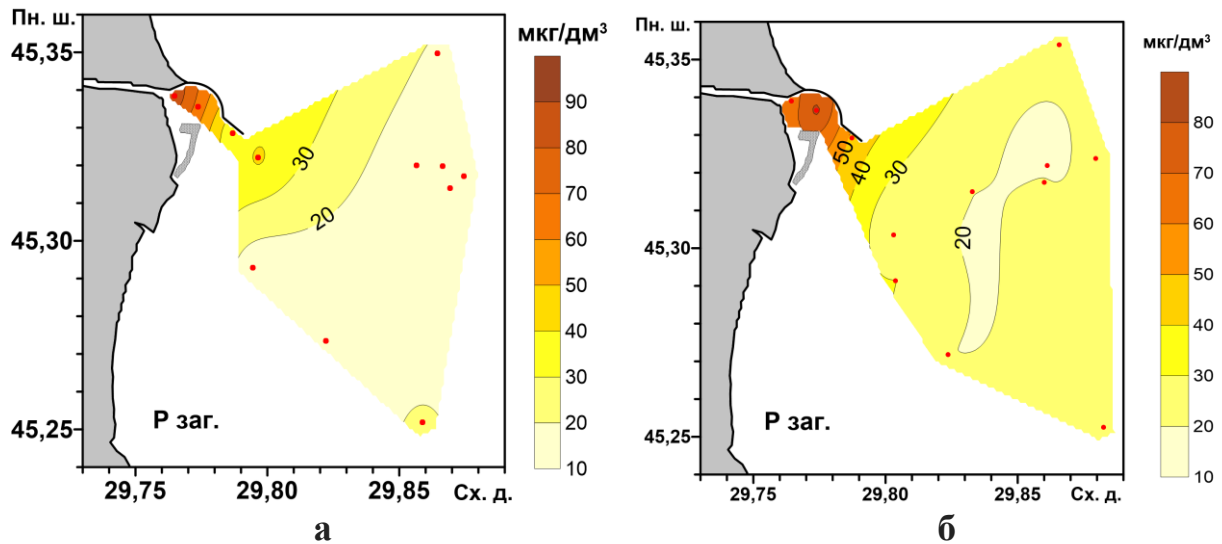


Рисунок 1.27 – Просторовий розподіл фосфору загального в придонному шарі вод на Дунайському узмор'ї в серпні 2020 р. і в серпні 2018 р. в районі гирла Бистре: а) серпень 2020 р.; б) серпень 2018 р.

Концентрації азоту нітритного в поверхневих водах на Дунайському узмор'ї в серпні 2020 р. знаходились в діапазоні від 1,7 мкг/дм<sup>3</sup> до 24,2 мкг/дм<sup>3</sup>, а в серпні 2018 р. від 0,7 мкг/дм<sup>3</sup> до 24,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Середні значення складали в серпні 2020 р. 9,9 мкг/дм<sup>3</sup> і в серпні 2018 р. – 7,9 мкг/дм<sup>3</sup>.

В придонному шарі вод концентрації азоту нітритного відносно поверхневого шару зменшувались і в середньому були на рівні 5,8 мкг/дм<sup>3</sup> і 6,7 мкг/дм<sup>3</sup>, відповідно у серпні 2020 р. і серпні 2018 р. Максимальні концентрації азоту нітритного в придонному шарі в у серпні 2020 р. і серпні 2018 р. були приблизно такими ж як і на поверхні.

В просторовому розподілі азоту нітритного максимальні його концентрації в серпні 2020 р. і серпні 2018 р. спостерігалися в зоні гирла Бистре і з віддаленням від прибережної смуги і зони надходження річкового стоку вміст його значно зменшувався, окрім того, в серпні 2018 р. спостерігались підвищені значення в районі дампінгу, що наведено на рисунку 1.28.



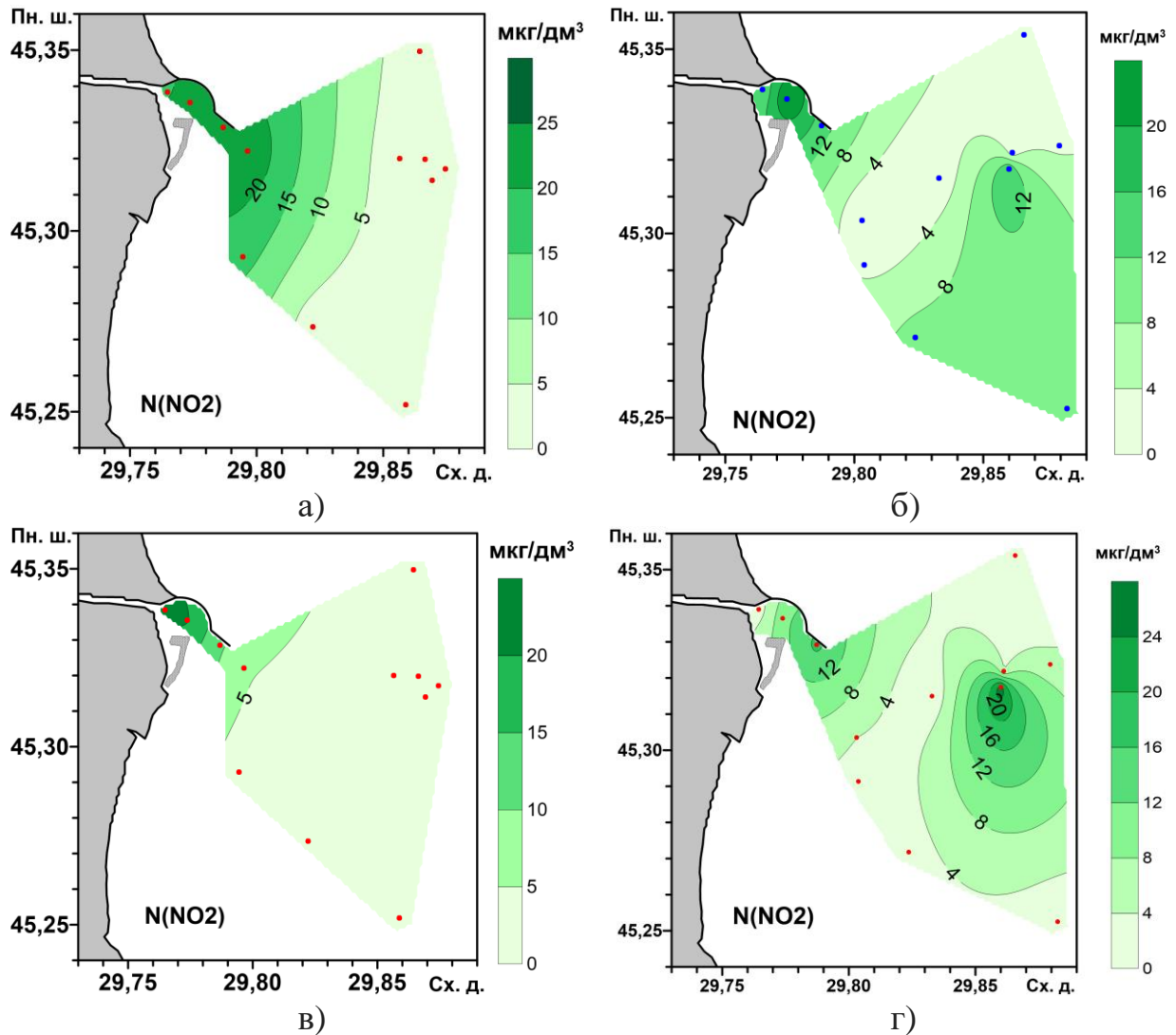


Рисунок 1.28 – Просторовий розподіл азоту нітритного в поверхневому та придонному шарах вод на Дунайському узмор'ї в районі гирла Бистре:  
 а) серпень 2020, поверхневий шар; б) серпень 2018, поверхневий шар;  
 в) серпень 2020, придонний шар; г) серпень 2018, придонний шар

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 широких діапазонах від 48,5 мкг/дм<sup>3</sup> до 1211 мкг/дм<sup>3</sup> в серпні 2020 р. та від 2 мкг/дм<sup>3</sup> до 1490 мкг/дм<sup>3</sup> в серпні 2018 р. при відповідних їм середніх значеннях 458 мкг/дм<sup>3</sup> і 404 мкг/дм<sup>3</sup>. З глибиною вміст нітратного азоту значно зменшувався і в придонному шарі в середньому складав 296 мкг/дм<sup>3</sup> в серпні 2020 р. і 360 мкг/дм<sup>3</sup> в серпні 2018 р., але максимальні концентрації досягали рівня

його вмісту на поверхні. Підвищенні значення азоту нітратного, як в поверхневих, так і в придонних водах, в серпні 2020 р. спостерігались в районі дампіngu. 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 рисунку 1.29.

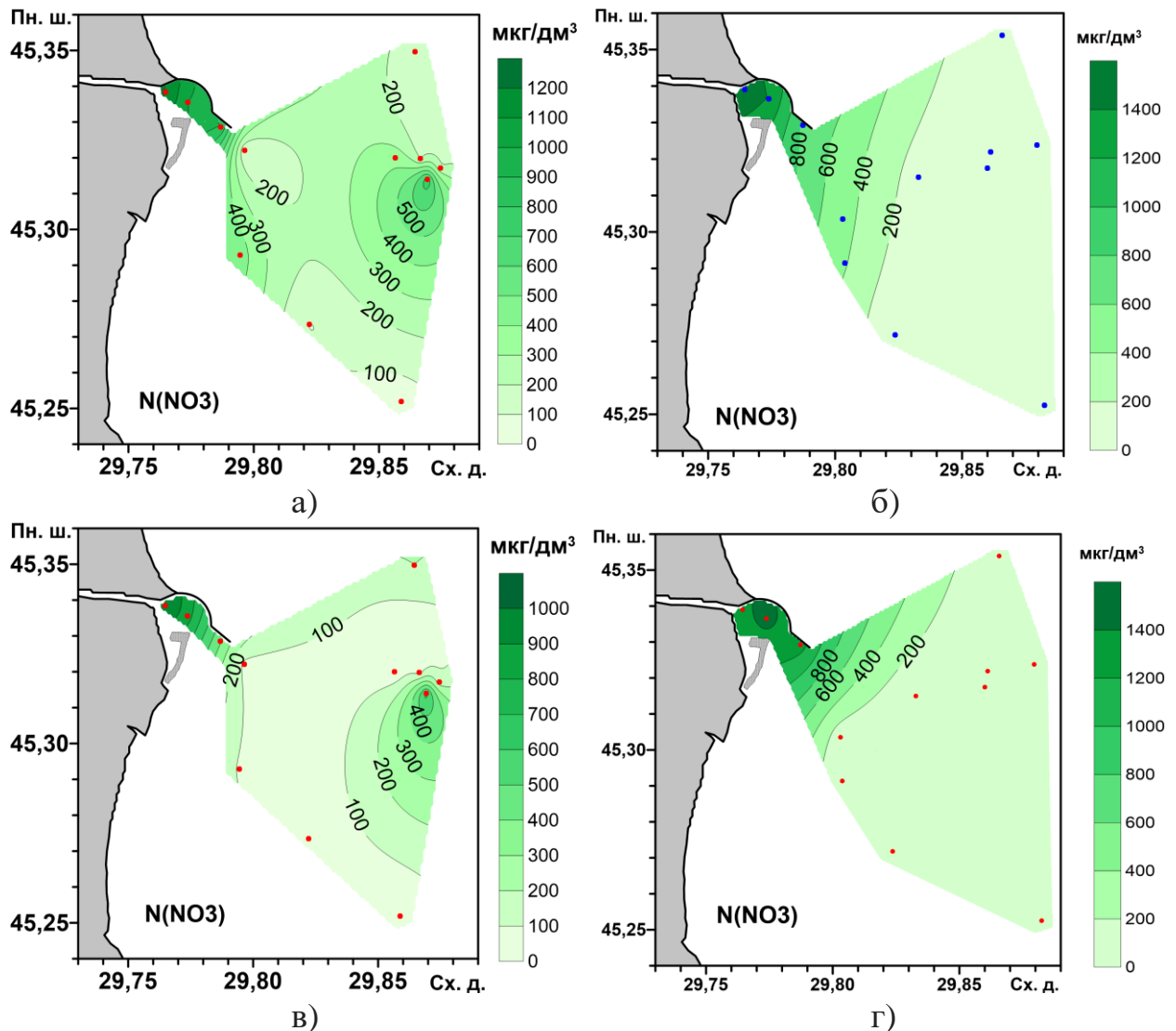


Рисунок 1.29 – Просторовий розподіл азоту нітратного в поверхневому та придонному шарах вод на Дунайському узмор'ї в районі гирла Бистре: а) серпень 2020, поверхневий шар; б) серпень 2018, поверхневий шар; в) серпень 2020, придонний шар; г) серпень 2018, придонний шар

Середні концентрації азоту амонійного в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї склали в серпні 2020 р. 4,2 мкг/дм<sup>3</sup> і в серпні 2018 р.

10,8 мкг/дм<sup>3</sup>. В придонному шарі вод середній вміст азоту амонійного був 4,7 мкг/дм<sup>3</sup> у серпні 2020 р. та 7,1 мкг/дм<sup>3</sup> у серпні 2018 р. Максимальні концентрації в придонному шарі склали у серпні 2020 р. 15,2 мкг/дм<sup>3</sup>, в у серпні 2018 р. – 21,1 мкг/дм<sup>3</sup>.

В просторовому розподілі азоту амонійного на поверхні максимальні концентрації як в серпні 2020 р., так і в серпні 2018 р. спостерігались в південно-західній частині району досліджень навпроти гирла Східне. Підвищені концентрації також спостерігались в районі дампіngu. Такий характер розподілу азоту амонійного обумовлений впливом річкового стоку та особливостями циркуляційних процесів на Дунайському узмор'ї, наведено на рисунку 1.30.

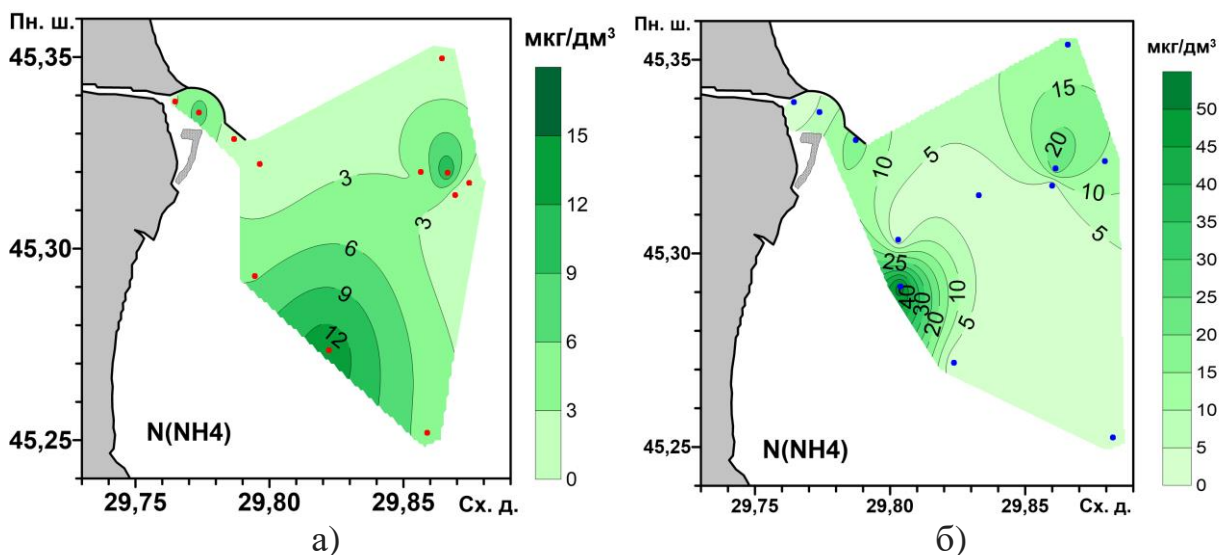


Рисунок 1.30 – Просторовий розподіл азоту амонійного в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї в районі гирла Бистре:

а) серпень 2020 р.; б) серпень 2018 р.

Просторовий розподіл азоту амонійного в придонному шарі вод наведено на рисунку 1.31. Спостерігається схожий з поверхневим просторовий розподіл в серпні 2020 р., на відміну від 2018 р., де максимальне значення азоту амонійного припадає на південний схід Дунайського узмор'я.

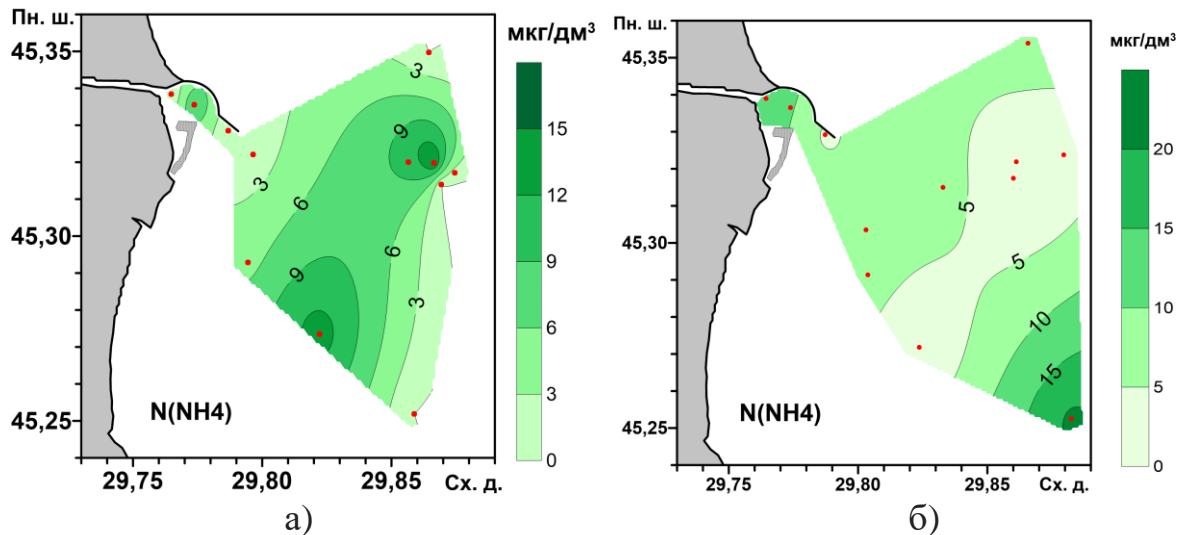


Рисунок 1.31 – Просторовий розподіл азоту амонійного в придонному шарі вод на Дунайському узмор’ї в районі гирла Бистре:  
а) серпень 2020 р.; б) серпень 2018 р.

Вміст азоту загального (суми мінеральних і органічних його форм) в поверхневих водах на Дунайському узмор’ї в серпні 2020 р. знаходився в межах від 486 мкг/дм<sup>3</sup> до 1628 мкг/дм<sup>3</sup> і в середньому складав 1081 мкг/дм<sup>3</sup>, а в серпні 2018 р. змінювався в більш широкому діапазоні від 197 мкг/дм<sup>3</sup> до 3650 мкг/дм<sup>3</sup> при середньому значенні 1754 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальні значення вмісту азоту загального в придонному шарі в серпні 2020 р. були менші, ніж на поверхні, на відміну від серпня 2018 р., де спостерігалось протилежне.

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 розподілі азоту загального на поверхні явно відмічається його підвищений вміст безпосередньо в зоні гирла Бистре та на невеликій відстані від гирла Східне в серпні 2018 р. і в районі дампінгу в серпні 2020 р., і зменшується з віддаленням від впливу річкового стоку, що наведено на рисунку 1.32.

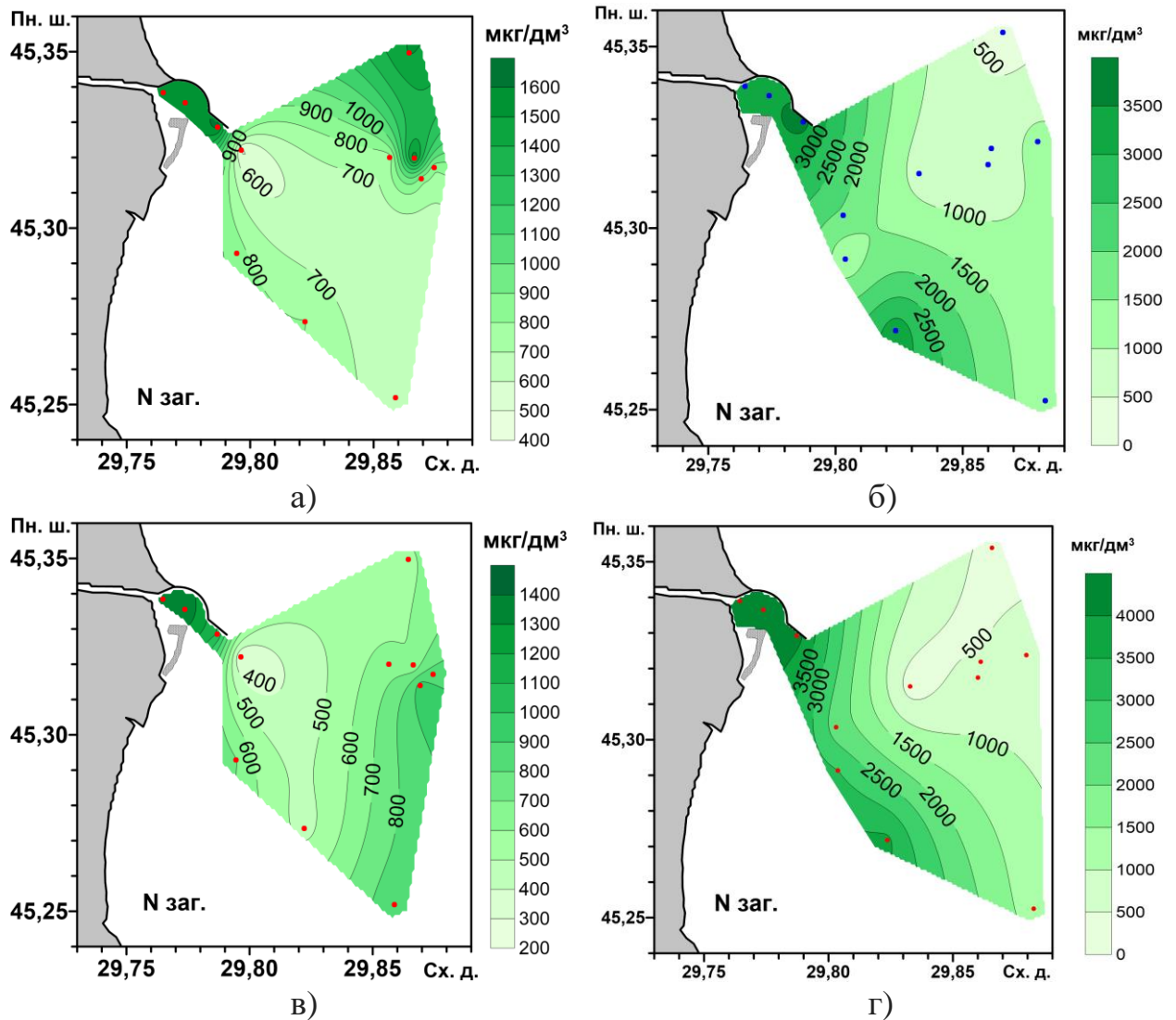


Рисунок 1.32 – Просторовий розподіл азоту загального в поверхневому та придонному шарах вод на Дунайському узмор’ї в районі гирла Бистре:  
 а) серпень 2020 р., поверхневий шар; б) серпень 2018 р., поверхневий шар;  
 в) серпень 2020 р., придонний шар; г) серпень 2018 р., придонний шар

Вміст кремнію на узмор’ї Дунаю в серпні 2020 р. на поверхні моря знаходився в діапазоні від  $152 \text{ мкг}/\text{дм}^3$  до  $2792 \text{ мкг}/\text{дм}^3$  при середньому значенні  $1142 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , а в серпні 2018 р. змінювався від  $13 \text{ мкг}/\text{дм}^3$  до  $2936 \text{ мкг}/\text{дм}^3$  при середньому значенні  $1013 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ . В придонному шарі вміст кремнію був нижчим, ніж на поверхні моря і в серпні 2020 р. середнє значення його було на рівні  $590 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , а в серпні 2018 р. –  $939 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ .

Як і в більшості гідрохімічних показників, в просторовому розподілі вміст кремнію зменшується з віддаленням від гирл дельти Дунаю,

відображено на рисунку 1.33.

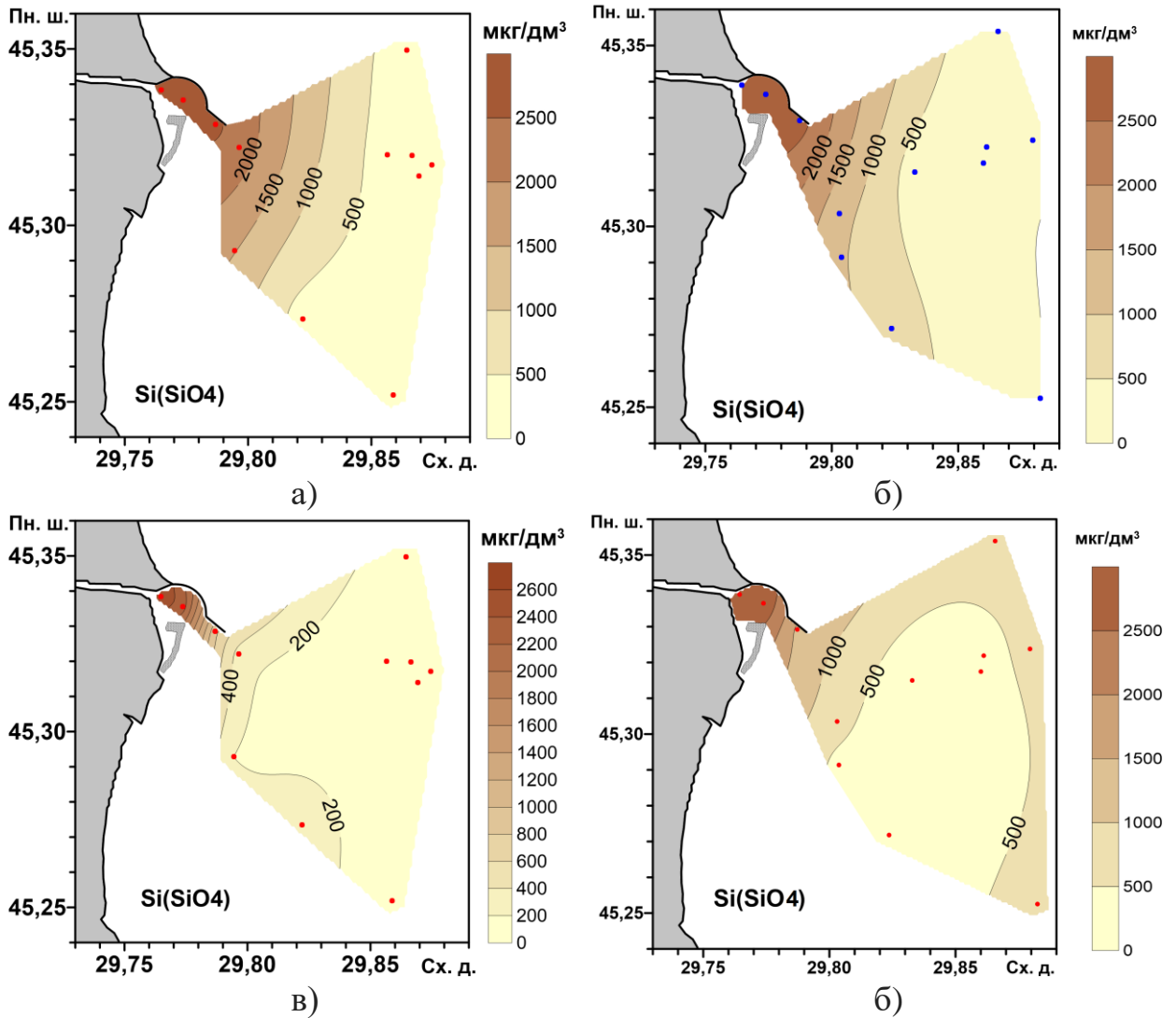


Рисунок 1.33 – Просторовий розподіл кремнію в поверхневому та придонному шарах вод на Дунайському узмор'ї в районі гирла Бистре:  
 а) серпень 2020 р., поверхневий шар; б) серпень 2018 р., поверхневий шар;  
 в) серпень 2020 р., придонний шар; г) серпень 2018 р., придонний шар

## 2 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ІНДИВІДУАЛЬНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЕВТРОФІКАЦІЇ МОРСЬКИХ ВОД В 2020 Р,

2.1 Оцінка екологічного стану морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря за даними середніх річних показників евтрофікації морських вод

Оцінка екологічного стану морського середовища виконувалась за даними спостережень УкрНЦЕМ в 2020 р.

По виділенім в [11] районах (рисунок 2.1), визначались середні і екстремальні значення та середнє квадратичне відхилення вмісту поживних речовин і показників прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами у 2020 р., в порівнянні з цільовими (що відповідає ДЕС) та Ref. Con. значеннями для цих районів, що наведено в таблиці 2.1.

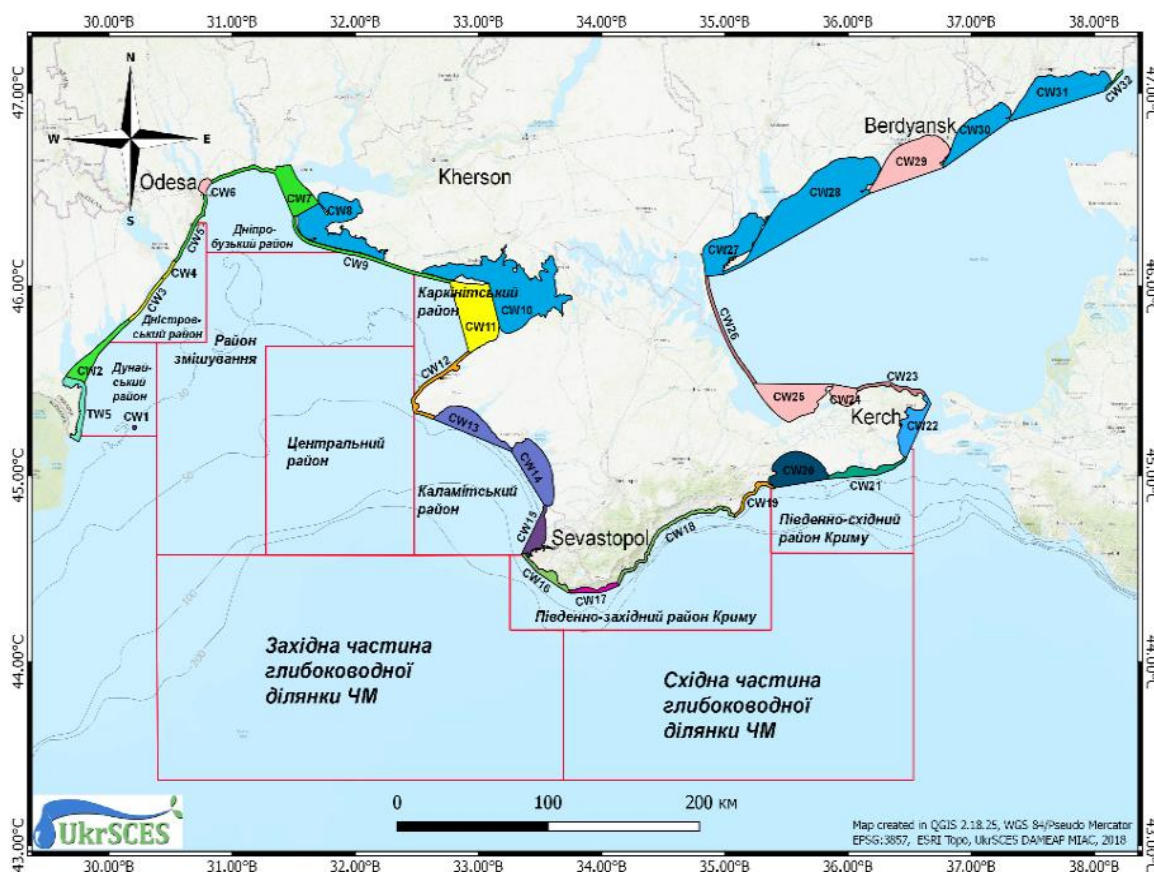


Рисунок 2.1 – Райони Українських вод Чорного моря

Таблиця 2.1 – Розраховані середні річні статистичні показники поживних речовин їх цільові і Ref. Con. значення (мкг/дм<sup>3</sup>) по районах та прибережним водним масивам ЧМ

Район	Показник	P(PO <sub>4</sub> )	TP	N(NO <sub>2</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NH <sub>4</sub> )	DIN	TN	Si(SiO <sub>4</sub> )	
Дунайський	Середнє	5,47	18,26	2,16	261,20	4,96	268,32	996,00	282,57	
	Максимум	6,33	28,20	2,85	766,00	14,40	768,40	1579,00	352,00	
	Мінімум	4,82	14,10	1,74	48,50	0,00	55,52	656,00	152,00	
	СКВ	0,62	4,84	0,41	243,94	6,02	241,43	379,14	65,44	
	Кількість даних	7	7	7	7	7	7	7	7	
	ДЕС	Цільова	21,5	45,6	7,5	35,4	15,9	58,8	557	500
		Ref. Con.	14,3	30,4	5	23,6	10,6	39,2	371	1000
TW5	Середнє	33,90	44,12	20,78	733,20	3,13	757,11	1200,20	2344,00	
	Максимум	52,60	59,50	24,20	1211,00	7,52	1233,24	1628,00	2792,00	
	Мінімум	16,00	17,10	17,00	104,00	0,00	128,20	486,00	1521,00	
	СКВ	15,29	16,60	2,66	447,01	3,39	447,16	504,65	493,04	
	Кількість даних	5	5	5	5	5	5	5	5	
	ДЕС	Цільова	28,4	55,8	8,6	255	18,9	283	850	600
		Ref. Con.	18,9	37,2	5,7	170	12,6	188	567	1200
CW4	Середнє	13,59	42,28	5,06	34,88	0,26	40,21	2089,46	591,44	
	Максимум									
	Мінімум									
	СКВ									
	Кількість даних	1	1	1	1	1	1	1	1	
	ДЕС	Цільова	16,4	29,6	3,8	56,4	17,4	77,6	388	400
		Ref. Con.	10,9	19,7	2,5	37,6	11,6	51,7	259	800
CW5	Середнє	13,51	30,57	2,62	43,19	0,10	45,92	569,69	301,35	
	Максимум	44,43	59,41	11,43	145,83	5,71	147,64	4373,28	800,27	
	Мінімум	3,31	11,04	0,77	1,94	0,00	2,71	97,31	33,12	
	СКВ	10,43	11,08	1,66	33,16	0,70	33,53	584,79	209,37	
	Кількість даних	79	79	79	79	79	79	79	79	
	ДЕС	Цільова	16,4	29,6	3,0	45,2	4,5	52,7	314	400
		Ref. Con.	10,9	19,7	2,0	30,1	3,0	35,1	209	800
CW6	Середнє	12,28	46,31	4,00	16,80	16,00	36,80	651,85	560,51	
	Максимум	18,43	67,47	4,32	20,35	26,80	46,04	746,07	589,99	
	Мінімум	7,54	26,15	3,73	14,54	3,89	22,75	560,71	505,88	
	СКВ	5,58	20,68	0,30	3,11	11,51	12,37	92,72	47,36	
	Кількість даних	3	3	3	3	3	3	3	3	
	ДЕС	Цільова	16,4	31,0	3,4	45,2	4,7	53,4	385	350
		Ref. Con.	10,9	20,7	2,3	30,1	3,1	35,5	257	700
CW7	Середнє	27,80	78,55	8,61	20,35	20,80	49,76	660,35	956,17	
	Максимум	30,82	83,59	11,87	32,46	29,00	73,33	750,71	1003,30	
	Мінімум	24,78	73,52	5,36	8,24	12,60	26,20	569,98	909,04	
	СКВ	4,28	7,13	4,60	17,13	11,60	33,33	127,79	66,65	
	Кількість даних	2	2	2	2	2	2	2	2	
	ДЕС	Цільова	15,6	29	3,4	45,2	4,7	53,4	385	350
		Ref. Con.	10,4	19,3	2,3	30,1	3,1	35,5	257	700

Результати виконаної оцінки вмісту поживних речовин у 2020 р. показали, що в прибережних водних масивах CW4, CW5, CW6 віддалених від



районів стоку річок Дунаю і Дніпра індивідуальні показники вмісту середніх річних значень розчинених мінеральних форм поживних речовин DIP, DIN, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> були менш їх цільових значень і відповідали рівню ДЕС. Однак максимальні показники їх вмісту значно перевищували рівень їх цільових значень. По відношенню до показника Ref. Con. тільки в одиничних випадках середній річний вміст мінеральних форм фосфору і азоту в окремих районах був меншим рівня Ref. Con. Середній річний вміст загальних форм поживних речовин практично в усіх водних масивах де проводились спостереження у 2020 р. за рахунок підвищеного вмісту їх органічних форм перевищували рівень цільових значень і не відповідали статусу ДЕС.

Проте, слід зазначити, що більшість районів не була достатньо забезпечена кількістю вимірювань та мала сезонний, навіть разовий характер вимірювань. Просторові розподіли відношень середніх річних значень основних БР до цільових та Ref. Con. що характеризують відповідність чи невідповідність ДЕС (таблиці А.1, А.2 Додатку А), відображено на рисунках 2.2-2.5.

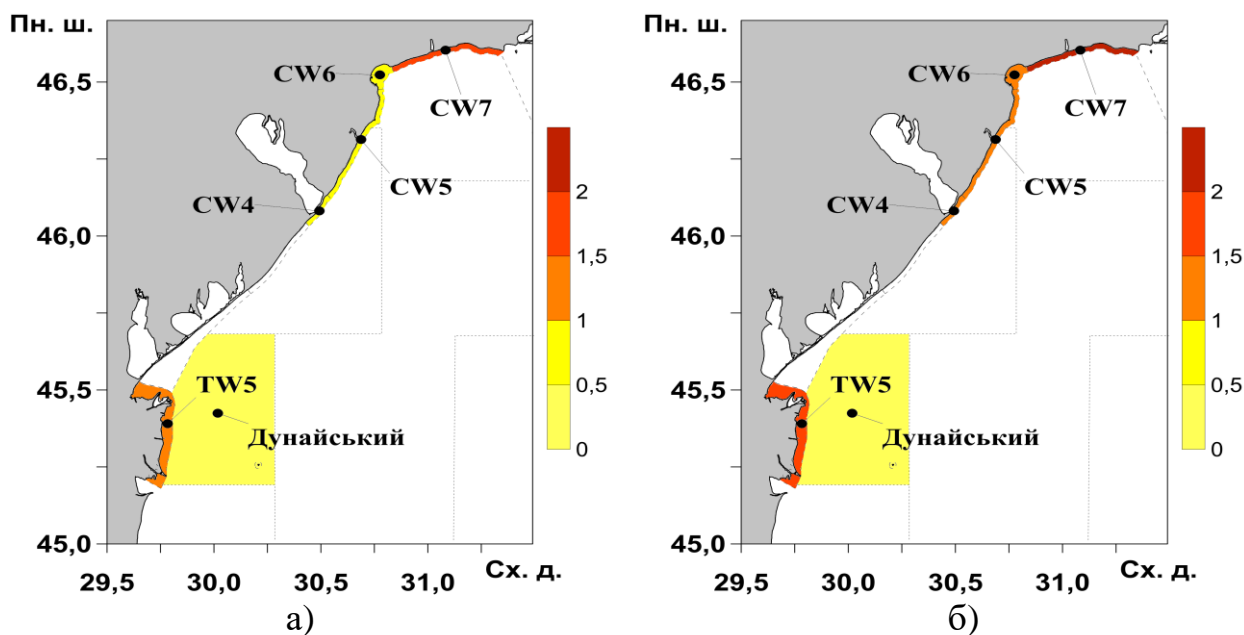


Рисунок 2.2 – Просторовий розподіл відношень фосфору фосфатного:  
а) відношення середнього річного значення до цільового; б) відношення середнього річного значення до Ref. Con

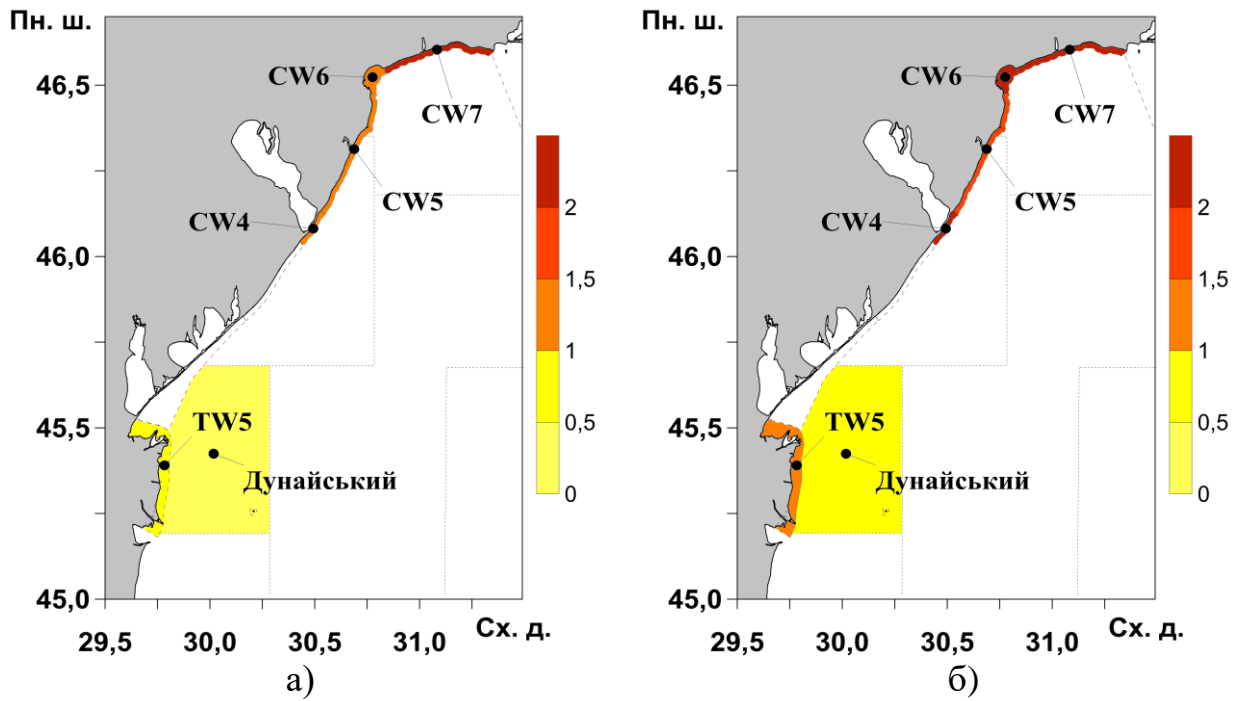


Рисунок 2.3 – Просторовий розподіл відношень загального фосфору: а) відношення середнього річного значення до цільового; б) відношення середнього річного значення до Ref. Con.

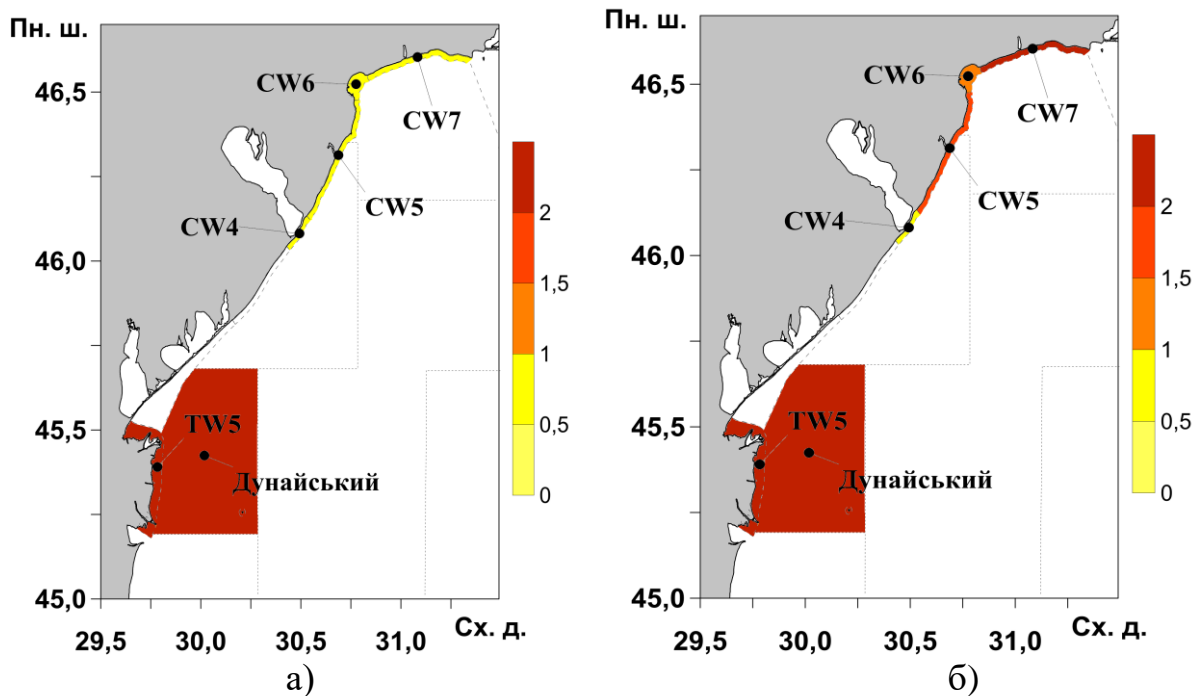


Рисунок 2.4 – Просторовий розподіл відношень суми мінеральних форм азоту: а) відношення середнього річного значення до цільового; б) відношення середнього річного значення до Ref. Con

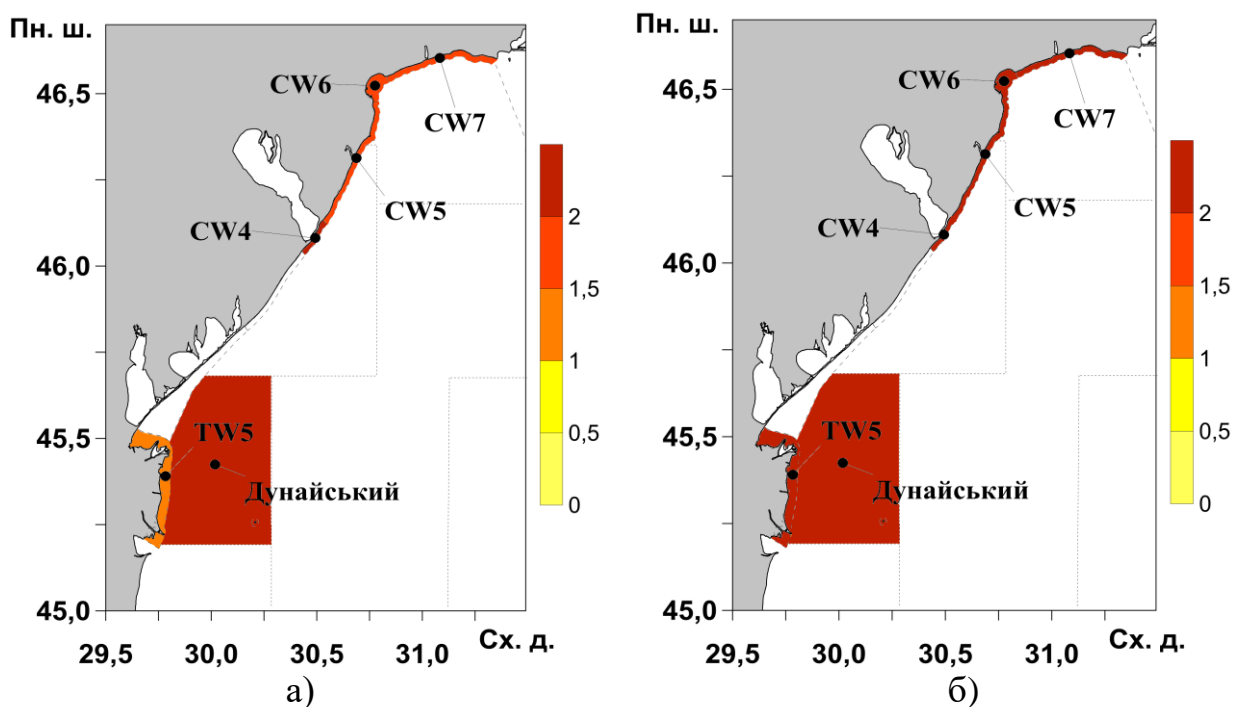


Рисунок 2.5 – Просторовий розподіл відношень загального азоту:  
 а) відношення середнього річного значення до цільового; б) відношення  
 середнього річного значення до Ref. Con

2.2 Оцінка екологічного стану морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря за даними середніх річних показників прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами

Оцінки екологічного стану морського середовища по розрахованим середнім річним за 2020 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 водах північно-західного шельфу та в його прибережних водних масивах ЧМ наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами по районах ПЗШ ЧМ

Район	Показник	Хлорофіл-а (мкг/дм <sup>3</sup> )	Прозорість (м)	O <sub>2</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )	O <sub>2</sub> (%)	
Дунайський	Середнє	10,75	3,86	11,61	142,43	
	Максимум	13,08	7,50	12,20	155,00	
	Мінімум	9,83	2,50	11,00	125,00	
	СКВ	1,16	2,17	0,47	11,44	
	Кількість даних	7	7	7	7	
	ДЕС	Цільова	1,8	4,9	7,8	125,3
		Ref. Cop.	1,2	6,1	9,8	104,4
TW5	Середнє	11,35	0,96	11,30	139,80	
	Максимум	11,66	1,80	11,80	150,00	
	Мінімум	11,12	0,50	10,70	129,00	
	СКВ	0,23	0,51	0,45	8,04	
	Кількість даних	5	5	5	5	
	ДЕС	Цільова	2,1	2,1	7,4	126,5
		Ref. Cop.	1,4	2,6	9,3	105,4
CW4	Середнє	9,84	2,50	7,83	92,82	
	Максимум					
	Мінімум					
	СКВ					
	Кількість даних	1	1	1	1	
	ДЕС	Цільова	1,8	5	7,4	84,5
		Ref. Cop.	1,2	6,2	9,2	105,6
CW5	Середнє	4,58		8,21	85,89	
	Максимум	25,58		14,08	112,78	
	Мінімум	1,10		5,40	68,10	
	СКВ	4,71		2,19	16,06	
	Кількість даних	77		79	79	
	ДЕС	Цільова	1,65	5,3	7,0	80,4
		Ref. Cop.	1,1	6,6	8,7	100,5
CW6	Середнє	14,91		8,12	97,31	
	Максимум	17,92		8,37	99,35	
	Мінімум	8,89		7,81	94,01	
	СКВ	5,22		0,28	2,89	
	Кількість даних	3		3	3	
	ДЕС	Цільова	1,8	5	7,6	80,4
		Ref. Cop.	1,2	6,2	9,5	100,5
CW7	Середнє	9,79		7,95	95,73	
	Максимум	10,39		8,02	95,89	
	Мінімум	9,19		7,88	95,58	
	СКВ	0,85		0,10	0,22	
	Кількість даних	2		2	2	
	ДЕС	Цільова	2,25	4,6	7,4	80,9
		Ref. Cop.	1,5	5,8	9,3	101,1

Аналіз вмісту хлорофілу-а та прозорості води, які відносяться до прямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, показав, що в усіх районах середньорічні значення вмісту хлорофілу-а та прозорості води не відповідали ДЕС і вміст хлорофілу-а перевищував цільові значення в 2,8 -

8,3 рази, а прозорість води була менш, ніж відповідні їм цільові значення в 1,3-2,2 рази.

Результати статистичного аналізу середньорічного вмісту розчиненого кисню показали, що в цілому середні його значення перевищували рівні цільових значень і відповідали ДЕС, крім показника насиченості вод в Дунайському районі, де в поверхневому шарі під впливом процесів евтрофікації спостерігалось значне пересичення вод киснем за рахунок інтенсифікації процесів фотосинтезу мікробіодоростей. В водному масиві CW5 в липні та серпні, у період розвитку апвелінгу вод при західних вітрах, в поверхневому шарі спостерігались понижені концентрації розчиненого кисню менші за ГДК [10] ( $6,0 \text{ мг/дм}^3$ ) визначених для водойм рибогосподарського призначення.

2.3 Оцінка екологічного стану морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря за даними середніх сезонних показників евтрофікації морських вод

Екологічні спостереження УкрНЦЕМ в 2020 р. дозволяють виконати сезонні оцінки екологічного стану морського середовища за даними показників по районах ПЗШ ЧМ. В таблицях 2.3-2.6 наведено розраховані сезонні статистичні показники поживних речовин та цільові (що відповідають ДЕС) та Ref. Con. значення.

Таблиця 2.3 – Розраховані статистичні показники поживних речовин зимового періоду, цільові і Ref. Con. значення ( $\text{мкг/дм}^3$ )

Район	Показник	P(PO <sub>4</sub> )	TP	N(NO <sub>2</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NH <sub>4</sub> )	DIN	TN	Si(SiO <sub>4</sub> )	
CW5	Середнє	11,14	24,89	2,16	50,63	0,00	52,79	408,95	330,33	
	Максимум	32,03	45,30	6,17	86,24	0,00	88,42	648,76	666,85	
	Мінімум	3,31	11,04	0,85	10,17	0,00	11,02	236,33	133,18	
	СКВ	7,47	8,30	1,50	26,16	0,00	26,69	119,67	167,99	
	Кількість даних	20	20	20	20	20	20	20	20	
	ДЕС	Цільова	28,4	37,1	7,6	32,3	3,8	43,7	190	1200
		Ref. Con.	19	24,7	5,1	21,5	2,6	29,2	126	2400

Таблиця 2.4 – Розраховані статистичні показники поживних речовин  
весіннього періоду, цільові і Ref. Con. значення (мкг/дм<sup>3</sup>)

Район	Показник	P(PO <sub>4</sub> )	TP	N(NO <sub>2</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NH <sub>4</sub> )	DIN	TN	Si(SiO <sub>4</sub> )
CW5	Середнє	6,18	21,98	1,31	20,49	0,00	21,80	382,54	140,74
	Максимум	14,50	39,25	2,33	95,45	0,00	97,55	681,20	195,54
	Мінімум	3,61	11,04	0,77	1,94	0,00	2,71	139,02	82,42
	СКВ	3,11	9,10	0,55	30,18	0,00	30,33	166,89	35,41
	Кількість даних	14	14	14	14	14	14	14	14
	ДЕС	Цільова	18,6	21,2	6,7	83,0	3,0	92,7	270
	Ref. Con.	12,4	14,1	4,5	55,3	2,0	61,8	180	2240

Таблиця 2.5 – Розраховані статистичні показники поживних речовин  
літнього періоду, цільові і Ref. Con. значення (мкг/дм<sup>3</sup>)

Район	Показник	P(PO <sub>4</sub> )	TP	N(NO <sub>2</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NH <sub>4</sub> )	DIN	TN	Si(SiO <sub>4</sub> )
Дунайський	Середнє	5,47	18,26	2,16	261,20	4,96	268,32	996,00	282,57
	Максимум	6,33	28,20	2,85	766,00	14,40	768,40	1579,00	352,00
	Мінімум	4,82	14,10	1,74	48,50	0,00	55,52	656,00	152,00
	СКВ	0,62	4,84	0,41	243,94	6,02	241,43	379,14	65,44
	Кількість даних	7	7	7	7	7	7	7	7
	ДЕС	Цільова	20,9	48,3	7,2	26,9	15,5	49,5	750
	Ref. Con.	13,9	32,2	4,8	17,9	10,3	33	547	2000
TW5	Середнє	33,90	44,12	20,78	733,20	3,13	757,11	1200,20	2344,00
	Максимум	52,60	59,50	24,20	1211,00	7,52	1233,24	1628,00	2792,00
	Мінімум	16,00	17,10	17,00	104,00	0,00	128,20	486,00	1521,00
	СКВ	15,29	16,60	2,66	447,01	3,39	447,16	504,65	493,04
	Кількість даних	5	5	5	5	5	5	5	5
	ДЕС	Цільова	27,6	59,1	8,2	193	18,4	237	1254
	Ref. Con.	18,4	39,4	5,5	129	12,2	158	836	2400
CW5	Середнє	7,46	30,90	2,60	37,08	0,00	39,69	420,50	147,80
	Максимум	12,38	46,31	3,81	128,88	0,00	132,02	1044,73	270,95
	Мінімум	3,92	14,06	1,51	7,75	0,00	9,49	97,31	33,12
	СКВ	2,50	8,34	0,63	27,33	0,00	27,63	211,38	68,03
	Кількість даних	24	24	24	24	24	24	24	24
	ДЕС	Цільова	18,4	33,9	3,2	37,4	3,8	44,4	357
	Ref. Con.	12,2	22,6	2,2	24,9	2,5	29,6	238	3520

Таблиця 2.6 – Розраховані статистичні показники поживних речовин  
осіннього періоду та цільові і Ref. Con. значення  
(мкг/дм<sup>3</sup>)

Район	Показник	P(PO <sub>4</sub> )	TP	N(NO <sub>2</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NH <sub>4</sub> )	DIN	TN	Si(SiO <sub>4</sub> )
CW4	Середнє	13,59	42,28	5,06	34,88	0,26	40,21	2089,46	591,44
	Максимум								
	Мінімум								
	СКВ								
	Кількість даних	1	1	1	1	1	1	1	1
	ДЕС	Цільова	21,9	25,9	6,6	34,7	28,2	85,9	546
	Ref. Con.	14,6	17,2	4,4	23,1	18,8	57,3	364	1600

## Кінець таблиці 2.6

Район	Показник	P(PO <sub>4</sub> )	TP	N(NO <sub>2</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NH <sub>4</sub> )	DIN	TN	Si(SiO <sub>4</sub> )	
CW5	Середнє	27,55	41,32	3,95	58,23	0,39	62,57	1018,03	556,29	
	Максимум	44,43	59,41	11,43	145,83	5,71	147,64	4373,28	800,27	
	Мінімум	14,50	24,14	1,66	11,63	0,00	14,10	166,82	281,10	
	СКВ	7,95	8,61	2,18	38,59	1,33	37,96	981,07	150,27	
	Кількість даних	21	21	21	21	21	21	21	21	
	ДЕС	Цільова	21,9	25,9	5,3	27,9	7,3	40,5	443	800
		Ref. Cop.	14,6	17,2	3,5	18,6	4,9	27,0	295	1600
CW6	Середнє	12,28	46,31	4,00	16,80	16,00	36,80	651,85	560,51	
	Максимум	18,43	67,47	4,32	20,35	26,80	46,04	746,07	589,99	
	Мінімум	7,54	26,15	3,73	14,54	3,89	22,75	560,71	505,88	
	СКВ	5,58	20,68	0,30	3,11	11,51	12,37	92,72	47,36	
	Кількість даних	3	3	3	3	3	3	3	3	
	ДЕС	Цільова	22,6	33,5	6,6	51,9	5,8	64,4	398	560
		Ref. Cop.	15	22,3	4,4	34,6	3,9	42,9	265	1120
CW7	Середнє	27,80	78,55	8,61	20,35	20,80	49,76	660,35	956,17	
	Максимум	30,82	83,59	11,87	32,46	29,00	73,33	750,71	1003,30	
	Мінімум	24,78	73,52	5,36	8,24	12,60	26,20	569,98	909,04	
	СКВ	4,28	7,13	4,60	17,13	11,60	33,33	127,79	66,65	
	Кількість даних	2	2	2	2	2	2	2	2	
	ДЕС	Цільова	21,5	31,2	7,2	35,0	10,4	52,6	384	560
		Ref. Cop.	14,3	20,8	4,8	23,3	6,9	35,0	256	1120

За даними визначених середніх сезонних показників вмісту поживних речовин по районах ПЗШ ЧМ відзначається перевищення їх відповідних цільових і Ref. Cop значень, в літній період азоту нітратного і відповідно суми його мінеральних форм DIN на Дунайському узмор'ї. Відповідність ДЕС в цьому районі влітку відмічалась за показниками вмісту загального фосфору і в водному масиві TW5 за вмістом загального азоту і кремнію. В водному масиві CW5 відповідність ДЕС за середнім вмістом фосфору фосфатного DIP та азоту нітритного відмічались в зимовий весняний і літній сезони, а за середнім вмістом азоту нітратного та суми мінеральної форми DIN – в зимовий і літній сезони. В осінній сезон за середніми даними суми мінеральних форм азоту DIN відповідність ДЕС відмічалась в водних масивах CW4, CW6 та CW7. Однак в багатьох випадках середні сезонні концентрації БР перевищували їх цільові значення і в більшості районів вміст загального азоту TN і загального фосфору TP не відповідав показнику ДЕС. Відмічався за середніми сезонними показниками значно зменшений, відносно Ref. Cop. і цільових значень, вміст кремнію, що може лімітувати

розвиток діатомових мікроводоростей. Розраховані відношення середніх сезонних значень до відповідних їм цільовим та Ref. Con. значенням для основних БР наведено в таблицях А.3-А.4 Додатку А.

На рисунках 2.6-2.9 відображено просторові розподіли основних БР для осіннього періоду, в який дослідження охоплювали значну частину прибережних водних масивів.

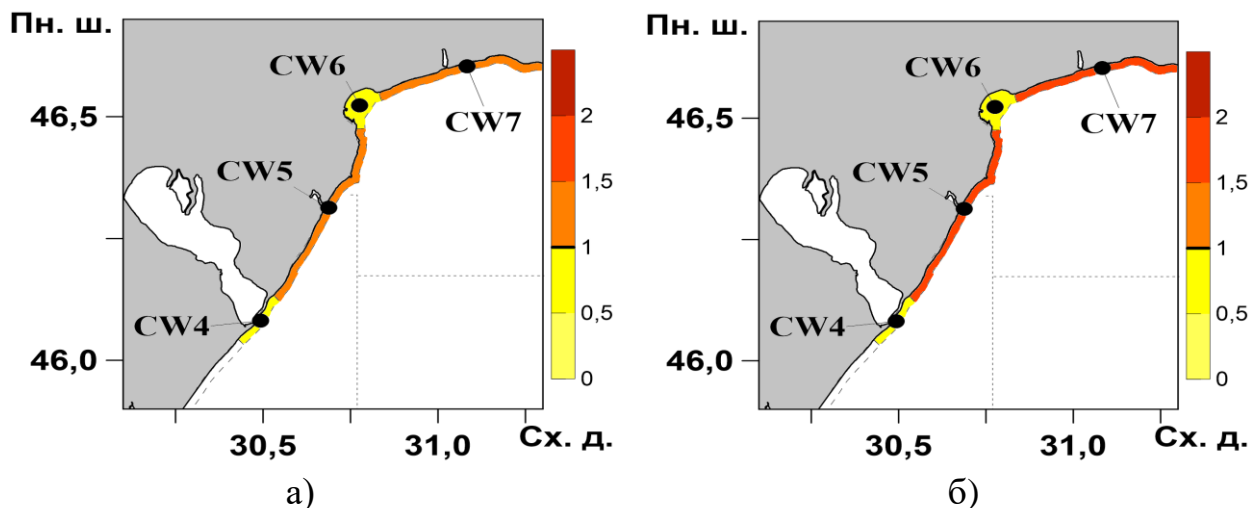


Рисунок 2.6 – Просторовий розподіл відношень фосфору фосфатного:

- а) відношення середнього значення до цільового в осінній період;
- б) відношення середнього значення до Ref. Con. в осінній період

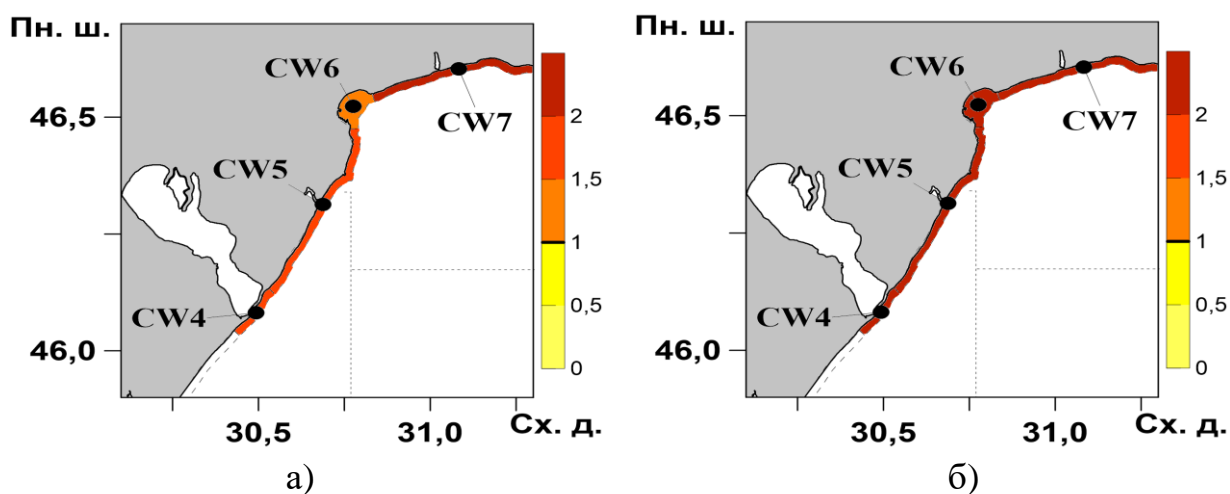


Рисунок 2.7 – Просторовий розподіл відношень фосфору загального:

- а) відношення середнього значення до цільового в осінній період;
- б) відношення середнього значення до Ref. Con. в осінній період



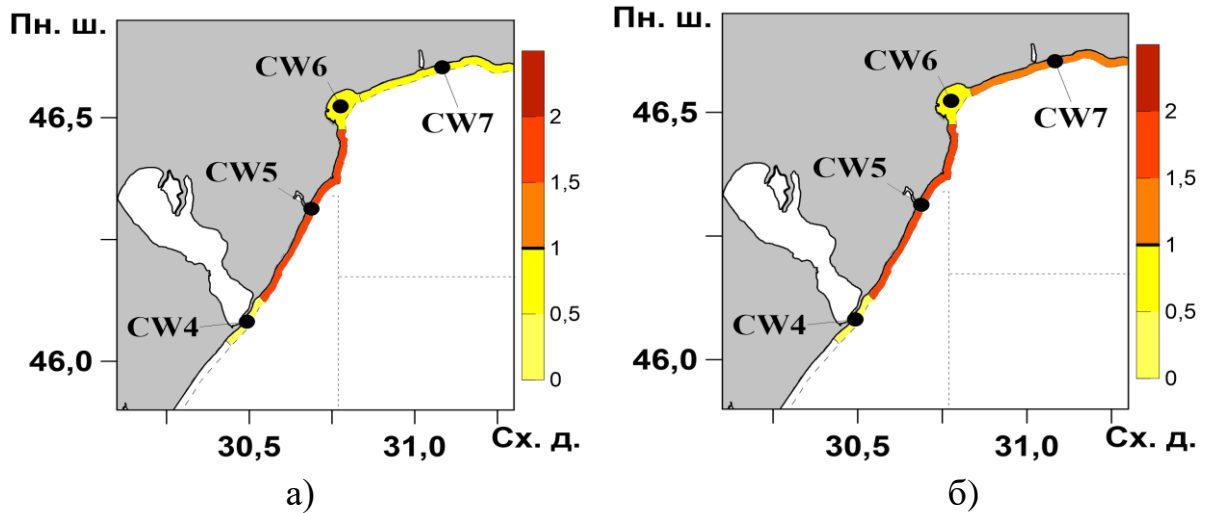


Рисунок 2.8 – Просторовий розподіл відношень суми мінеральних форм азоту: а) відношення середнього значення до цільового в осінній період; б) відношення середнього значення до Ref. Con. в осінній період

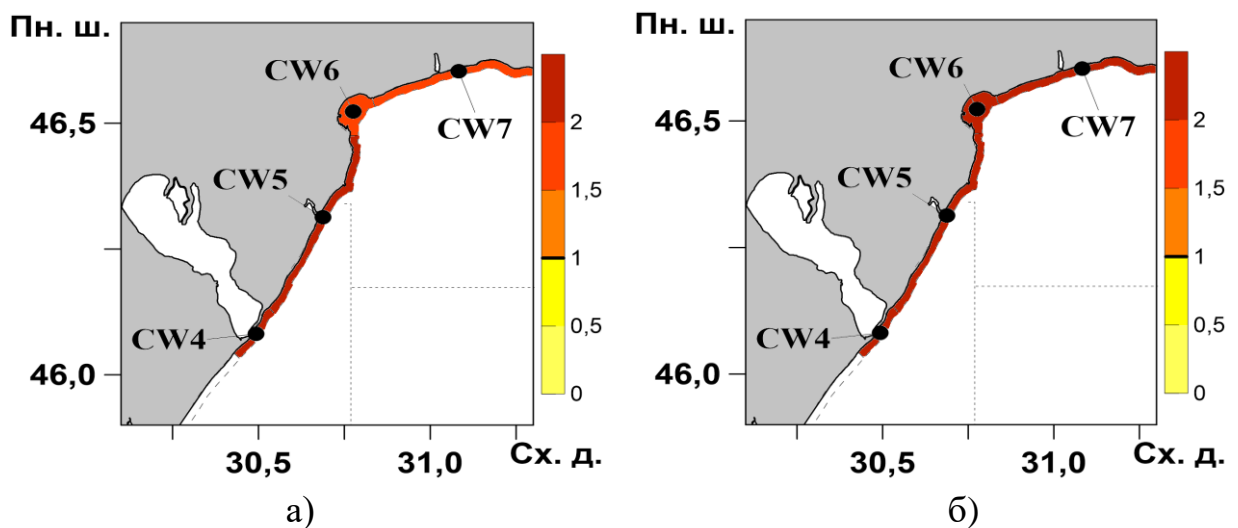


Рисунок 2.9 – Просторовий розподіл відношень загального азоту: а) відношення середнього значення до цільового в осінній період; б) відношення середнього значення до Ref. Con. в осінній період

Розраховані сезонні статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, та цільові і Ref. Con. значення (мкг/дм<sup>3</sup>) по району ПЗШ ЧМ та прибережним водним масивам наведені в таблицях 2.7-2.10.

Таблиця 2.7 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, і цільові та Ref. Con. значення у зимовий період

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм <sup>3</sup> )	Прозорість (м)	O <sub>2</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )	O <sub>2</sub> (%)	
CW5	Середнє	4,04		10,84	93,22	
	Максимум	8,47		14,08	109,65	
	Мінімум	1,35		9,72	84,26	
	СКВ	2,45		1,03	8,76	
	Кількість даних	20		20	20	
	ДЕС	Цільова	1,18	5,6	8,7	84,7
		Ref. Con.	0,79	7,8	10,9	105,9

Таблиця 2.8 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, і цільові та Ref. Con. значення у весняний період

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм <sup>3</sup> )	Прозорість (м)	O <sub>2</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )	O <sub>2</sub> (%)	
CW5	Середнє	2,47		8,33	99,88	
	Максимум	4,45		9,07	112,78	
	Мінімум	1,36		7,72	85,09	
	СКВ	1,06		0,36	8,77	
	Кількість даних	14		10	10	
	ДЕС	Цільова	2,48	4,3	6,7	91,4
		Ref. Con.	1,65	5,4	8,4	114,2

Таблиця 2.9 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, та цільові і Ref. Con значення у літній період

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм <sup>3</sup> )	Прозорість (м)	O <sub>2</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )	O <sub>2</sub> (%)	
Дунайський	Середнє	10,75	3,86	11,61	142,43	
	Максимум	13,08	7,50	12,20	155,00	
	Мінімум	9,83	2,50	11,00	125,00	
	СКВ	1,16	2,17	0,47	11,44	
	Кількість даних	7	7	7	7	
	ДЕС	Цільова	1,64	5,0	10,1	128,5
		Ref. Con.	1,09	6,3	8,4	107,1
TW5	Середнє	11,35	0,96	11,30	139,80	
	Максимум	11,66	1,80	11,80	150,00	
	Мінімум	11,12	0,50	10,70	129,00	
	СКВ	0,23	0,51	0,45	8,04	
	Кількість даних	5	5	5	5	
	ДЕС	Цільова	1,91	2,1	9,6	129,7
		Ref. Con.	1,27	2,7	8,0	108,1
CW5	Середнє	5,08		6,46	81,93	
	Максимум	25,58		7,59	100,43	
	Мінімум	1,54		5,40	68,10	
	СКВ	6,29		0,75	9,64	
	Кількість даних	24		24	24	
	ДЕС	Цільова	1,54	5,4	5,8	87,2
		Ref. Con.	1,03	6,8	7,3	109,0

Таблиця 2.10 – Розраховані статистичні показники прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, та цільові і ДЕС значення у осінній період

Район	Показник	Хлорофілл-а (мкг/дм <sup>3</sup> )	Прозорість (м)	O <sub>2</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )	O <sub>2</sub> (%)	
CW4	Середнє	9,84	2,50	7,83	92,82	
	Максимум					
	Мінімум					
	СКВ					
	Кількість даних	1	1	1	1	
	ДЕС	Цільова	1,53	5,4	6,8	77,0
		Ref. Con.	1,02	6,8	8,5	96,2
CW5	Середнє	6,09		8,57	86,66	
	Максимум	18,44		11,12	101,16	
	Мінімум	1,10		6,78	76,52	
	СКВ	5,42		1,19	7,26	
	Кількість даних	19		21	21	
	ДЕС	Цільова	1,40	5,8	6,4	77,7
		Ref. Con.	0,94	7,2	8,0	97,1
CW6	Середнє	14,91		8,12	97,31	
	Максимум	17,92		8,37	99,35	
	Мінімум	8,89		7,81	94,01	
	СКВ	5,22		0,28	2,89	
	Кількість даних	3		3	3	
	ДЕС	Цільова	1,69	5,9	7,2	74,4
		Ref. Con.	1,13	7,4	9,0	93,0
CW7	Середнє	9,79		7,95	95,73	
	Максимум	10,39		8,02	95,89	
	Мінімум	9,19		7,88	95,58	
	СКВ	0,85		0,10	0,22	
	Кількість даних	2		2	2	
	ДЕС	Цільова	2,11	5,5	7,0	74,9
		Ref. Con.	1,41	6,9	8,8	93,6

На підставі розрахованих середніх сезонних значень хлорофілу-а і прозорості вод, показників прямих ефектів евтрофікації, і виконаної їх оцінки по відношенню до рівнів цільових і Ref. Con. значень було встановлено, що вміст хлорофілу-а і прозорість вод в усіх спостережуваних районах ПЗШ ЧМ в 2020 р. не відповідали статусу ДЕС. Результати аналізу і оцінки середніх сезонних значень вмісту в поверхневому шарі моря розчиненого кисню, показника непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами, показали, що в цілому середні його значення, за винятком літнього сезону, відповідають ДЕС. Так восени в усіх прибережних масивах вод CW4, CW5, CW6, CW7 ПЗШ ЧМ, де виконувались спостереження, за показником вмісту

розчиненого кисню якість вод в поверхневому шарі відповідала ДЕС. В літній період максимальний відносний вміст кисню в Дунайському регіоні значно перевищував цільові і Ref. Con. значення і відносний вміст кисню був на рівні 125 % – 155 % насиченості. Це вказує на підвищений рівень розвитку фітопланктону в цей період і можливе цвітіння води. Також влітку в період розвитку апвелінгів в прибережному водному масиві CW5 ПЗШ ЧМ концентрація розчиненого кисню знижалась до 5,4 мг/дм<sup>3</sup> (68,1% насиченості), аналогічні концентрації вмісту розчиненого кисню 5,5 мг/дм<sup>3</sup> (69,9 % насиченості) в цей період спостерігались в придонному шарі на узмор'ї Дунаю що вказує на те, що за даним показником якість вод в цих районах не відповідає статусу ДЕС. В цілому слід відзначити, що на ПЗШ ЧМ в 2020 р. практично в усіх водних масивах за окремими індивідуальними показниками відмічалась невідповідність ДЕС.

### 3 АНАЛІЗ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ У 2020 РОЦІ

Евтрофікація – це є результат процесу, викликаного збільшенням кількості поживних речовин, що призводить до швидкого зростання мікродоростей (фітопланктону), так званого цвітіння водоростей та зміни кольору води. Цвітіння водоростей, «зелені припливи», «червоні припливи» призводять до загибелі риб та інших морських організмів і загрожують здоров'ю населення. Цвітіння водоростей призводить до зниження прозорості води і виникнення на шельфі в теплий період року в придонному шарі під пікноклином умов гіпоксії або аноксії в результаті витрачання кисню на біохімічне окислення накопиченої тут органічної речовини. Гіпоксія і аноксія зазвичай спостерігаються в умовах евтрофікації і слабого вертикального водообміну, викликаного термохалинною стратифікацією вод та іншими гідродинамічними та метеорологічними умовами.

У 2020 році в Одеському регіоні спостерігались два масштабних випадки цвітіння. В першому випадку цвітіння синьо-зелених водоростей в Одеській затоці починалось з підвищенням температури води понад 23 °С з 23 червня 2020 р. За даними спостережень і біологічного аналізу проби відібраної в акваторії Одеського морського порту в районі Хлібної гавані 26.06.2020 р. «цвітіння» води в Одеській затоці було викликано інтенсивним розвитком ціанобактерії *Nodularia spumigena* (Нодулярія піноутворююча), біомаса якої становила більш ніж 7 кг/м<sup>3</sup>. Температура води в цей період на поверхні моря була на рівні 23,7 °С, а солоність води 15,0 ‰, Вклад цієї водорості *N. spumigena* в відібраній пробі води становив біля 99,0 % від загальної біомаси фітопланктону. Ці водорості відносяться до токсичних, які можуть продукувати гепатотоксини, що мають токсичну дію на м'язові клітини та гепагоцити печінки тварин та людини. Токсини можуть накопичуватися в організмі риб та інших гідробіонтів, та їхнє споживання

може бути шкідливим для здоров'я людини. У зв'язку з цим у період «цвітіння» води Держпродспоживслужба рекомендувала утриматися від купання в морі та тимчасово не вживати морепродукти, виловлені на узбережжі Одеси. Значний вплив на виникнення процесів «цвітіння» води в одеському регіоні обумовлюють трансформовані води з підвищеним вмістом поживних біогенних речовин, що надходять з Дніпровсько-Бузького лиману. При підвищенні температури до оптимальних умов для інтенсивного розвитку синьо-зелених водоростей, «цвітіння» охоплює в першу чергу води лиману, які при південних і південно-східних вітрах розповсюджуються вдовж прибережжя на захід до Одеської затоки і далі вдовж прибережжя на південь. Супутникові дані концентрації хлорофілу-а, як показника автотрофної біомаси фітопланктону, надають інформацію розвитку «цвітіння» морських вод в Одеському регіоні в кінці червня - початку липня 2020 р. (рис. 3.1). Дані супутникових спостережень вказують, що плями цвітіння водоростей з максимальними концентраціями хлорофілу-а в першу чергу охоплювали води Дніпровсько-Бузького лиману і далі з 23-го по 28 червня, при переважанні південних вітрів зі швидкістю в середньому 5 м/с поступово розповсюджувались в морі уздовж узбережжя в Одеську затоку. В липні з переважанням північно-західного напрямку вітру, область підвищеної концентрації хлорофілу-а змістилась в морі на південний схід до Тендровської коси. Підвищені концентрації хлорофілу-а в цей період спостерігались і на узмор'ї Дністровського лиману, що обумовлювалось більш інтенсивним виносом Дністровських вод в море при вітрах даного напрямку. За даними супутникових спостережень можливо відзначити деяке зменшення концентрації хлорофілу-а і згасання процесів «цвітіння» мікроводоростей на ПЗШ ЧМ к другій декаді липня. В червні у період «цвітіння» вод за даними Одеського обласного лабораторного центру МОЗ санітарно - мікробіологічні показники морської води на пляжах Одеси на 16, 13, 10 станціях Великого Фонтану, в Аркадії та на пляжі Дельфін не

відповідали нормативним вимогам за індексом ЛКП (лактозопозитивні кишкові палички) [12].

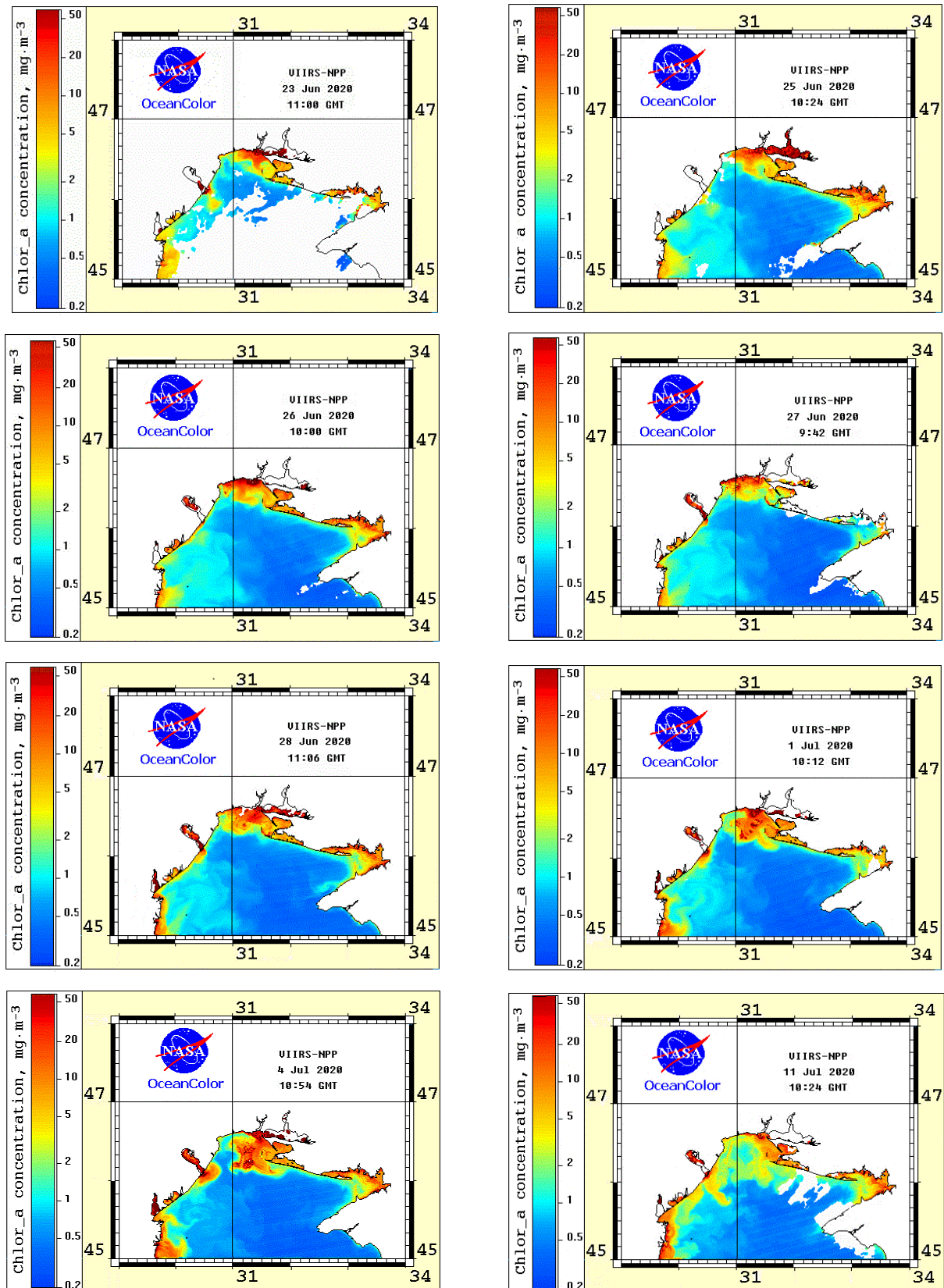


Рисунок 3.1 – Розподілення хлорофілу-а у період інтенсивного розвитку синьо-зелених водоростей в водах Одеського регіону

В перше великомасштабне «цвітіння» води на ПЗШ ЧМ за рахунок інтенсивного розвитку ціанобактерії *Nodularia spumigena* спостерігалось в Одеській затоці в другій декаді липня 2010 р. при температурі води на поверхні моря 24,7-25,0 °С і солоності води біля 14,2 ‰. Максимальна біомаса ціанобактерії *N. spumigena* в цей період в окремих плямах досягала 10 кг/м<sup>3</sup>. В липні серпні 2010 р. «цвітіння» води охоплювало майже 80 % площі ПЗШ ЧМ [13, 14, 15].

Великомасштабне «цвітіння» води, викликане інтенсивним розвитком ціанобактерії *N. spumigena*, спостерігалось також і в 2019 р. при підвищенні температури води у першій декаді червня понад 23°C і солоності більш 14,0‰. «Цвітіння» вод охоплювало значні прибережні площі ПЗШ ЧМ від Дніпробузького лиману до устя Дунаю. Після 2010 р. даний вид водоростей з більшою чи меншою інтенсивністю розвитку спостерігається практично регулярно [16].

В 2020 р. другий масштабний випадок «цвітіння» морських вод в Одеському регіоні в вересні – жовтні при температурі води 20-23°C і солоності більш 15,0 ‰ спостерігалися "червоні приливи", обумовлені розвитком переважно дінофітової водорості *Lingulodinium polyedra*. Деякі з видів дінофітових водоростей можуть бути токсичними. За даними аналізу проб відібраних 16.09.2020 в акваторії порту Одеса чисельність водорості *L. polyedra* складала 9,192 млн. кл/л, а біомаса – 294,89 г/м<sup>3</sup> при температурі води 21,8 °С і солоності 15,9 ‰ на поверхні моря.

Далі цвітіння розповсюджувалось вдовж прибережжя, червоні кольори води відмічалися в районі с. Коблево, порту Южний, в Одеській затоці і далі к Дністровському лиману, на що вказує підвищений вміст хлорофілу-а в вересні-жовтні (рис. 3.2). Так 02.10.2020 на узмор'ї с.Коблево біомаса *L. polyedra* досягала 41 г/м<sup>3</sup> при чисельності 1,45 млн. кл/л, а 21.10.2020 його біомаса в акваторії пляжу Аркадія складала 2,08 г/м<sup>3</sup> при чисельності 104 тис. кл/л.



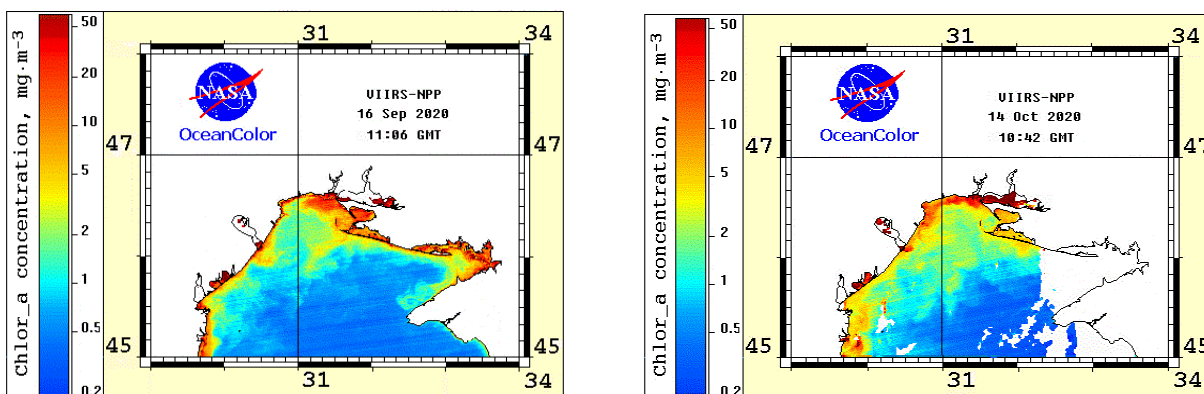


Рисунок 3.2–Розподілення хлорофілу-а у період «червоних приливів» в вересні – жовтні 2020 р.

Цвітіння в вересні були викликані очевидно як підвищеною температурою води в цей період так і атмосферними опадами в першій декаді вересня (31 мм) [17], що обумовлювали надходження з зливовими стоками вод в прибережну зону моря біогенних мінеральних, органічних і забруднюючих речовин зі зливом їх з земної поверхні. Вегетація цього виду дінофітової водорості *Lingulodinium polyedra* в прибережних водах Одеського регіону з періодичними спалахами цвітіння різної інтенсивності спостерігались практично з липня по жовтень.

Таким чином слід зазначити, що екологічна ситуація на ПЗШ ЧМ, особливо в прибережних районах його північно-західної частини яка знаходиться безпосередньо під впливом стоку річок, незважаючи на відмічені деякі тенденції зменшення вмісту мінеральних форм біогенних речовин, характеризується як явно нестабільна на що вказують великомасштабні «цвітіння» ціанобактерії і дінофітової водоростей що викликали «зелені припливи» і «червоні припливи» в літньо-осінній період 2020 р. Поряд з представленими вище негативними ефектами що спостерігаються в морі від процесів евтрофікації, ці явища створювали значні незручності для населення і відпочиваючих в зв'язку з попередженням про можливу токсичність даного типу водоростей, обмежень купання в морі в період «цвітіння» і недопущення споживання в їжу морепродуктів [18]. Все це з економічного зору призведе

до зменшення рівня екосистемних послуг: морепродуктів, рекреації, естетичного зору; та призведе до втрати привабливості цього регіону як морського курорту та його морської туристичної привабливості.

## ВИСНОВКИ

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

Результати виконаної оцінки вмісту поживних речовин у 2020 р. показали, що в прибережних водних масивах CW4, CW5, CW6 віддалених від районів стоку річок Дунаю і Дніпра за індивідуальними показниками вмісту розчинених мінеральних поживних речовин DIP, DIN, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> відмічається відповідність рівню ДЕС. В сезонному плані за даними регулярних спостережень в водному масиві CW5 відповідність цих показників рівню ДЕС відмічались у період зимового, за винятком DIN, NO<sub>3</sub>, весняного та літнього сезонів.

Загальні форми поживних речовин у 2020 р. в усіх водних масивах де проводились спостереження не відповідали ДЕС. В прибережному водному масиві CW5 Одеського регіону ПЗШ ЧМ за даними регулярних багаторічних спостережень з початку ХХІ сторіччя виявляється тенденція до зменшення середнього річного вмісту фосфатного и загального фосфору, суми мінерального азоту та їх індивідуальних форм, а також вмісту кремнію. Однак за показником мінливості середньої річної концентрації загального азоту відмічається тенденція до її підвищення за рахунок збільшення вмісту його органічної форми. Так відношення Норг./ Nмін. поступово зросло від 1,7 в 2001р. до 10,6 в 2019 р.

Відмічаються епізодичні випадки влітку та восени зменшення прозорості вод, аномалії кольору води і гіпоксії придонних вод під термоклинном.

Екологічна ситуація на ПЗШ ЧМ, особливо в прибережних районах його північно-західної частини яка знаходиться безпосередньо під впливом стоку річок, незважаючи на відмічені деякі тенденції зменшення вмісту

мінеральних форм біогенних речовин, характеризується як явно нестабільна на що вказують великомасштабні «цвітіння» ціанобактерії і дінофітової водоростей що викликали «зелені припливи» і «червоні припливи» в літньо-осінній період 2020 р.

Потрібно подальше зменшення біогенного навантаження на морське середовище як в складі річкового стоку так і 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: Гидрометеоздат, 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: Гидрометеоздат, 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 Тучковенко Ю. С. Оценка вклада речного стока и совокупности антропогенных источников в загрязнение морской среды Одесского региона [Текст] / Ю. С. Тучковенко, О. Ю. Сапко // Екологічні проблеми Чорного моря: зб. матеріалів до 5-го Міжнар. Симпозіуму. – Одеса, 2003. – С. 360–365
- 7 Екологічні паспорти регіонів – Міністерство екології та природних ресурсів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://menr.gov.ua/content/ekologichni-pasporti-regioniv.ht>. – 10.10.2018. – Назва з екрана
- 8 Нормативи граничне допустимих концентрацій основних забруднюючих речовин у внутрішніх морських водах та територіальному морі України. /

- Постанова Кабінету Міністрів України від 29 березня 2002 р. № 431 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/431-2002-%D0%BF>. – 10.10.2018. – Назва з екрана
- 9 Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов [Текст]. – М.: Минрыбхоз СССР, 1990. – 303 с.
- 10 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
- 11 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. №.
- 12 В Одесі небезпечно купатися на п'яти пляжах [Електронний ресурс]/ Слово і Діло, Аналітичний портал. Суспільство. 29 червня 2020. – Режим доступу:<https://www.slovoidilo.ua/2020/06/29/novyna/suspilstvo/odesi-nebezpechno-kupatysya-pyaty-plyazhax> – Назва з екрана
- 13 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.
- 14 Александров Б.Г. Первый случай «цветения» воды в Черном море водорослью *Nodularia spumigena* Mert. ex Bornet et Flahault (Суанопрокарыота) [Текст] / Б.Г. Александров, Л.М. Теренько,

- Д.А. Нестерова // Альгология. – 2012. Т. 22, № 2. – С. 152-165
15. Виноградова О.Н. Таксономическая ревизия Cyanobacteria / Суанопрокариота Черноморского побережья Украины [Текст] / О.Н.Виноградова, Ю.В. Брянцева // Альгология. – 2017. Т. 27, № 4. – С. 436-457
16. Цвітіння» Чорного моря. [Електронний ресурс] / Державна екологічна інспекція України // Офіційний веб-портал Державної екологічної інспекції України. Новини - Дата: 2019-06-11– Режим доступу: <https://www.dei.gov.ua/posts/448> – Назва з екрана
17. Архив метеоданных. Просмотр фактической погоды на определенную дату [Электронный ресурс] / Архив погоды – Метеопост // – Режим доступа: <https://meteopost.com/weather/archive/> – Название с экрана
18. Довгань-Левицька О. Українські моря через екологічні зміни зіткнулися з явищем «червоних приливів». Що це таке, наскільки небезпечно та як вирішити проблему? [Електронний ресурс] /Ольга Довгань-Левицька // О, Море. City. Одеса 27 жовтня 2020– Режим доступу: <https://omore.city/articles/107422/scho-take-chervoni-prilivi-yaka-prichina-ta-naslidki> – Назва з екрану

## Додаток А

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

Райони	P(PO <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	TP (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NO <sub>2</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NO <sub>3</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NH <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	DIN (мкг/дм <sup>3</sup> )	TN (мкг/дм <sup>3</sup> )	Si(SiO <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	Chl-a (мкг/дм <sup>3</sup> )	Secchi Disk (м)	O <sub>2</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )	O <sub>2</sub> (%)
Дунайський	0,25	0,40	0,29	7,38	0,31	4,56	1,79	1,77	5,97	1,27	0,84	1,14
TW5	1,19	0,79	2,42	2,88	0,17	2,68	1,41	0,26	5,40	2,19	1,01	1,11
CW4	0,83	1,43	1,33	0,62	0,01	0,52	5,39	0,68	5,46	2,00	0,94	0,91
CW5	0,82	1,03	0,87	0,95	0,02	0,87	1,81	1,33	2,78		0,85	0,94
CW6	0,75	1,49	1,18	0,37	3,40	0,69	1,69	0,62	8,29		0,94	0,83
CW7	1,78	2,71	2,27	0,67	2,51	0,93	1,78	0,37	4,35		0,93	0,85

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

Райони	P(PO <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	TP (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NO <sub>2</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NO <sub>3</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NH <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	DIN (мкг/дм <sup>3</sup> )	TN (мкг/дм <sup>3</sup> )	Si(SiO <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	Chl-a (мкг/дм <sup>3</sup> )	Secchi Disk (м)	O <sub>2</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )	O <sub>2</sub> (%)
Дунайський	0,38	0,60	0,43	11,07	0,47	6,84	2,68	3,54	8,95	1,58	0,98	1,36
TW5	1,79	1,19	3,65	4,31	0,25	4,03	2,12	0,51	8,11	2,71	1,22	1,33
CW4	1,25	2,15	2,03	0,93	0,02	0,78	8,07	1,35	8,20	2,48	0,85	0,88
CW5	1,24	1,55	1,31	1,43	0,03	1,31	2,73	2,65	4,17		0,94	0,85
CW6	1,13	2,24	1,74	0,56	5,16	1,03	2,54	1,25	12,43		0,85	0,97
CW7	2,67	4,07	3,45	1,01	3,78	1,40	2,66	0,73	6,52		0,85	0,95



Таблиця А.3 – Розраховані відношення середніх сезонних значень показників біогенних речовин, прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами до цільових значень по районах ЧМ

Райони	P(PO <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	TP (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NO <sub>2</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NO <sub>3</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NH <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	DIN (мкг/дм <sup>3</sup> )	TN (мкг/дм <sup>3</sup> )	Si(SiO <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	Chl-a (мкг/дм <sup>3</sup> )	Secchi Disk (м)	O <sub>2</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )	O <sub>2</sub> (%)
Зима												
CW5	0,39	0,67	0,28	1,58	0,00	1,21	2,65	3,63	3,42		0,80	0,91
Весна												
CW5	0,33	1,04	0,20	0,25	0,00	0,24	1,41	7,96	1,00		0,99	0,92
Лето												
Дунайський	0,26	0,38	0,30	9,71	0,32	5,42	1,33	3,54	6,55	1,30	1,15	1,11
TW5	1,23	0,75	2,53	3,80	0,17	3,19	0,96	0,51	5,94	2,19	1,18	1,08
CW5	0,41	0,91	0,81	0,99	0,00	0,89	1,32	11,91	3,30		0,90	1,06
Осень												
CW4	0,62	1,63	0,77	1,01	0,01	0,47	3,83	1,35	6,43	2,16	0,87	1,03
CW5	1,26	1,60	0,74	2,09	0,05	1,55	2,30	1,44	4,35		0,89	0,90
CW6	0,54	1,38	0,61	0,32	2,76	0,57	1,64	1,00	8,82		0,89	0,87
CW7	1,29	2,52	1,20	0,58	2,00	0,95	1,72	0,59	4,64		0,88	0,85

Таблиця А.4 – Розраховані відношення середніх сезонних значень показників біогенних речовин, прямих і непрямих ефектів збагачення вод поживними речовинами до Ref. Con значень по районах ЧМ

Райони	P(PO <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	TP (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NO <sub>2</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NO <sub>3</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	N(NH <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	DIN (мкг/дм <sup>3</sup> )	TN (мкг/дм <sup>3</sup> )	Si(SiO <sub>4</sub> ) (мкг/дм <sup>3</sup> )	Chl-a (мкг/дм <sup>3</sup> )	Secchi Disk (м)	O <sub>2</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )	O <sub>2</sub> (%)
Зима												
CW5	0,59	1,01	0,42	2,35	0,00	1,81	3,25	7,27	5,11		0,99	0,88
Весна												
CW5	0,50	1,56	0,29	0,37	0,00	0,35	2,12	15,92	1,50		0,80	0,87
Лето												
Дунайський	0,39	0,57	0,45	14,59	0,48	8,13	1,82	7,08	9,86	1,63	1,38	1,33
TW5	1,84	1,12	3,78	5,68	0,26	4,79	1,44	1,02	8,94	2,81	1,41	1,29
CW5	0,61	1,37	1,18	1,49	0,00	1,34	1,77	23,82	4,93		0,89	1,33
Осень												
CW4	0,93	2,46	1,15	1,51	0,01	0,70	5,74	2,71	9,64	2,72	0,92	1,04
CW5	1,89	2,40	1,13	3,13	0,08	2,32	3,45	2,88	6,48		0,93	0,89
CW6	0,82	2,08	0,91	0,48	4,10	0,85	2,46	2,00	13,20		0,90	0,96
CW7	1,94	3,78	1,79	0,87	3,01	1,42	2,58	1,17	6,94		0,90	0,98

