

УДК 504.45.058; 504.4.054; 504.064

КП 72.19.15-00.00

№ держреєстрації 0117U7151

Інв. №

Міністерство екології та природних ресурсів України
НДУ «Український науковий центр екології моря»
(УкрНЦЕМ)
65009, м. Одеса, вул. Французький бульвар, 89;
тел.(0482) 431262, факс (0572) 431263, e-mail: assem@te.net.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор УкрНЦЕМ
канд. геогр. наук,
старш. наук. співроб.
_____ Коморін В.М.
«__» _____ 201_ року

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

**ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ ЕВТРОФІКАЦІЇ МОРСЬКИХ ВОД
ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ
ТА ЇЇ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ У 2017 РОЦІ**

Науковий керівник НДР
заступник директора - начальник МІАЦ,
канд. геогр. наук

В. В. Український

2017

Рукопис закінчено 29 грудня 2017 р.

Результати цієї роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол
від «__» _____ 201_ р. №

СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник НДР, заступник директора - начальник МІАЦ, канд. геогр. наук	_____	В. В. Український (вступ; розділи 1, 2, 4; висновки)
Виконавці: Начальник ВНД та ОМБ, канд. біол. наук	_____	С. П. Ковалишина (розділ 3; висновки)
Завідувач сектором гідробіологічних досліджень ВНД та ОМБ,	_____	М. О. Грандова (підрозділ 3.1)
Завідувач сектором гідрофізичних досліджень ВНДМС	_____	Є. А. Мельник (підрозділ 4.2)
Наук. співроб. ВАД та ОМ групи аналізу забруднюючих речовин	_____	І. В. Малахов (підрозділ 2.4)
Наук. співроб. МІАЦ відділу АМЕАН	_____	А. С. Тітяпкин (підрозділ 4.2)
Наук. співроб. ВАД та ОМ	_____	Т. В. Сібілева (нормоконтроль)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 69 с., 9 табл., 51 рис., 24 джерела.

ПІВНІЧНО-ЗАХІДНИЙ ШЕЛЬФ ЧОРНОГО МОРЯ, ЕВТРОФІКАЦІЯ, БІОГЕННІ РЕЧОВИНИ, БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ІНДЕКС ТРОФНОСТІ, ЯКІСТЬ ВОД.

Об'єкт дослідження – морські води і екосистема північно-західного шельфу Чорного моря.

Мета НДР – оцінка та діагноз евтрофікації вод північно-західного шельфу Чорного моря, що знаходяться під впливом антропогенного навантаження та надання кількісної оцінки їх якості і визначення негативних наслідків евтрофікації.

Методи дослідження – в НДР використовувалися традиційні методи аналітичного узагальнення даних та статистичного аналізу, на підставі екологічних спостережень виконаних Українським науковим центром екології моря в 2017 р., з залученням супутникової інформації, даних Державної гідрометеорологічної служби України та літературних джерел.

Результати дослідження – в прибережних водах Одеського регіону відмічається в середньому подальша тенденція до зниження вмісту мінеральних форм азоту, але відносно минулого року спостерігається збільшення як фосфору фосфатного так і фосфору загального. У 2017 р. в цьому районі за комплексним показником індексу *TRIX* води відповідали «високому» і «середньому» рівню трофності. Найбільш евтрофованими за показниками вмісту азоту і хлорофілу-а є води районів прилеглих до гирл крупних річок північно-західного шельфу Чорного моря.

В червні відмічалось великомасштабне «цвітіння» води бірюзового кольору, викликане спалахом розвитку мікроводоростей кокколітофорид (*Emiliana huxleyi*), а в липні визначався масовий розвиток ноктілюки (*Noctiluca scintillans*) що досягала найбільшої чисельності за останні 6 років.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

БР – біогенні речовини

БСК₅ – біологічне споживання кисню

ГДК – гранично допустима концентрація

ЗР – забруднюючі речовини

НДР – науково дослідна робота

ПЗШ ЧМ – північно-західний шельф Чорного моря

СБО – станція біологічного очищення вод

СКВ – середнє квадратичне відхилення

УкрНЦЕМ – Український науковий центр екології моря

ЧМ – Чорне море

N_{заг.} – загальний азот

N_{мін.} – сума розчинених мінеральних сполук азоту

N_{орг.} – органічні сполуки азоту

P_{заг.} – загальний фосфор

P_{мін.} – сума розчинених мінеральних сполук фосфору

P_{орг.} – органічні сполуки фосфору

TRIX – індекс трофності і якості вод (Trophic index)

ЗМІСТ

	с.
Перелік умовних позначень та скорочень.....	4
Вступ.....	6
1 Стисла характеристика метеорологічного та гідрологічного режиму північно-західного шельфу Чорного моря у 2017 році.....	9
1.1 Мінливість метеорологічних характеристик	9
1.2 Мінливість гідрологічних характеристик	12
2 Режим абіотичних показників евтрофікації вод північно-західного шельфу Чорного моря у 2017 році.....	15
2.1 Мінливість гідрохімічного стану вод Одеського регіону.....	15
2.2 Внутрішньорічна мінливість абіотичних показників стану евтрофікації прибережних вод Одеського регіону у 2017 р.	23
2.3 Багаторічна мінливість абіотичних показників стану евтрофікації прибережних вод Одеського регіону	30
2.4 Мінливість абіотичних показників стану евтрофікації вод Дунайського узмор'я.....	34
3 Біологічні показники стану евтрофікації вод північно-західного шельфу Чорного моря у 2017 р.	48
3.1 Мінливість фітопланктону на північно-західного шельфу Чорного моря	48
3.2 Мінливість мезозoopланктону на північно-західного шельфу Чорного моря	51
4 Оцінка стану і тенденцій евтрофікації вод північно-західного шельфу Чорного моря за комплексним показником трофності і якості вод.....	55
4.1 Показник трофності і якості вод.....	55
4.2 Оцінка та діагноз евтрофікації морських вод північно-західного шельфу Чорного моря за показником трофності і якості вод	57
Висновки	64
Перелік посилань	70

ВСТУП

Евтрофікація морських вод, наряду з забрудненням токсичними речовинами та біологічним забрудненням чужорідними вселенцями, є одним із головних чинників антропогенних порушень, що спостерігаються в екосистемі північно-західного шельфу Чорного моря (ПЗШ ЧМ). Серед усіх антропогенних порушень евтрофікація, згідно Конвенції про захист Чорного моря від забруднення (Бухарест, 1992 р.), є найбільш сильним негативним чинником, що впливає на екосистему Чорного моря і, в першу чергу, екосистему ПЗШ ЧМ. Результатами наслідків евтрофікації є деградація флори і фауни бенталі, що особливо помітно на ПЗШ ЧМ [1], [2]. Яскравим прикладом наслідків антропогенного навантаження, розвитку процесів евтрофікації вод, нераціонального використання ресурсів ПЗШ ЧМ є деградація біоценозу філофори, мідій, зменшення площі їх полів та біомаси [1], [2]. Морські води ПЗШ ЧМ знаходяться під впливом усього спектру джерел антропогенного забруднення, якими є: стік річок, господарсько-побутові і промислові скиди, змив добрив і пестицидів з полів та виноградників, атмосферні опади, судноплавство, діяльність портів, гідротехнічне будівництво, добича газу, днопоглиблення і дампінг ґрунтів, абразійне руйнування берегів, а також вторинне забруднення – надходження забруднюючих речовин (ЗР) з донних відкладів.

Евтрофікація морських вод виникає в результаті антропогенного збільшення концентрації поживних біогенних речовин і надмірного розвитку фітопланктону, що обумовлює «цвітіння» води, зменшення її прозорості та розвиток під пікноклином в придонних шарах шельфової зони в теплий період року великих зон гіпоксії і аноксії, за рахунок біохімічного окислювання накопиченої органічної речовини. Це призводить за рахунок дефіциту кисню до замору і загибелі придонних і донних організмів.

Вважається, що основними джерелами біогенного забруднення

морських вод є річковий стік та берегові точкові джерела, до яких у першу чергу відносяться випуски стічних вод різних суб'єктів господарювання, що розташовані у береговій зоні.

На долю річок ПЗШ припадає біля 79 % загального стоку річок Чорного моря (ЧМ) [3]. Тому масштаби антропогенного і біогенного навантаження на морське середовище на ПЗШ набагато більші, ніж в інших районах ЧМ.

Згідно Європейської Директиви Marine Strategy Framework Directive [4], [5] ступень евтрофікації відповідає п'ятому дескриптору і гарний екологічний стан вод характеризується зведенням до мінімуму евтрофікації спричиненою людьми, особливо її шкідливих наслідків, якими можуть бути втрати біорізноманіття, пошкодження екосистем, шкідливе цвітіння водоростей та нестача кисню на глибинах під пікнокліном.

В останні роки визначається слабка тенденція до поліпшення стану екосистеми ПЗШ ЧМ [6]–[9]. Це пов'язано, очевидно, із захисними заходами, вжитими на державному та міждержавному рівнях [10]. Однак несприятливі умови можуть виникати в стані екосистеми ПЗШ ЧМ як за рахунок ще високого рівня антропогенного і біогенного навантаження, так і в результаті значних міжрічних і кліматичних коливань природних факторів, які також впливають на процеси евтрофікації [11], [12]. У зв'язку з цим визначення оцінки сучасного стану і тенденцій евтрофікації вод для подальшого прогнозування екологічного стану ПЗШ ЧМ є одним з важливих і актуальних екологічних завдань спрямованих на виконання «Загальнодержавної програми охорони та відтворення Азовського та Чорного морів».

Підставою до виконання теми «Оцінка та діагноз евтрофікації морських вод північно-західного шельфу Чорного моря та її негативних наслідків у 2017 році» є: Статут Українського наукового центру екології моря (УкрНЦЕМ); Бюджетний запит УкрНЦЕМ на 2017 рік; План науково-дослідних робіт НДУ «УкрНЦЕМ» на 2017 р., затверджений Міністром екології та природних ресурсів України 18 квітня 2017 р.

Основною метою науково-дослідної роботи (НДР) є оцінка та діагноз евтрофікації вод північно-західного шельфу Чорного моря, що знаходяться під впливом антропогенного навантаження та надання кількісної оцінки їх якості і визначення негативних наслідків евтрофікації у 2017 р.

Результати НДР можуть бути застосовані в галузі охорони навколишнього природного середовища, в галузі наукової і науково-просвітній діяльності і будуть використані при підготовці щорічної Національної доповіді «Стан довкілля України», Регіональної доповіді «Стан навколишнього природного середовища Одеської області», при розробці рекомендацій щодо розв'язання екологічних проблем Чорноморського басейну місцевого, державного та міждержавного рівня, в інформаційній сфері для органів державної влади і місцевого самоврядування та громадськості.

НДР «Оцінка та діагноз евтрофікації морських вод північно-західного шельфу Чорного моря та її негативних наслідків у 2017 році» виконувалась в рамках напрямку наукових досліджень УкрНЦЕМ «Оцінка та діагноз стану морських екосистем» згідно виконання завдань «Загальнодержавної програми охорони та відтворення довкілля Азовського і Чорного морів», згідно Закону України «Про Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року» від 21 грудня 2010 р. № 2818-VI та міжнародних зобов'язань України щодо захисту Чорного моря від забруднення, відповідно до «Стратегічного Плану Дій щодо відновлювання і охорони Чорного моря» від 31 жовтня 1996 р.

1 СТИСЛА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ТА ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ У 2017 РОЦІ

1.1 Мінливість метеорологічних характеристик

На гідрологічний, гідрохімічний і біологічний режим вод мілководного ПЗШ ЧМ і в цілому на його екологічний стан значно впливають атмосферні процеси, які обумовлюють формування режиму вітру, температури повітря, атмосферних опадів, стоку річок і відповідно режиму температури, солоності вод і течій.

Як вже відмічалось в багатьох роботах і зокрема в [13], [14], коливання клімату в сучасний період у Азово-Чорноморському басейні і відповідно на ПЗШ ЧМ характеризується підвищенням середньої річної температури повітря, що добре виявляється за даними багаторічних спостережень Одеської обсерваторії (1866 – 2017 рр.), відображено на рисунку 1.1.

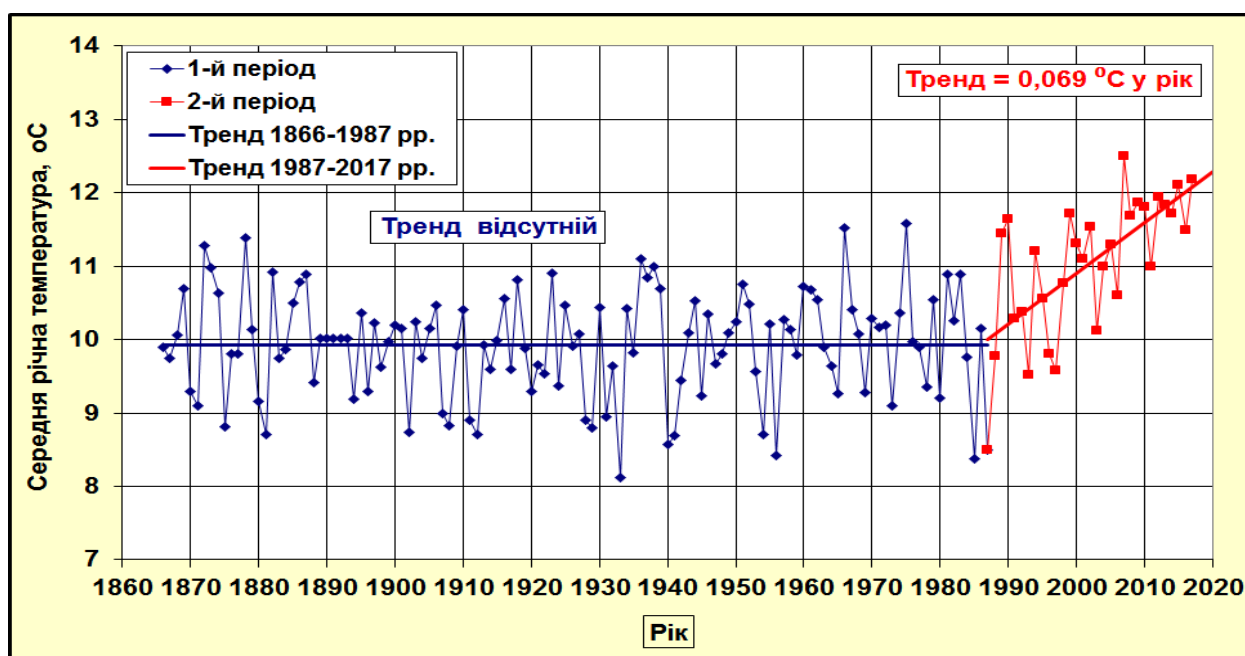


Рисунок 1.1 – Багаторічна мінливість середньої річної температури повітря на ПЗШ ЧМ в Одесі

У 2017 р. середня річна температура повітря була на 1,0 °С вище відносно середньої кліматичної (1894 – 2017 рр., 10,7 °С). В річному ході підвищені значення температури повітря з перевищенням середньої місячної температури відносно кліматичного значення на 4,3 °С спостерігались в грудні, а з перевищенням середніх місячних значень > 1,0 °С в березні, червні, серпні, вересні та листопаді, що відображено на рисунку 1.2.

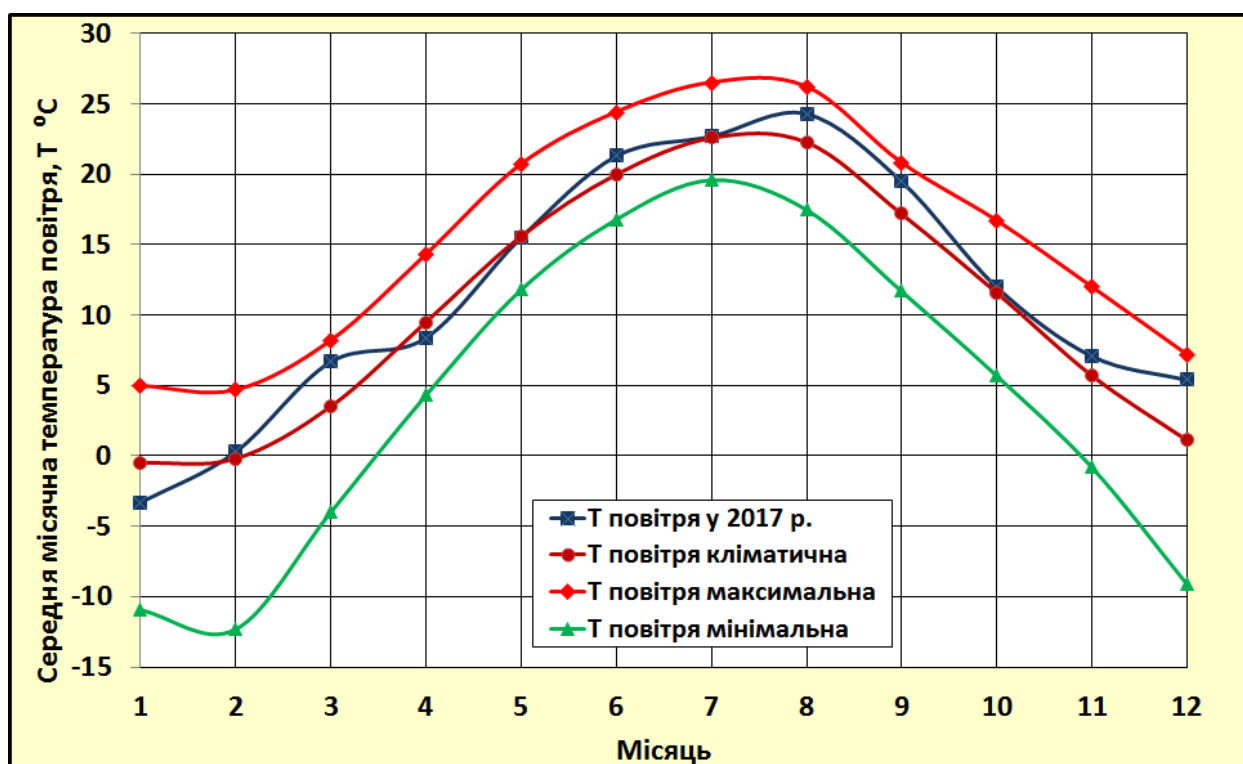
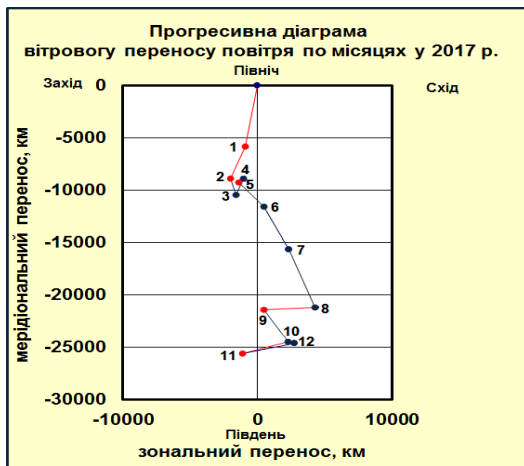


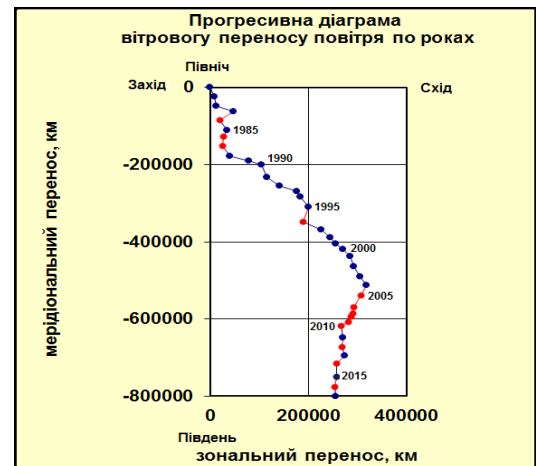
Рисунок 1.2 – Річний хід середньої місячної температури повітря на ПЗШ ЧМ в Одесі у 2017 р.

В 2017 році переважала меридіональна складова вітрового переносу повітряних мас, але в окремі місяці мали перевагу як північно-західні, так і північно-східні вітри. В цілому за рік сумарний перенос повітряних мас за даними спостережень гідрометеорологічної станції Одеса-порт спостерігався з півночі до півдня. Такі умови в режимі вітру відмічаються в сучасний період з 2011 року, відображено на рисунку 1.3.



а

а) 2017 р.;



б

б) 1981 – 2017 рр.

Рисунок 1.3 – Прогресивна діаграма місячного переносу повітря у 2017 р. і річного переносу повітря в 1981 – 2017 рр.

В багаторічній мінливості переносу повітряних мас спостерігається тенденція до зменшення середньої річної швидкості, визначеної за векторними складовими, відображено на рисунку 1.4. У 2017 році за даними спостережень гідрометеорологічної станції Одеса-порт середня швидкість переносу повітряних мас 0,79 м/с була трохи менш багаторічного середнього значення розрахованого за період 1981–2017 рр., яке складає 0,87 м/с. Послаблення середньої сили вітру в Азово-Чорноморському басейні в сучасний період відмічалось і в роботах [13]-[15].

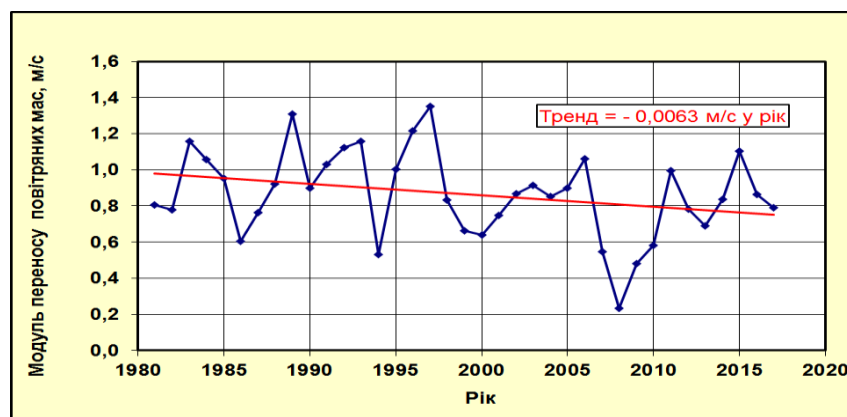
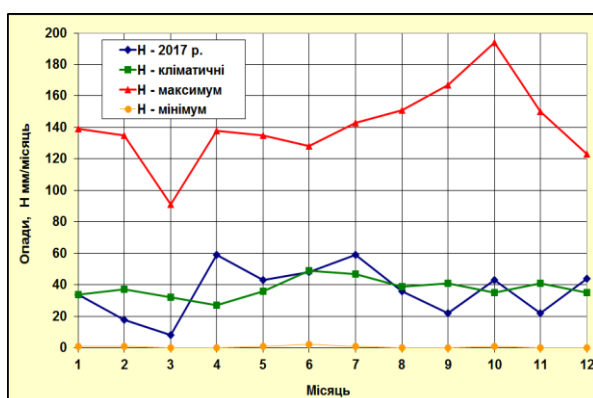
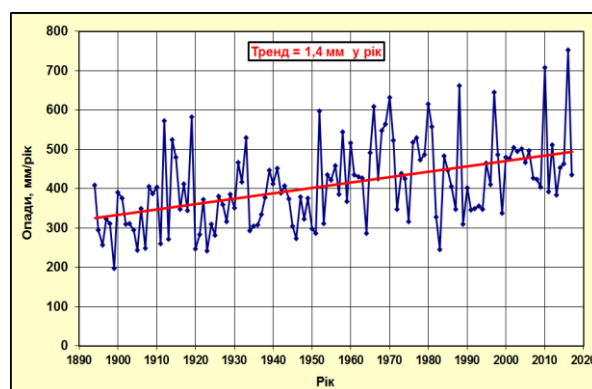


Рисунок 1.4 – Багаторічна мінливість середньої річної швидкості переносу повітряних мас

Атмосферні опади у 2017 р. за даними Одеської обсерваторії склали 436 мм при середньому багаторічному значенні 453 мм визначеному за період 1894 – 2017 рр. За багаторічними даними спостерігається тенденція до підвищення річної суми опадів на 1,4 мм у рік, відображено на рисунку 1.5. У річному ході кількість опадів значно не відрізнялась від кліматичних показників, максимальні відхилення спостерігались в березні і квітні.



а



б

а) мінливість місячної суми атмосферних опадів в 2017 р.;

б) мінливість річної суми атмосферних опадів у період 1894 – 2017 рр.

Рисунок 1.5 – Мінливість сум атмосферних опадів

1.2 Мінливість гідрологічних характеристик

Температура поверхні моря на шельфі змінювалась відповідно до річного ходу температури повітря. У 2017 р. середня річна температура води за даними гідрометеорологічної станції Одеса-порт складала 11,45 °С і була близька до середнього багаторічного значення (11,27 °С), визначеного за період 1950 – 2017 рр. Підвищенні значення температури води відносно середніх місячних багаторічних показників спостерігались відповідно до

стану повітря в березні, серпні, вересні та грудні, відображено на рисунку 1.6.

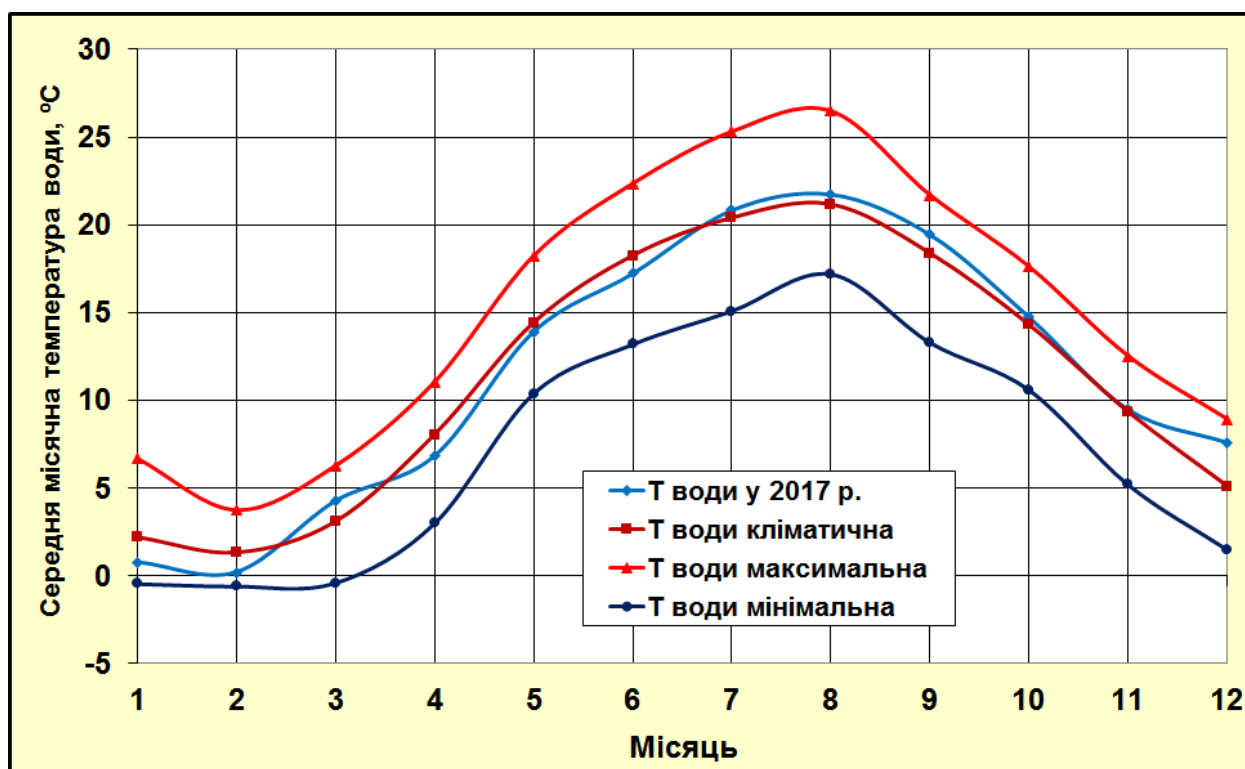
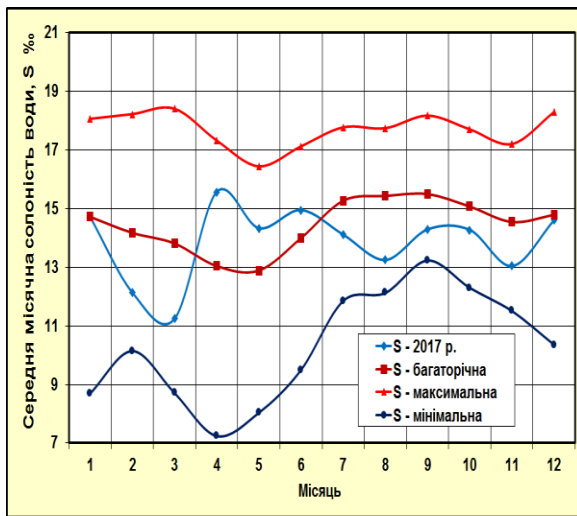


Рисунок 1.6 – Річний хід середньої місячної температури води у 2017 р. на ПЗШ ЧМ у Одеській затоці

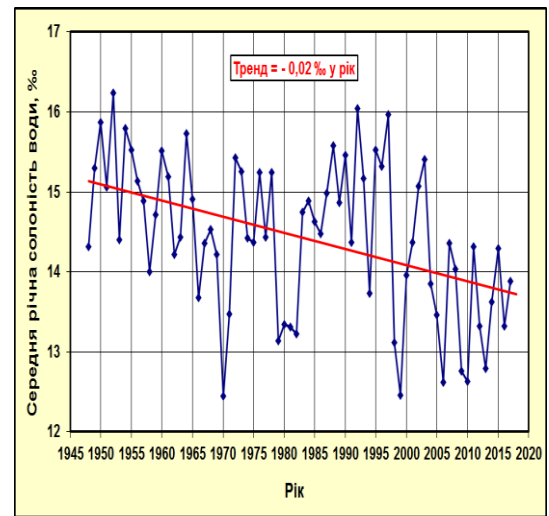
На режим солоності вод ПЗШ ЧМ значно впливає річковий стік, який складає в цьому районі понад 79 % від сумарного стоку річок ЧМ [3], а також режим вітру який формує циркуляцію вод на мілководному шельфі.

Середня річна солоність поверхневих вод в Одеській затоці ПЗШ ЧМ була менше (на 0,56 ‰) відносно середнього багаторічного значення 14,44 ‰ за даними спостережень гідрометеорологічної станції Одеса-порт 1948 – 2017 рр. В річному ході понижені середні місячні значення солоності води в Одеській затоці спостерігались в лютому, березні та з липня по грудень з мінімумом середньої місячної солоності 11,24 ‰ в березні, відображено на рисунку 1.7. В центральній частині ПЗШ ЧМ в зоні філофорного поля Зернова в липні відмічалось зниження солоності під впливом Дунайських вод до 14,82 ‰ і зниження прозорості вод до 4 м. В багаторічній мінливості в

Одеській затоці визначається деяка тенденція до зниження середньої річної солоності води – 0,02 ‰ у рік.



а



б

а) мінливість середньої місячної солоності в 2017 р.;

б) мінливість середньої річної солоності в період 1948 – 2017 рр.

Рисунок 1.7 – Мінливість солоності вод ПЗШ ЧМ в Одеській затоці

2 РЕЖИМ АБІОТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ У 2017 РОЦІ

2.1 Мінливість гідрохімічного стану вод Одеського регіону

На якість морських вод і екологічний стан Одеського регіону значно впливають трансформовані річкові води які поступають з Дніпровського лиману. В прибережній зоні також на стан вод впливають антропогенні джерела, що пов'язані з діяльністю портів, промислових підприємств, комунально-побутових та сільських господарств. В результаті в морське середовище цього регіону надходить значна кількість біогенних речовин (БР), що сприяє розвитку процесу евтрофікації, приводе до змін гідрохімічного режиму вод акваторій, зниження їх якості і погіршення екологічного стану. Стік в морське середовище за сумою розчинених мінеральних сполук азоту ($N_{\text{мін.}}$) і за сумою розчинених мінеральних сполук фосфору ($P_{\text{мін.}}$) від антропогенних джерел Одеського регіону за даними [16] в 1,5 рази перевищує їх стік р. Південного Бугу. Антропогенні прибережні джерела сумісно з річковим стоком БР та сумісно з природними факторами обумовлюють ступень їх трофності і значно впливають на екологічний стан ПЗШ ЧМ.

Екологічний моніторинг стану прибережних вод Одеського регіону в 2017 р. виконувався УкрНЦЕМ на підставі регулярних спостережень (один раз у тиждень) в районах мис Малий Фонтан і пляж «Аркадія», а також в точках сезонного прибережного моніторингу вздовж узбережжя від Малого Аджаликського лиману до району дачі Ковалевського, відображено на рисунку 2.1.

Вміст БР в морських водах вздовж узбережжя і ступень біогенного навантаження на прибережні морські води характеризують дані екологічних спостережень Одеського регіону виконаних в червні і жовтні 2017 р.

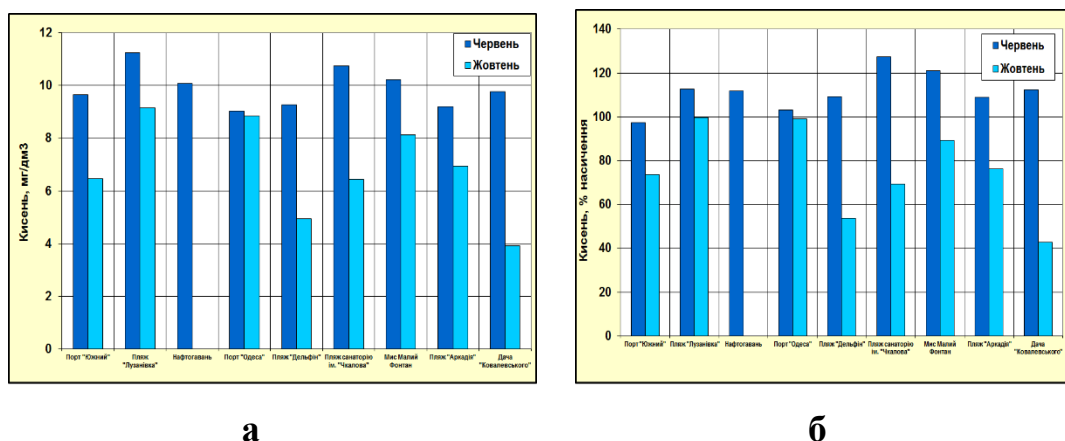
показників ступеню евтрофікації, що характеризує відношення інтенсивності первинної продукції органічної речовини і інтенсивності її біохімічного окислення.

Вміст кисню в прибережних водах в період зйомки в червні змінювався в діапазоні від 9,0 мг/дм³ до 11,2 мг/дм³. Відносне насичення кисню знаходилось в межах від 97,3 % до 127,3 %. В період зйомки в жовтні діапазон мінливості кисню в прибережних водах, як абсолютних, так і відносних значень був значно більшим. Концентрації кисню в цей період змінювались в діапазоні від 3,9 мг/дм³ до 9,1 мг/дм³. Відносне насичення кисню змінювалось в діапазоні від 42,7 % до 99,6 %. Понижений вміст кисню в зоні скиду вод зі станції біологічного очищення (СБО) «Південна» вказує на ступень гіпоксії вод, що до рибогосподарських водойм складає менш 4 мг/дм³. Середнє значення вмісту кисню в червні складало 9,9 мг/дм³ (111,5 % насичення) і в жовтні знизилось до 6,8 мг/дм³ (75,4 % насичення), наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих прибережних вод Одеського регіону в червні і жовтні 2017 р.

Показник	O ₂	O ₂	БСК ₅ ^{**)}	pH
	мг/дм ³	% насичення	мг/дм ³	од. pH
Червень				
Кількість визначень	9	9	9	9
Середнє	9,9	111,5	1,5	8,30
Максимум	11,2	127,3	2,5	8,43
Мінімум	9,0	97,3	1,1	8,04
СКВ ^{*)}	0,7	8,8	0,4	0,13
Жовтень				
Кількість визначень	8	8	8	8
Середнє	6,8	75,4	1,3	8,48
Максимум	9,1	99,6	3,2	8,57
Мінімум	3,9	42,7	0,6	8,18
СКВ	1,8	20,4	1,0	0,13
*) СКВ – середнє квадратичне відхилення;				
**) БСК ₅ – біологічне споживання кисню				

Максимальний вміст абсолютного кисню в червні 11,2 мг/дм³ (112,5 % насичення) відмічався на акваторії пляжу «Лузанівка», а також і в жовтні при значенні вмісту 9,2 мг/дм³ (99,6 % насичення), відображено на рисунку 2.2.



а) абсолютний вміст кисню;

б) відносний вміст кисню.

Рисунок 2.2 – Вміст кисню в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в червні і жовтні 2017 р.

В червні біологічне споживання кисню змінювалось в діапазоні від 1,1 мг/дм³ до 2,5 мг/дм³ і в середньому складало 1,5 мг/дм³. В жовтні максимум споживання кисню 3,2 мг/дм³, що перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) (3,0 мг/дм³), був визначений в акваторії порту «Одеса», але в середньому біологічне споживання кисню в жовтні було менше (1,3 мг/дм³) ніж в червні, відображено на рисунку 2.3.

Значення водневого показника рН в жовтні були трохи підвищеними в декількох районах відносно ГДК (8,50 од. рН) і в середньому складало 8,48 од. рН. В червні показники рН не перевищували ГДК і в середньому складала 8,30 од. рН.

Рівні поживних речовин є головними показниками стану евтрофікації. Дані моніторингу водойм світу, переконливо підтверджують провідну роль у цьому процесі фосфору й азоту. Надмірна кількість поживних речовин, фосфору, азоту, органічних сполук фосфору (P_{орг.}) та органічних сполук азоту (N_{орг.}) призводять до небажаних наслідків евтрофікації включаючи зміни в

структурі та функціонуванні всієї морської екосистеми і зниження її стабільності.

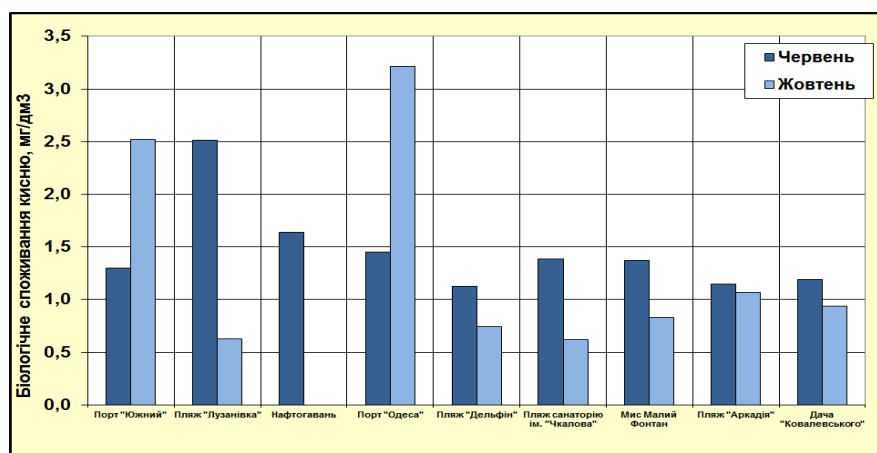


Рисунок 2.3 – Біологічне споживання кисню в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в червні і жовтні 2017р.

В червні і жовтні 2017 р. вміст фосфору фосфатного в прибережних водах Одеського регіону в період зйомок змінювався в діапазоні від аналітичного нуля < 5 мкг/дм³ до 69,5 мкг/дм³, при середньому значенні в червні 34,3 мкг/дм³ і жовтні 36,1 мкг/дм³, що наведено в таблиці 2.2. Понижені концентрації фосфатів < 5 мкг/дм³ спостерігались в червні в рекреаційній зоні від пляжу «Дельфін» до пляжу «Аркадія».

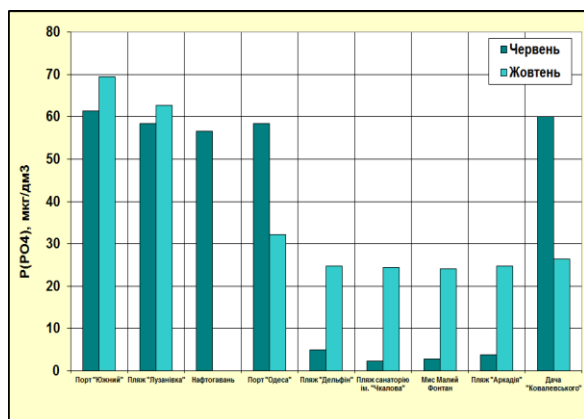
Максимальні значення вмісту фосфору фосфатного в червні 61,4 мкг/дм³ і в жовтні 69,5 мкг/дм³ спостерігались на акваторії порту «Южний» в Малому Аджаликському лимані.

В прибережних водах Одеського регіону концентрації загального фосфору (суми органічних і мінеральних його форм) в прибережних водах Одеського регіону в червні і жовтні знаходились в межах від 30,0 мкг/дм³ до 223,1 мкг/дм³, а середні його значення склали відповідно 215,7 мкг/дм³ та 54,9 мкг/дм³. Вміст загального фосфору в 2017 р. в прибережних водах Одеського регіону як в червні так і в жовтні був значно більший відносно минулого 2016 р. який в середньому складав 31,45 мкг/дм³. В червні вміст

загального фосфору в усіх районах був значно більшим ніж в жовтні, відображено на рисунку 2.4.

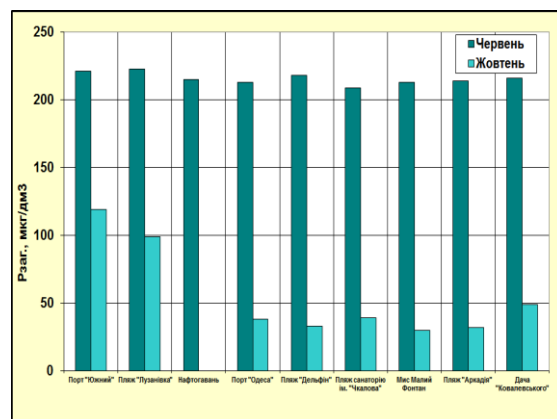
Таблиця 2.2 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в прибережних поверхневих водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в червні і жовтні 2017 р.

Показник	PO ₄	P _{заг.} *	NO ₂	NO ₃	NH ₄	N _{заг.} **	Si
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Червень							
Кількість визначень	9	9	9	9	9	9	9
Середнє	34,3	215,7	1,4	90,6	< 15,0	2 633,0	86,5
Максимум	61,4	223,1	2,9	657,0	< 15,0	20 383,0	161,0
Мінімум	< 5,0	208,8	0,7	< 5,0		105,0	25,7
СКВ	29,3	4,4	0,7	213,2		6 660,0	55,0
Жовтень							
Кількість визначень	8	8	8	8	8	8	8
Середнє	36,1	54,9	4,1	115,6	< 15,0	1 393,0	476,0
Максимум	69,5	119,3	16,3	189,0	36,6	3 940,0	596,0
Мінімум	24,0	30,0	0,6	41,7	< 15,0	682,0	323,0
СКВ	18,8	34,4	5,4	42,7		1 050,0	83,0
* P _{заг.} – загальний фосфор; ** N _{заг.} – загальний азот							



а

а) фосфор фосфатний;



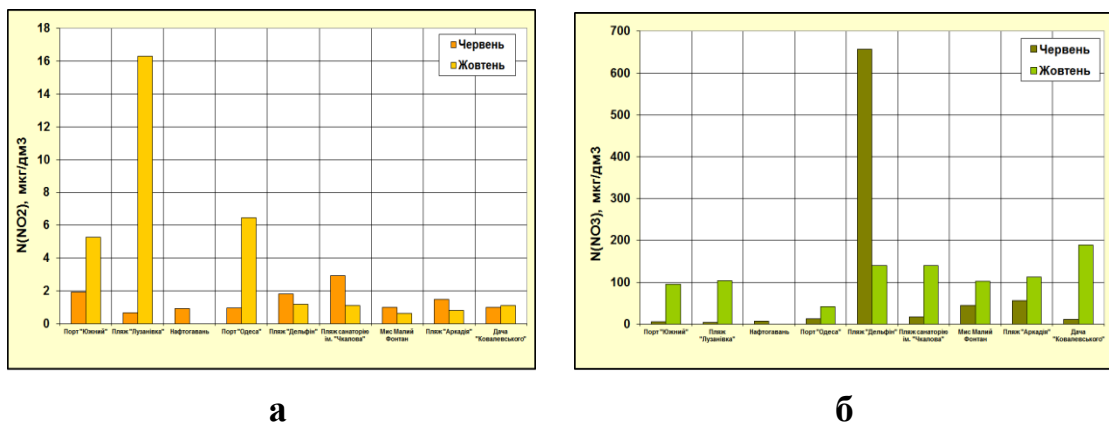
б

б) загальний фосфор.

Рисунок 2.4 – Вміст фосфору фосфатного і загального в прибережних водах Одеського регіону в червні і жовтні 2017 р.

В період зйомок Одеського узбережжя вміст азоту нітритного в прибережних морських водах змінювався в діапазоні від 0,6 мкг/дм³ до 16,3 мкг/дм³. Максимальне значення спостерігалось в жовтні в Одеській затоці в районі пляжу «Лузанівка» під впливом стоку вод з СБО «Північне», відображено на рисунку 2.5(а). В середньому по Одеському регіону концентрація азоту нітритного в прибережних водах складала в червні 1,4 мкг/дм³, а в жовтні 4,1 мкг/дм³. Відносно минулого 2016 р. середній вміст азоту нітритного в червні був меншим, а восени на 1,0 мкг/дм³ більше.

В прибережних водах Одеського регіону вміст азоту нітратного залежно від району в період спостережень змінювався в широкому діапазоні від < 5 мкг/дм³ до 657 мкг/дм³. Підвищені концентрації нітратного азоту спостерігались в районах впливу стоку дренажних вод, що визначалось раніше в роботах [16], [17].



а) азот нітритний;

б) азот нітратний.

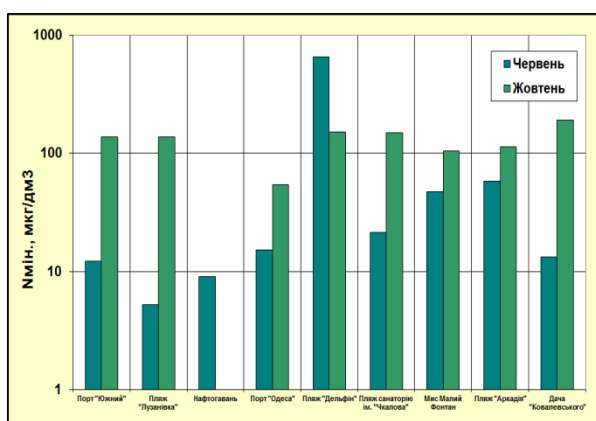
Рисунок 2.5 – Вміст азоту нітритного і нітратного в прибережних водах Одеського регіону в червні та жовтні 2017 р.

Середні концентрації нітратного азоту в регіоні досліджень в червні складала 90,6 мкг/дм³, а в жовтні 115,6 мкг/дм³, при цьому максимальна концентрація 657 мкг/дм³ в червні відмічалась в районі пляжу «Дельфін», а в жовтні 189 мкг/дм³ – в районі дачі Ковалевського під впливом стоку вод з СБО «Південне», відображено на рисунку 2.5(б).

В прибережних водах Одеського регіону вміст азоту амонійного переважно був < 15 мкг/дм³ і тільки в жовтні максимум 36,6 мкг/дм³ спостерігався на акваторії порту «Южний» в Малому Аджаликському лимані і в Одеській затоці 17,4 мкг/дм³ в районі прибережних вод пляжу «Лузанівка» під впливом стоку вод з СБО «Північне».

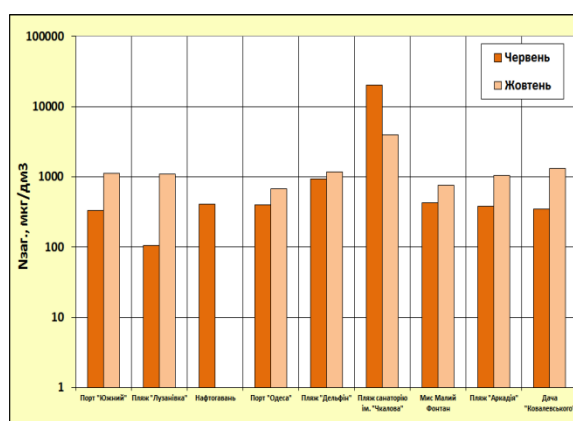
Сума мінеральних сполук азоту в прибережних водах Одеського регіону змінювалась в діапазоні від 5,2 мкг/дм³ до 660 мкг/дм³, при середніх значеннях в червні 93,5 мкг/дм³ і в жовтні 130 мкг/дм³, наведено на рисунку 2.6(а).

В Одеському регіоні в прибережних водах переважає вміст органічних форм азоту над сумою його мінеральних форм. В середньому органічні форми азоту перевищують суму мінеральних форм в 10–20 разів.



а

а) сума мінеральних форм азоту;



б

б) азот загальний.

Рисунок 2.6 – Вміст азоту мінерального і загального в прибережних водах Одеського регіону в червні та жовтні 2017 р.

В 2017 р. вміст загального азоту (суми мінеральних і органічних форм) змінювався в червні і жовтні в діапазоні від 105 мкг/дм³ до 20 383 мкг/дм³. Максимальні концентрації загального азоту відмічались в районі акваторії пляжу санаторію «Чкалова», за рахунок впливу дренажних вод які надходять в прибережну зону, відображено на рисунку 2.6(б). Відносно підвищені

значення вмісту загального азоту спостерігались в районі дачі Ковалевського в зоні впливу стоку вод з СБО «Південна» 1 309 мкг/дм³.

В прибережних водах Одеського регіону концентрації кремнію змінювались в діапазоні від 25,7 мкг/дм³ до 596 мкг/дм³ при середньому значенні вмісту кремнію в червні 86,5 мкг/дм³ і в жовтні 476 мкг/дм³. В жовтні вміст кремнію в прибережних водах був підвищеним відносно червня в 5,5 рази, відображено на рисунку 2.7.

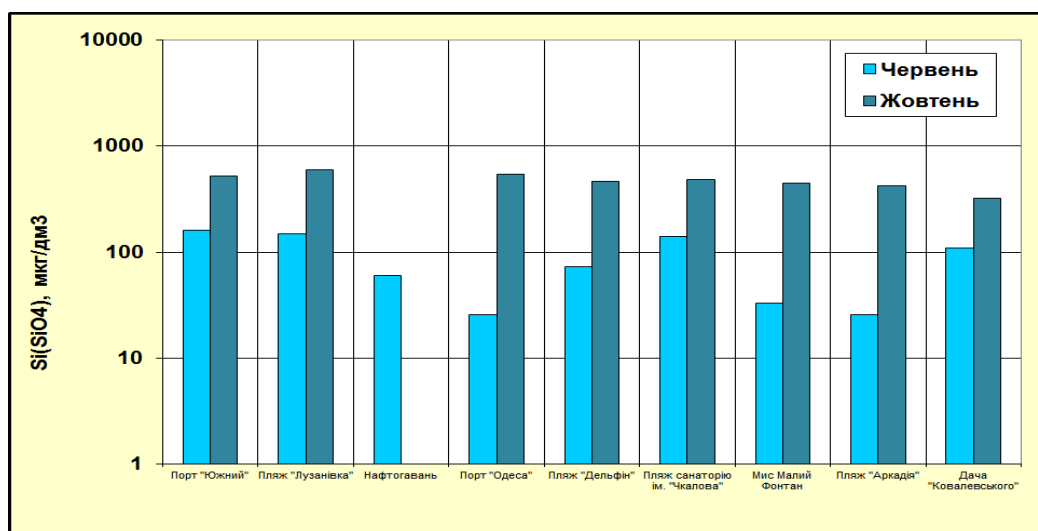


Рисунок 2.7 – Вміст кремнію в прибережних водах Одеського регіону в червні і жовтні 2017 р.

2.2 Внутрішньорічна мінливість абіотичних показників стану евтрофікації прибережних вод Одеського регіону у 2017 р.

Регулярні екологічні спостереження, що виконувались УкрНЦЕМ в районі мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія» у 2017 р. з періодичністю раз у тиждень, дозволяють виконати оцінку внутрішньорічної мінливості абіотичних показників ступеню евтрофікації і якості прибережних вод Одеського регіону в зоні рекреації, віддаленої від промислових районів.

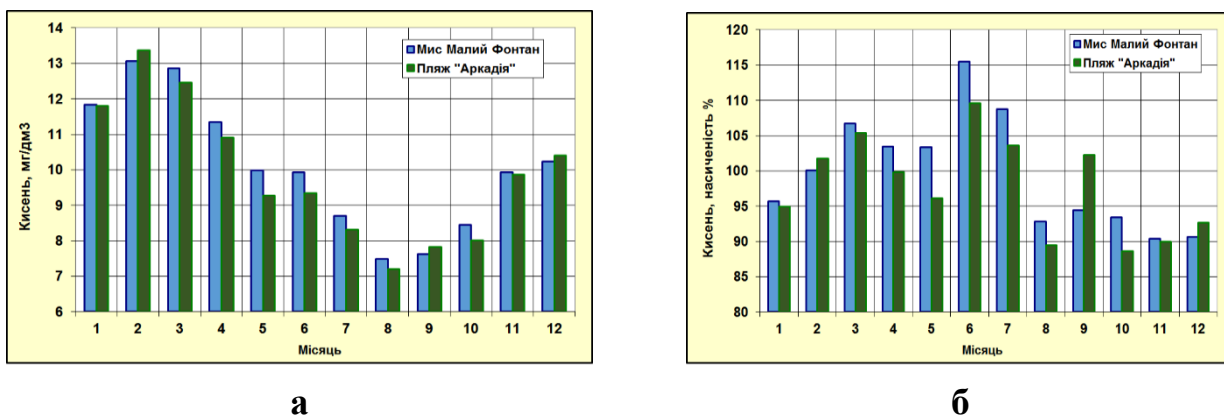
Середній вміст кисню в прибережних поверхневих водах у 2017 р. був на рівні від 9,8 мг/дм³ до 10,0 мг/дм³ (від 98,1 % до 100,8 % насичення). Вміст кисню змінювався в діапазоні від 3,8 мг/дм³ до 13,9 мг/дм³ (від 49,2 % до 112,7 % насичення). Максимальне значення вмісту кисню 13,9 мг/дм³ спостерігалось в першій декаді березня в районі акваторії мису Малий Фонтан, а максимальне насичення 121,1 % – в середині червня. Мінімальні значення 3,8 мг/дм³ (49,2 % насичення) на акваторії пляжу «Аркадія» та мису Малий Фонтан 5,7 мг/дм³ (70,9 % насичення) спостерігались в середині серпня при апвелінгу і підйому глибинних вод к поверхні. В цей період вміст кисню в поверхневому шарі і відповідно в глибинних шарах у 2017 р. був менш рівня ГДК (6,0 мг/дм³ для вод рибогосподарських водойм), що наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Показники мінливості гідрохімічного стану прибережних поверхневих вод Одеського регіону у 2017 р.

Показник	O ₂	O ₂	БСК ₅	pH
	мг/дм ³	% насичення	мг/дм ³	од. pH
Мис Малий Фонтан				
Кількість визначень	41	41	41	41
Середнє	10,0	100,8	1,2	8,47
Максимум	13,9	121,1	2,3	8,74
Мінімум	5,7	70,9	0,1	8,29
СКВ	1,9	11,4	0,6	0,09
Пляж «Аркадія»				
Кількість визначень	42	42	42	42
Середнє	9,8	98,1	1,3	8,48
Максимум	13,8	114,8	2,5	8,70
Мінімум	3,8	49,2	0,1	8,33
СКВ	2,0	11,6	0,6	0,09

Максимальний вміст кисню відмічався в зимовий період в лютому і зменшувався з підвищенням температури води, що обумовлюється зменшенням ступеню його розчинності. Підвищене насичення вод киснем спостерігалось в червні і липні як в районі мису Малий Фонтан так і пляжу

«Аркадія», що пов'язано з інтенсифікацією процесів фотосинтезу фітопланктону, наведено на рисунку 2.8.



а) абсолютного вмісту кисню;

б) відносний вміст кисню.

Рисунок 2.8 – Внутрішньорічна мінливість середніх місячних значень абсолютного і відносного вмісту кисню в прибережних водах Одеського регіону в 2017 р.

Біологічне споживання кисню в середньому знаходилось на рівні $1,3 \text{ мг/дм}^3$ і змінювалось в діапазоні від $< 0,1 \text{ мг/дм}^3$ до $2,5 \text{ мг/дм}^3$. В 2017 р. БСК₅ не перевищувало ГДК ($3,0 \text{ мг/дм}^3$ визначеного для вод рибогосподарських водойм). Пониженні значення БСК₅ від $0,7 \text{ мг/дм}^3$ до $0,9 \text{ мг/дм}^3$ відмічались в жовтні як в районі мису Малий Фонтан, так і на акваторії пляжу «Аркадія», наведено на рисунку 2.9. Підвищене споживання кисню спостерігалось в лютому і березні при надходженні в Одеський регіон трансформованих вод з Дніпровського лиману, на що вказує понижене значення середньої місячної солоності $12,8 \text{ ‰}$.

Значення водневого показника в прибережних водах Одеського регіону коливались в діапазоні від $8,29 \text{ од. рН}$ до $8,74 \text{ од. рН}$ і в середньому складали $8,47 \text{ од. рН}$ та $8,48 \text{ од. рН}$. Підвищені значення водневого показника, які перевищували ГДК визначених для внутрішніх морських вод України ($8,50 \text{ од. рН}$), відмічались восени в вересні – листопаді, наведено на рисунку 2.10.

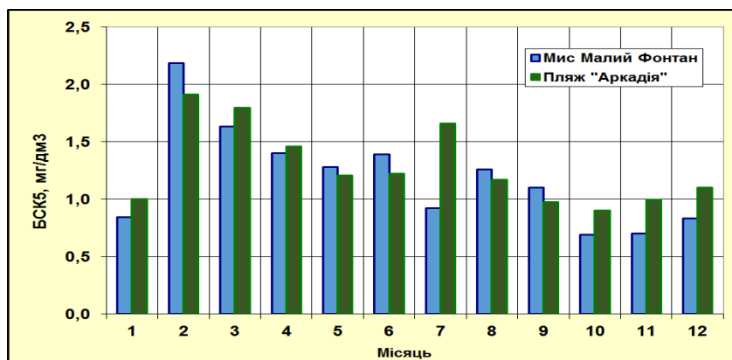


Рисунок 2.9 – Мінливість середнього місячного біологічного споживання кисню в прибережних водах Одеського регіону в 2017 р.

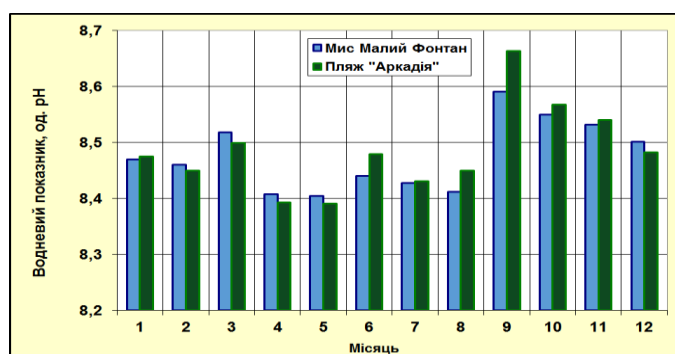


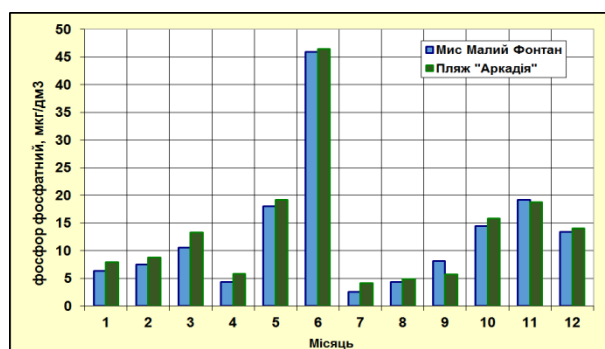
Рисунок 2.10 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного значення водневого показника прибережних вод Одеського регіону в 2017 р.

В прибережних водах Одеського регіону у 2017 р. вміст розчиненого фосфору фосфатного змінювався від аналітичного нуля $< 5,0$ мкг/дм³ до $58,2$ мкг/дм³ і в середньому складав $14,5$ мкг/дм³ в зоні мису Малій Фонтан і $15,3$ мкг/дм³ в акваторії пляжу «Аркадія», що наведено в таблиці 2.4.

Підвищені концентрації фосфору фосфатного до $58,2$ мкг/дм³ спостерігались в кінці травня та в червні як в районі мису Малій Фонтан, так і на акваторії пляжу «Аркадія». Мінімальні концентрації фосфору фосфатного на рівні аналітичного нуля спостерігались в липні-серпні, відображено на рисунку 2.11(а).

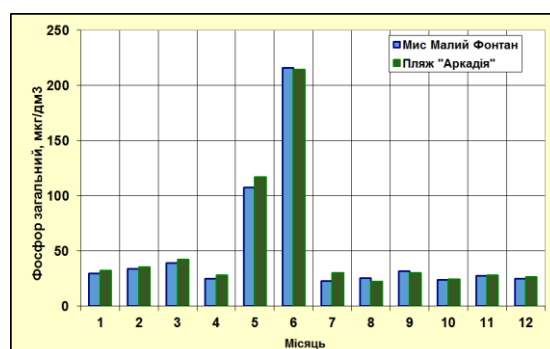
Таблиця 2.4 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин
в поверхневих водах Одеського регіону у 2017 р.

Показник	PO ₄	P _{заг.}	NO ₂	NO ₃	NH ₄	N _{заг.}	Si
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Мис Малий Фонтан							
Кількість визначень	41	39	41	41	41	40	39
Середнє	14,5	60,6	1,9	54,9	< 15	500,0	353,0
Максимум	57,8	322,0	5,1	215,0	< 15	1 309,0	1 646,0
Мінімум	< 5,0	11,4	< 0,5	< 5,0		100,0	32,8
СКВ	17,4	77,2	1,2	50,5		242,0	396,0
Пляж «Аркадія»							
Кількість визначень	42	40	42	42	42	42	42
Середнє	15,3	62,1	2,1	40,8	< 15	493,0	370,0
Максимум	58,2	356,0	5,3	166,0	< 15	1 056,0	1 454,0
Мінімум	< 5,0	12,4	< 0,5	< 5,0		124,0	25,7
СКВ	16,8	78,5	1,2	39,0		220,0	353,0



а

а) фосфор фосфатний;



б

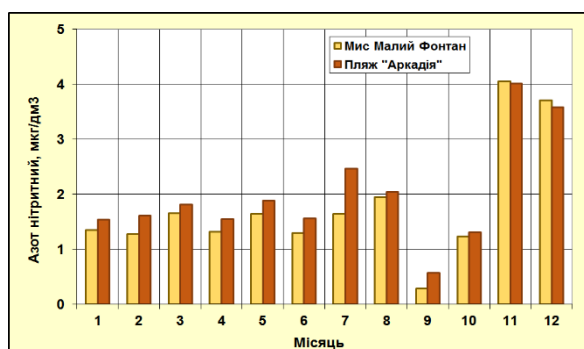
б) фосфор загальний.

Рисунок 2.11 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного вмісту фосфору фосфатного і загального в прибережних водах Одеського регіону в 2017 р.

Вміст фосфору загального (суми мінеральних і органічних сполук) змінювався в діапазоні від 11,4 мкг/дм³ до 356 мкг/дм³, а середні річні значення склали 60,6 мкг/дм³ в зоні мису Малий Фонтан і 62,1 мкг/дм³ в акваторії пляжу «Аркадія». Максимальні концентрації фосфору загального,

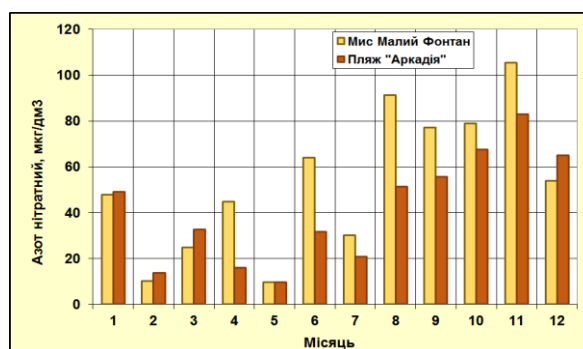
як і його мінеральної форми, спостерігались в травні та червні, відображено на рисунку 2.11. В співвідношенні органічних і мінеральних сполук фосфору переважає вміст його органічної форми і в середньому $P_{\text{орг.}}/P_{\text{мін.}} = 3,2$.

В прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ в районі мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія» вміст азоту нітритного змінювався в 2017 р. в діапазоні від аналітичного нуля $< 0,5 \text{ мкг/дм}^3$ до $5,3 \text{ мкг/дм}^3$ і в середньому складав $2,0 \text{ мкг/дм}^3$. Максимальні концентрації азоту нітритного в районі мису Малий Фонтан $5,1 \text{ мкг/дм}^3$ і в районі пляжу «Аркадія» $5,3 \text{ мкг/дм}^3$ спостерігались в кінці листопада. Мінімальні концентрації азоту нітритного спостерігались в вересні, що відображено на рисунку 2.12(а).



а

а) азот нітритний;



б

б) азот нітратний.

Рисунок 2.12 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного вмісту азоту нітритного і нітратного в прибережних водах Одеського регіону в 2017 р.

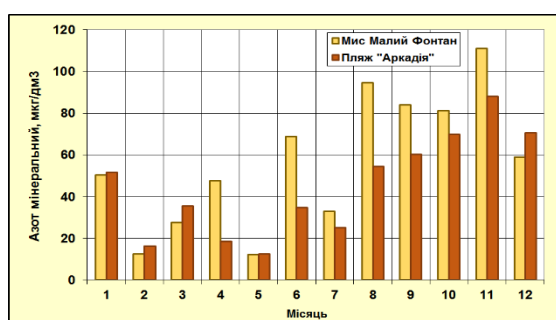
В районі мису Малий Фонтан і в районі пляжу «Аркадія», віддалених від зон стоку дренажних вод, вміст азоту нітратного коливався в межах від аналітичного нуля $< 0,5 \text{ мкг/дм}^3$ до 215 мкг/дм^3 , при середньому значенні $54,9 \text{ мкг/дм}^3$ в районі мису Малий Фонтан і $40,8 \text{ мкг/дм}^3$ в акваторії пляжу «Аркадія». Максимальні концентрації азоту нітратного спостерігались в червні 215 мкг/дм^3 в районі мису Малий Фонтан і в серпні 166 мкг/дм^3 в

районі пляжу «Аркадія». Середні місячні значення азоту нітратного досягали максимуму в листопаді, наведено на рисунку 2.12(б).

У 2017 р. в зоні рекреації в районі мису Малий Фонтан і пляжу «Аркадія» вміст азоту амонійного в прибережних водах Одеського регіону був < 15 мкг/дм³, що відповідає аналітичному нулю згідно застосовуваної методики його визначення.

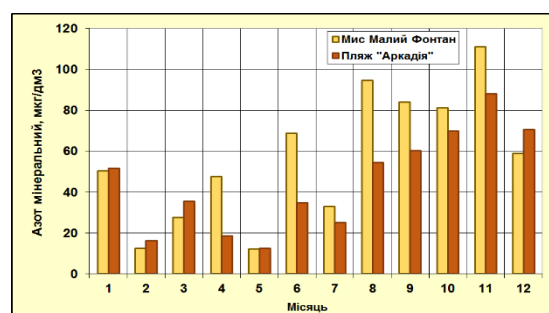
В 2017 р. сума вмісту азоту мінерального в прибережних водах Одеського регіону в зоні рекреації змінювалась в межах від $< 5,0$ мкг/дм³ до 220 мкг/дм³ і в середньому за рік в районі мису Малий Фонтан складала 58,6 мкг/дм³, а в районі пляжу «Аркадія» – 44,3 мкг/дм³. Річний хід середньої місячної суми мінеральних форм азоту співпадає з ходом нітратного азоту, кількість якого в сумі розчиненого мінерального азоту значно переважає, що відображено на рисунку 2.13(а).

В Одеському регіоні в 2017 р. концентрації азоту загального змінювались в діапазоні від 100 мкг/дм³ до 1 309 мкг/дм³ і в середньому за рік в прибережних водах в районі мису Малий Фонтан концентрація азоту загального складала 500 мкг/дм³, а в акваторії пляжу «Аркадія» була на рівні 493 мкг/дм³.



а

а) сума азоту мінерального;



б

б) азот загальний.

Рисунок 2.13 – Внутрішньорічна мінливість середнього місячного вмісту суми азоту мінерального і азоту загального в прибережних водах Одеського регіону в 2017 р.

В складі загального азоту значно переважає складова органічної форми азоту і в 2017 р. за даними спостережень співвідношення $N_{\text{орг.}}/N_{\text{мін.}}$ в середньому дорівнювало 19,9. В річному ході середнього місячного вмісту загального азоту максимум відмічався в серпні, відображено на рисунку 2.13(б).

Відношення вмісту загального азоту до загального фосфору в прибережних водах Одеського регіону у 2017 р. складало в середньому 8,1.

2.3 Багаторічна мінливість абіотичних показників стану евтрофікації прибережних вод Одеського регіону.

Моніторинг прибережних вод, який виконувався в районах мис Малий Фонтан та на акваторії пляжу «Аркадія» в період 2000 – 2017 рр., дозволяє визначити тенденції вмісту БР в прибережних водах Одеського регіону які характеризують і тенденції прибережного навантаження антропогенних джерел.

В водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ вміст фосфатного фосфору за даними середніх річних значень в період 2000 – 2017 рр. змінювався в діапазоні від 9,3 мкг/дм³ до 23,9 мкг/дм³ і в середньому складав 15,7 мкг/дм³. Максимальний вміст фосфору фосфатного припадав на 2001 р. В цей період спостерігались і максимальні концентрації загального фосфору 87,5 мкг/дм³. В період 2000 – 2017 рр. вміст фосфору загального змінювався в діапазоні від 23,6 мкг/дм³ до 87,5 мкг/дм³, при середньому 38,5 мкг/дм³. В складі загального фосфору переважав вміст його органічної форми з середнім відношенням $P_{\text{орг.}}/P_{\text{мін.}} = 1,4$. Мінімальні середні річні значення, як фосфору фосфатного, так і фосфору загального спостерігались в 2015 р. В Одеському регіоні ПЗШ ЧМ за даними спостережень в період 2000 – 2017 рр. визначається загальна тенденція до зниження вмісту фосфору фосфатного і загального, що відображено на рисунку 2.14.

Кутовий коефіцієнт лінійного тренду вмісту фосфатного фосфору складає мінус 0,56 мкг/дм³ у рік, а загального фосфору мінус 1,25 мкг/дм³ у рік. Виконані оцінки достовірності визначених трендів у мінливості фосфатів і загального фосфору на підставі коефіцієнту детермінації вказують що тренд фосфору фосфатного значимий на рівні 99 %, а тренд загального фосфору не відповідає значимості.

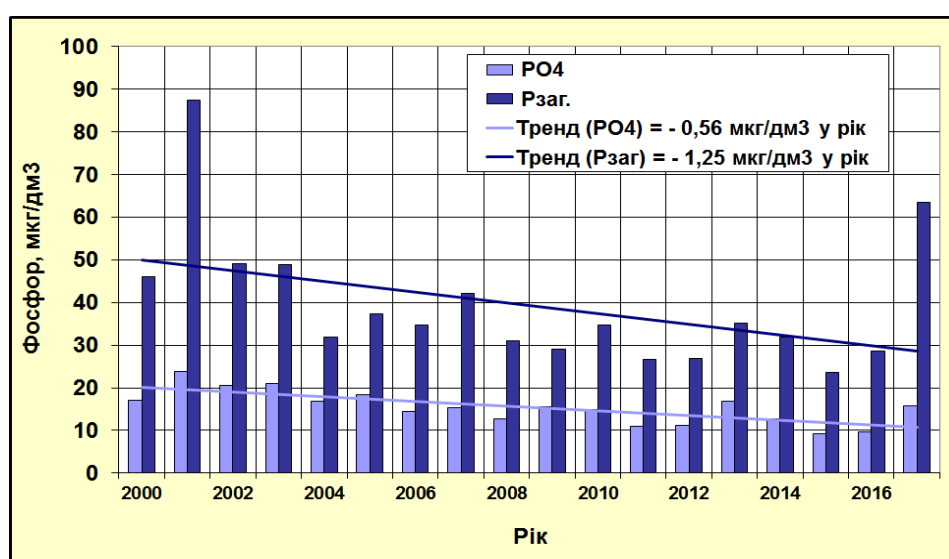


Рисунок 2.14 – Багаторічні зміни вмісту фосфору фосфатного і загального в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ

Середній річний вміст суми розчинених мінеральних форм азоту за даними багаторічних спостережень 2000 – 2017 рр. в прибережних водах Одеського регіону в середньому складав 97,6 мкг/дм³.

В багаторічній мінливості мінеральних форм азоту нітритного, нітратного і амонійного спостерігається тенденція до зменшення їх концентрацій, відображено на рисунку 2.15.

Кутовий коефіцієнт лінійного тренду вмісту азоту нітратного складає мінус 2,44 мкг/дм³ у рік, азоту амонійного мінус 2,00 мкг/дм³ у рік і азоту нітратного мінус 0,13 мкг/дм³ у рік. Виконані оцінки достовірності визначених трендів у мінливості мінеральних форм азоту на підставі

коефіцієнту детермінації вказують, що тренди значимі для азоту нітратного на рівні 95 % і амонійного на рівні 99 %.

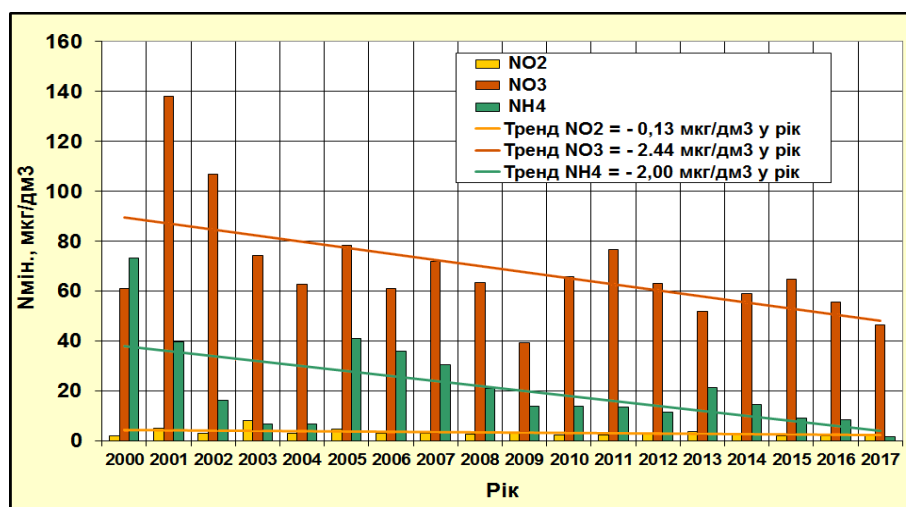


Рисунок 2.15 – Багаторічні зміни вмісту азоту нітритного, нітратного і амонійного в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ

Середній річний вміст суми розчинених мінеральних форм азоту за даними багаторічних спостережень 2000 – 2017 рр. в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ змінювався в діапазоні від 56,2 мкг/дм³ до 183 мкг/дм³. Максимальне значення вмісту суми мінеральних форм азоту спостерігалось в 2001 р., а мінімальне в 2009 р. В багаторічній мінливості суми мінеральних форм азоту спостерігається подальша тенденція до зменшення її концентрації.

Вміст загального азоту в період 2000 – 2017 рр. змінювався в діапазоні від 335 мкг/дм³ до 966 мкг/дм³, при середньому 556 мкг/дм³. В період досліджень мінімальний середній річний вміст загального азоту 335 мкг/дм³ спостерігався в 2002 р. Максимум загального азоту 966 мкг/дм³ припадав на 2005 р. Слід зазначити що в Одеському регіоні ПЗШ ЧМ за даними періоду 2000 – 2017 рр. визначається тенденція до зниження суми мінеральних сполук азоту і тенденція до підвищення загального азоту за рахунок його органічної складової, відображено на рисунку 2.16.

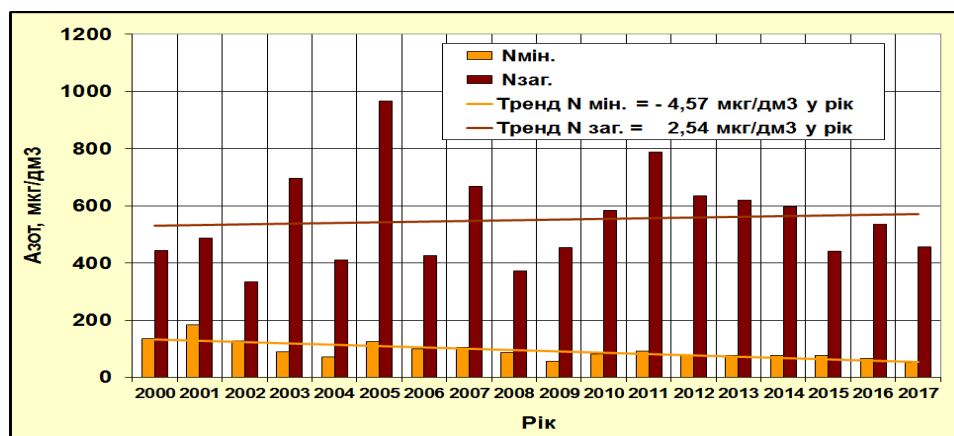


Рисунок 2.16 – Багаторічні зміни вмісту суми мінерального і загального азоту в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ

Виконані оцінки достовірності трендів в мінливості азоту показали що тренд визначений за даними суми мінеральних форм азоту є значимий на рівні 99 %, а в мінливості загального азоту значимість тренду не підтверджується.

За даними спостережень 2003 – 2017 рр. в Одеському регіоні спостерігається зменшення вмісту кремнію. Визначений тренд за статистичною оцінкою є достовірним на рівні значимості 95 %. Мінімум вмісту кремнію в цей період відмічався в 2015 р. (222 мкг/дм³), а максимум 782 мкг/дм³ – в 2010 р., відображено на рисунку 2.17.

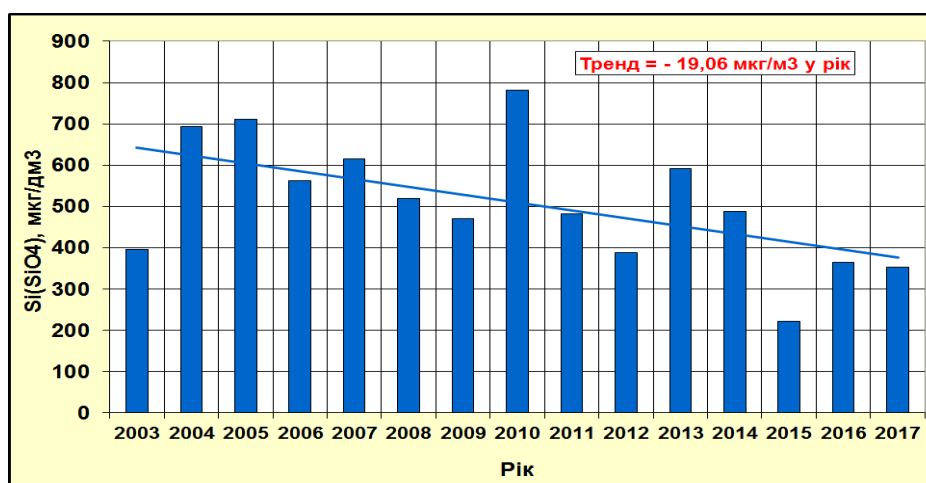


Рисунок 2.17 – Багаторічні зміни вмісту кремнію в прибережних водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ

2.4 Мінливість абіотичних показників стану евтрофікації вод Дунайського узмор'я.

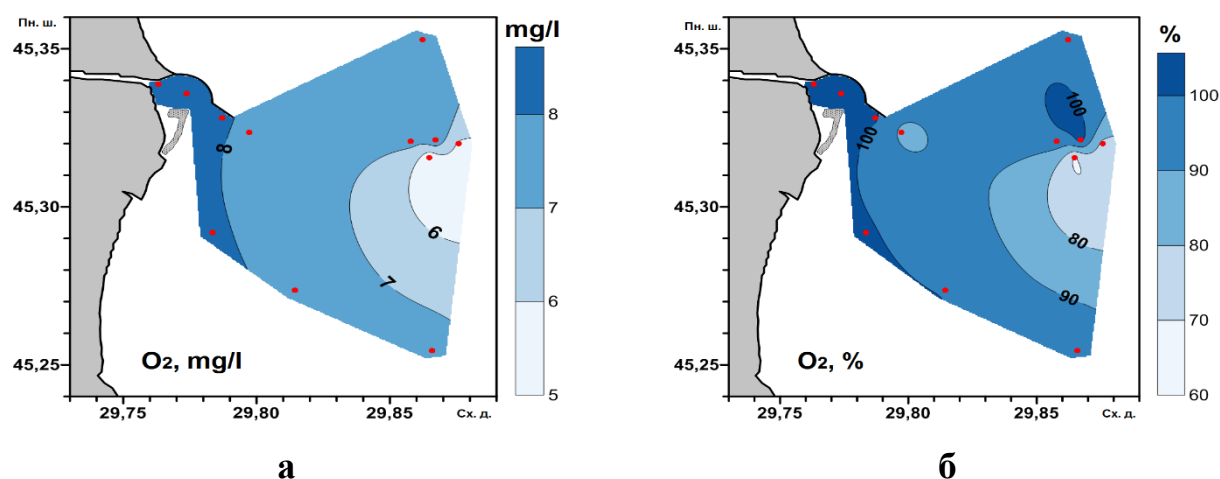
Узмор'я Дунаю і прилеглі акваторії постійно знаходяться під пресом найбільшого на ПЗШ ЧМ джерела біогенного навантаження, стоку р. Дунай, що обумовлює формування високих концентрацій біогенних речовин і високого рівня трофності вод західної частини ПЗШ ЧМ [6].

Екологічний моніторинг ПЗШ ЧМ узмор'я Дунаю у 2017 р. в зоні гирла Бистре виконувався 23 серпня та 7 і 10 листопада.

На поверхні моря в серпні концентрація кисню в водах Дунайського узмор'я змінювалась від 5,2 мг/дм³ до 8,8 мг/дм³ (від 68,5 % до 104 % насичення), наведено в таблиці 2.5. Концентрація кисню в період зйомки в серпні на поверхні моря в середньому складала 7,4 мг/дм³ (94,3 % насичення). Підвищені концентрації кисню спостерігались в прибережній зоні досліджень. В цьому районі спостерігалось і максимальне насичення киснем поверхневих вод до 104 %, відображено на рисунку 2.18.

Таблиця 2.5 – Показники мінливості гідрохімічного стану поверхневих вод Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ в 2017 р.

Показник	O ₂	O ₂	pH	Завислі речовини
	мг/дм ³	% насичення	од. рН	мг/дм ³
Серпень				
Кількість визначень	11	11	12	11
Середнє	7,44	94,3	8,14	18,0
Максимум	8,75	104,0	8,29	38,4
Мінімум	5,24	68,5	7,74	5,6
СКВ	1,05	11,6	0,16	12,1
Листопад				
Кількість визначень	12	12	12	12
Середнє	9,69	94,6	8,55	16,2
Максимум	10,47	108,0	8,65	69,2
Мінімум	5,52	57,7	8,39	5,6
СКВ	1,38	12,6	0,08	18,3



а) абсолютний вміст кисню;

б) відносний вміст кисню.

Рисунок 2.18 – Просторовий розподіл насиченості киснем поверхневих вод на Дунайському узмор’ї в серпні 2017 р. в районі гирла Бистре

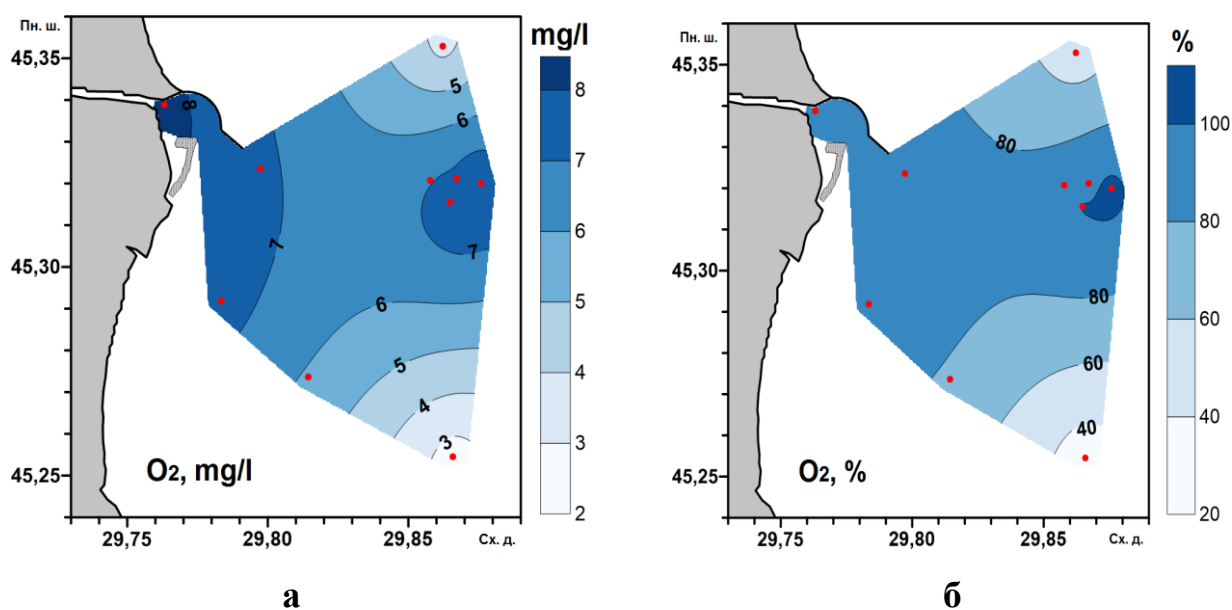
В придонному шарі вміст кисню в середньому зменшувався до $6,4 \text{ мг/дм}^3$ (80,3 % насичення), наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Показники мінливості гідрохімічного стану придонних вод Дунайського узмор’я ПЗШ ЧМ в 2017 р.

Показник	O ₂	O ₂	pH	Завислі речовини
	мг/дм ³	% насичення	од. рН	мг/дм ³
Серпень				
Кількість визначень	9	8	10	10
Середнє	6,44	80,3	8,10	13,3
Максимум	8,33	105,0	8,29	35,1
Мінімум	2,51	28,4	7,02	7,0
СКВ	2,04	27,8	0,39	8,2
Листопад				
Кількість визначень	12	12	12	12
Середнє	9,23	92,2	8,52	17,5
Максимум	10,50	103,0	8,60	66,8
Мінімум	5,94	62,2	8,42	5,8
СКВ	1,13	10,5	0,08	19,6

Максимальні концентрації кисню $8,3 \text{ мг/дм}^3$ (103 % насичення) у придонному шарі в серпні спостерігалися в прибережній ділянці гирла Бистре. Мінімальні значення вмісту кисню до $2,5 \text{ мг/дм}^3$ відмічались на глибинах понад 22 м в північній і південній частині зйомки, що відповідає гіпоксії вод при низькому рівні кисню $< 3 \text{ мг/дм}^3$ ($< 40 \%$ насичення), відображено на рисунку 2.19.

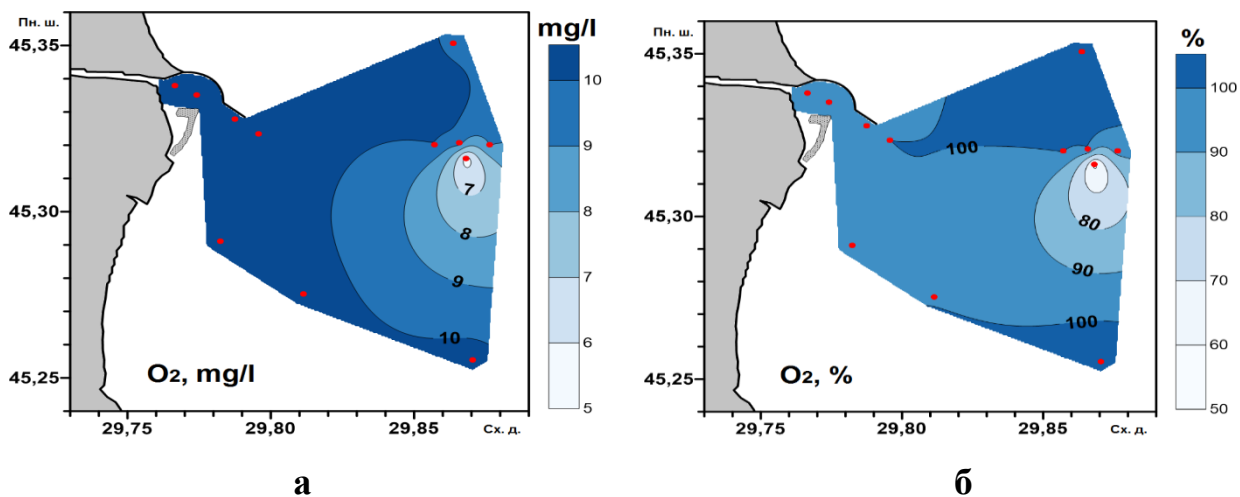
В поверхневому шарі в листопаді вміст кисню в середньому складав $9,7 \text{ мг/дм}^3$ (92,2 % насичення) і змінювався в діапазоні від $5,5 \text{ мг/дм}^3$ до $10,2 \text{ мг/дм}^3$ (від 57,7 % до 108 % насичення). Мінімальні значення вмісту кисню спостерігалися в районі дампіngu ґрунту де вміст кисню знижувався до $5,5 \text{ мг/дм}^3$ (57,7 % насичення), що є менш рівня ГДК рибогосподарських водойм, відображено на рисунку 2.20.



а) абсолютний вміст кисню;

б) відносний вміст кисню.

Рисунок 2.19 – Просторовий розподіл насиченості киснем придонного шару вод на Дунайському узмор'ї в серпні 2017 р. в районі гирла Бистре



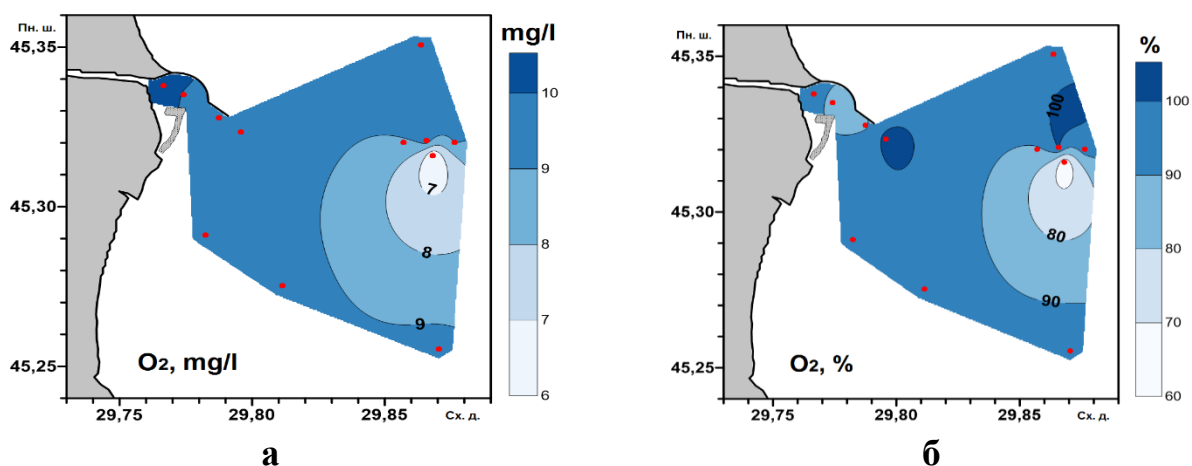
а) абсолютний вміст кисню; б) відносний вміст кисню.

Рисунок 2.20 – Просторовий розподіл насиченості киснем поверхневих вод на Дунайському узмор'ї в листопаді 2017 р. в районі гирла Бистре

В придонному шарі концентрації кисню в листопаді 2017 р. відповідали практично значенням які відмічались на поверхні і змінювались в діапазоні від $5,5 \text{ мг/дм}^3$ до $10,5 \text{ мг/дм}^3$ (від 57,7 % до 108 % насиченості), при середньому значенні концентрації кисню по району досліджень $9,7 \text{ мг/дм}^3$ (94,6 % насичення). Слід відзначити, що вміст кисню в придонному шарі, на відміну від поверхневого, не знижувався до рівня ГДК рибогосподарських водойм і складав не менш 62,2 % насичення, відображено на рисунку 2.21.

Значення водневого показника рН на Дунайському узмор'ї у серпні 2017 р. змінювалось в поверхневих водах в діапазоні від 7,7 од. рН до 8,3 од. рН при середньому значенні по району досліджень 8,1 од. рН. В придонному шарі середнє значення також було на рівні 8,1 од. рН. Значення водневого показника в придонному шарі змінювались в межах від 7,0 од. рН до 8,3 од. рН.

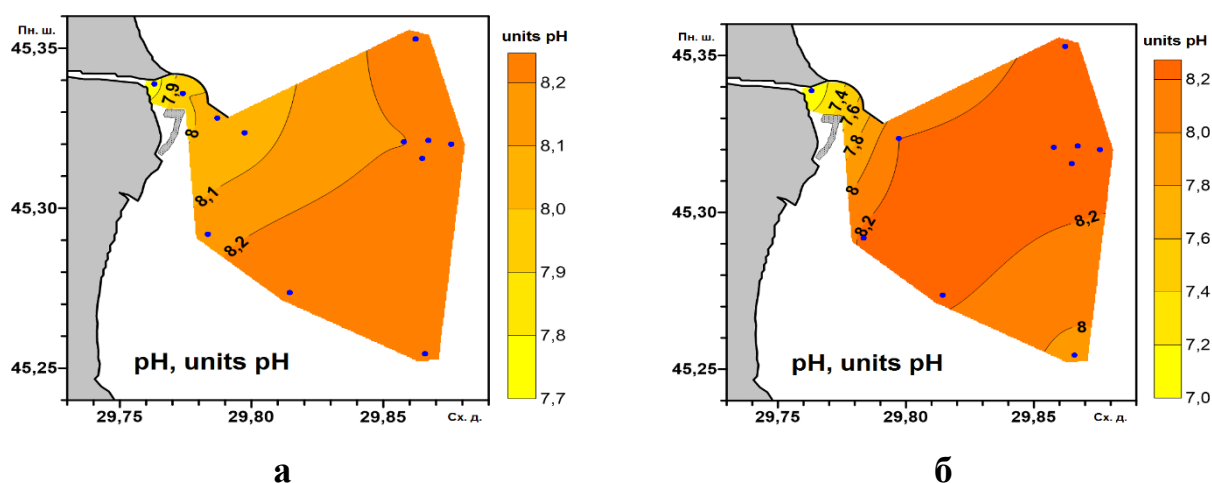
В листопаді 2017 р. як в поверхневих, так і в придонних шарах спостерігалось перевищення допустимого рівня рН (ГДК – 8,50 од. рН), визначеного для внутрішніх морських вод та територіальному морі України.



а) абсолютний вміст кисню; б) відносний вміст кисню.

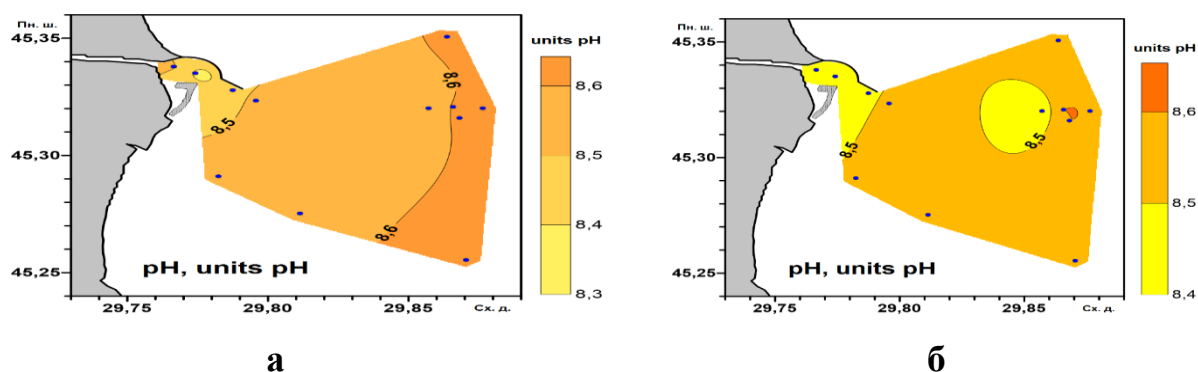
Рисунок 2.21 – Просторовий розподіл насиченості киснем придонного шару вод на Дунайському узмор’ї в листопаді 2017 р. в районі гирла Бистре

В середньому значення рН в листопаді були на рівні 8,6 і 8,5 од. рН відповідно в поверхневому і придонному шарах, де рН змінювалось на поверхні моря в діапазоні від 8,4 од. рН до 8,7 од. рН та у придонному шарі від 8,4 од. рН до 8,6 од. рН, відображено на рисунках 2.22 та 2.23.



а) поверхневий шар; б) придонний шар.

Рисунок 2.22 – Просторовий розподіл водневого показника вод рН на узмор’ї Дунаю в серпні 2017 р. в районі гирла Бистре

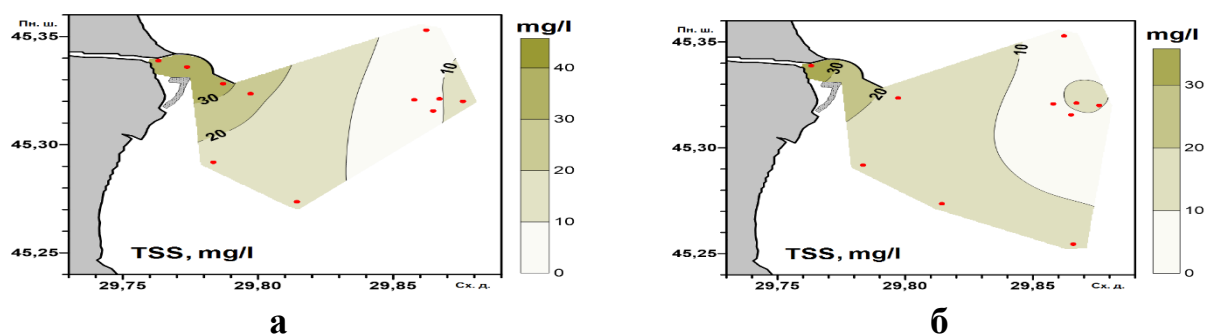


а) поверхневий шар;

б) придонний шар.

Рисунок 2.23 – Просторовий розподіл водневого показника вод рН на узмор'ї Дунаю в листопаді 2017 р. в районі гирла Бистре

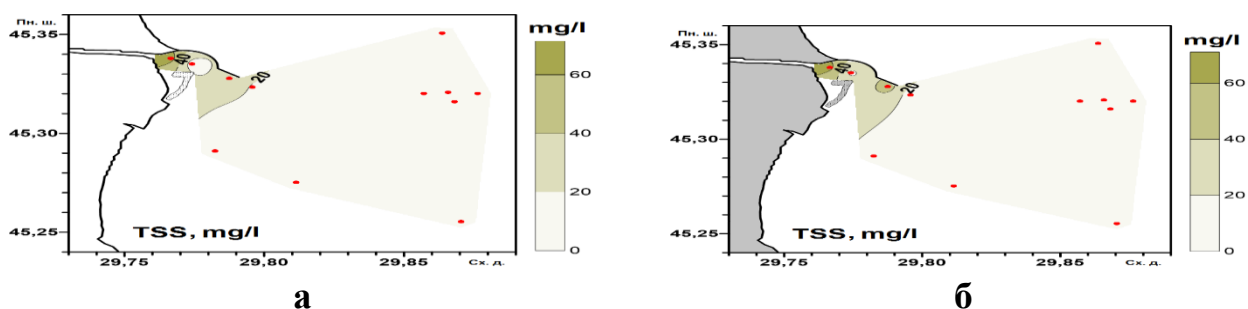
На узмор'ї Дунаю в поверхневому шарі в серпні листопаді 2017 р. вміст завислих речовин змінювався в діапазоні від 5,6 мг/дм³ до 69,2 мг/дм³ і в середньому складав 16,3 мг/дм³. Підвищені концентрації завислих речовин, як на поверхні, так і в придонному шарі в серпні спостерігались в прибережній зоні в районі гирла Бистре, відображено на рисунках 2.24, 2.25.



а) поверхневий шар;

б) придонний шар.

Рисунок 2.24 – Просторовий розподіл завислих речовин на узмор'ї Дунаю в серпні 2017 р. в районі гирла Бистре



а) поверхневий шар;

б) придонний шар.

Рисунок 2.25 – Просторовий розподіл завислих речовин на узмор'ї Дунаю в листопаді 2017 р. в районі гирла Бистре

У 2017 р. вміст фосфору фосфатного в поверхневому шарі на узмор'ї Дунаю в серпні змінювався від $< 5,0$ до $44,2$ мкг/дм^3 , а в листопаді від $< 5,0$ мкг/дм^3 до $81,2$ мкг/дм^3 . Середні значення по району досліджень склали $17,7$ мкг/дм^3 і $35,0$ мкг/дм^3 , відповідно в серпні і листопаді, наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в поверхневих водах Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ в серпні та листопаді 2017 р.

Показник	PO ₄	P _{заг.}	NO ₂	NO ₃	NH ₄	N _{заг.}	Si
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Серпень							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	17,7	65,8	3,5	448,0	68,5	1 410,0	109,0
Максимум	44,2	164,0	10,4	1 136,0	203,0	2 411,0	178,0
Мінімум	$< 5,0$	18,0	$< 0,5$	29,0	$< 15,0$	509,0	38,5
СКВ	17,0	45,4	3,7	334,0	48,2	588,0	55,1
Листопад							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	35,0	44,8	5,7	626,0	8,6	1 483,0	1 231
Максимум	81,2	86,0	14,6	1447,0	20,9	2 711,0	3 015
Мінімум	$< 5,0$	10,0	$< 0,5$	41,2	$< 15,0$	486,0	135
СКВ	32,3	28,8	4,7	610,0	3,9	770,0	1 158

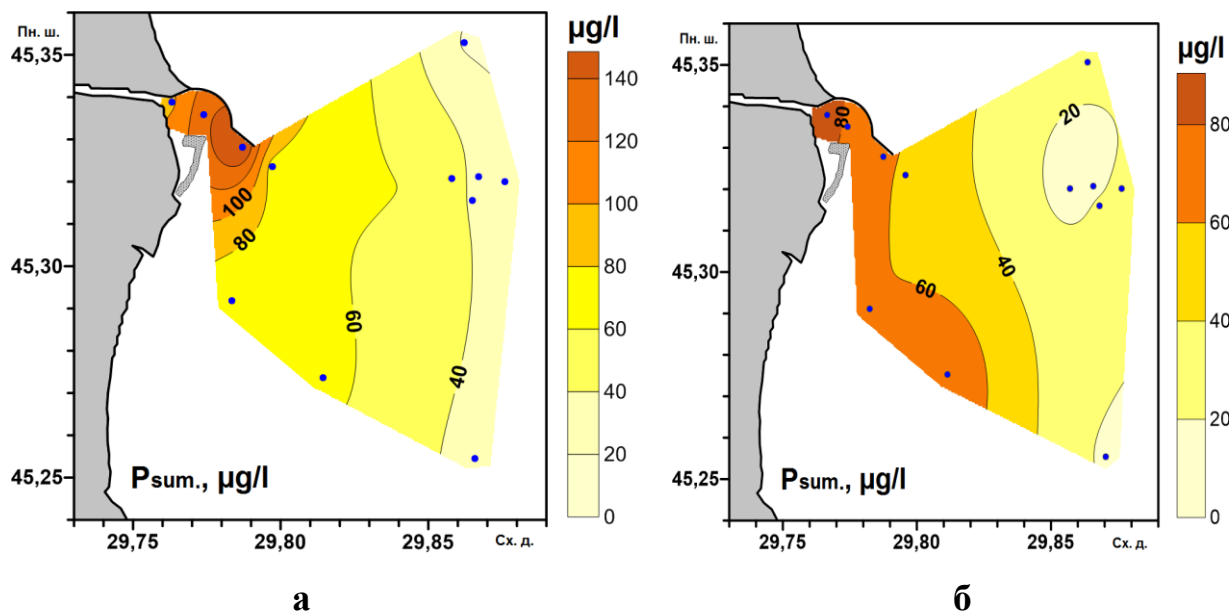
Середній вміст фосфору фосфатного в придонному шарі трохи зменшувався до 16,1 мкг/дм³ в серпні і до 25,6 мкг/дм³ у листопаді. Вміст максимальних концентрацій в придонному шарі в серпні приблизно перевищував вдвічі рівень визначений в поверхневому шарі, а в листопаді був приблизно на рівні концентрації зареєстрованої в поверхневому шарі, наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Показники мінливості вмісту біогенних речовин в придонних водах Дунайського узмор'я ПЗШ ЧМ в серпні і листопаді 2017 р.

Показник	PO ₄	P _{заг.}	NO ₂	NO ₃	NH ₄	N _{заг.}	Si
	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/дм ³
Серпень							
Кількість визначень	10	9	10	9	10	10	10
Середнє	16,1	41,3	1,9	152,0	40,5	975,0	161,0
Максимум	81,2	77,0	8,9	394,0	146,0	1 630,0	758,0
Мінімум	< 5,0	17,0	< 0,5	< 5,0	< 15,0	309,0	10,1
СКВ	23,6	23,2	2,7	156,0	54,0	438,0	229,0
Листопад							
Кількість визначень	12	12	12	12	12	12	12
Середнє	25,6	41,3	7,6	427,0	8,3	1 581,0	819,0
Максимум	87,0	94,0	15,8	1 511,0	16,6	3 376,0	2 926,0
Мінімум	< 5,0	14,0	2,1	41,2	< 15,0	563,0	262,0
СКВ	29,5	29,9	4,8	531,0	2,6	1 020,0	963,0

На узмор'ї Дунаю в просторовому розподілі фосфору фосфатного в районі досліджень максимальні значення в поверхневому шарі спостерігались в зоні гирла Бистре і з віддаленням від гирла його вміст значно зменшувався, наведено на рисунку 2.26.

Аналогічний розподіл фосфору фосфатного спостерігався і в придонному шарі на узмор'ї Дунаю як у серпні так і в листопаді 2017 р.

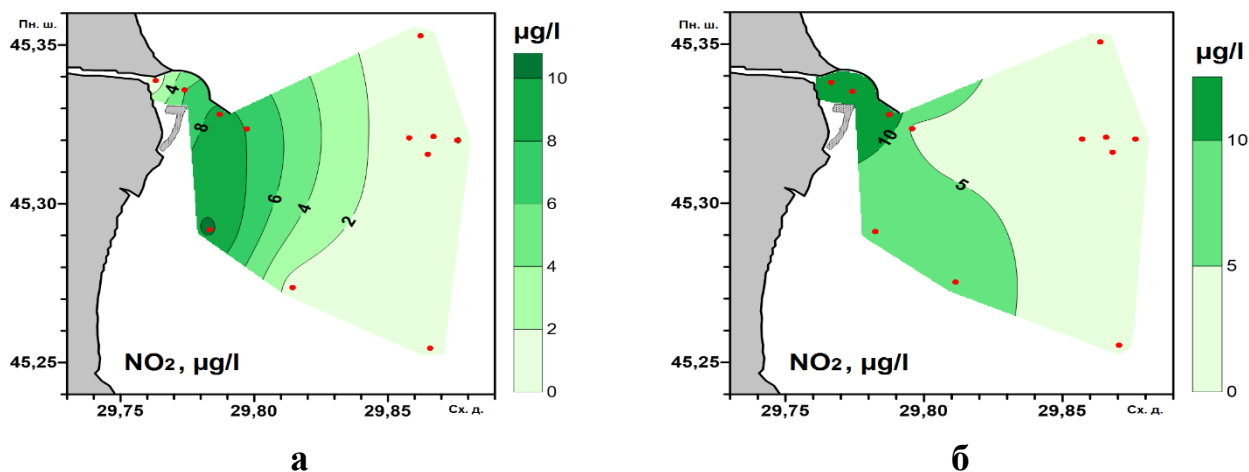


а) серпень;

б) листопад.

Рисунок 2.27 – Просторовий розподіл фосфору загального в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї в серпні і листопаді 2017 р. в районі гирла Бистре

В поверхневих водах на Дунайському узмор'ї концентрації азоту нітритного знаходились в діапазоні від $< 0,5$ мкг/дм^3 до $14,6$ мкг/дм^3 , середні значення по району досліджень складали в серпні $4,5$ мкг/дм^3 і в листопаді $5,7$ мкг/дм^3 . В придонному шарі вод концентрації азоту нітритного відносно поверхневого шару в серпні знижувались в середньому по району досліджень до $1,9$ мкг/дм^3 , а в листопаді підвищувались $7,6$ мкг/дм^3 . Максимальна концентрація азоту нітритного в листопаді в придонному шарі досягала значення $15,8$ мкг/дм^3 і трохи перевищувала його вміст на поверхні моря. В просторовому розподілі азоту нітритного максимальні його концентрації як в серпні так і в листопаді спостерігались на узмор'ї в зоні гирла Бистре, відображено на рисунку 2.28.



а) серпень;

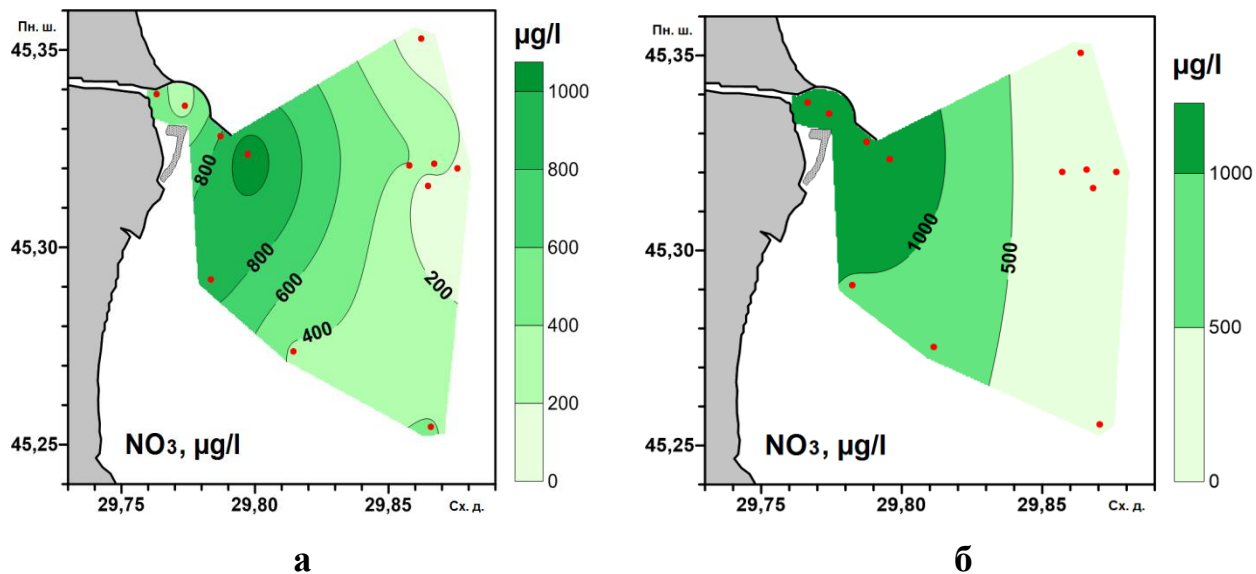
б) листопад.

Рисунок 2.28 – Просторовий розподіл азоту нітритного в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор’ї в серпні і листопаді 2017 р. в районі гирла Бистре

Навантаження на морське середовище біогенними речовинами стоку Дунаю в більшій мірі визначається за вмістом азоту нітратного. В період зйомки в 2017 р. на Дунайському узмор’ї концентрації азоту нітратного в поверхневих водах змінювались в широкому діапазоні від $29,0 \text{ мкг/дм}^3$ до 1447 мкг/дм^3 , а середні значення склали в серпні 448 мкг/дм^3 і в листопаді 626 мкг/дм^3 . В придонному шарі вміст азоту нітратного в середньому по району досліджень зменшувався і складав в серпні 152 мкг/дм^3 і в листопаді 427 мкг/дм^3 , але максимальна концентрація в придонному шарі азоту нітратного 1511 мкг/дм^3 в листопаді перевищувала його значення на поверхні моря. В просторовому розподілі азоту нітратного, як і інших біогенних речовин на узмор’ї Дунаю, максимальні концентрації спостерігаються в зоні гирла Бистре і зменшуються з віддаленням від стоку річкових вод, відображено на рисунку 2.29.

В поверхневому шарі вод на Дунайському узмор’ї середні концентрації по району досліджень азоту амонійного склали в серпні $68,5 \text{ мкг/дм}^3$ і в листопаді $8,6 \text{ мкг/дм}^3$. В листопаді вміст азоту амонійного відносно серпня був значно меншим. Середній вміст азоту амонійного по району досліджень в придонному шарі вод був на рівні $40,5 \text{ мкг/дм}^3$ в серпні і $8,3 \text{ мкг/дм}^3$ в

листопаді. В просторовому розподілу азоту амонійного максимальні концентрації спостерігались ближче до прибережної смуги в південній частині району досліджень, відображено на рисунку 2.30.



а) серпень;

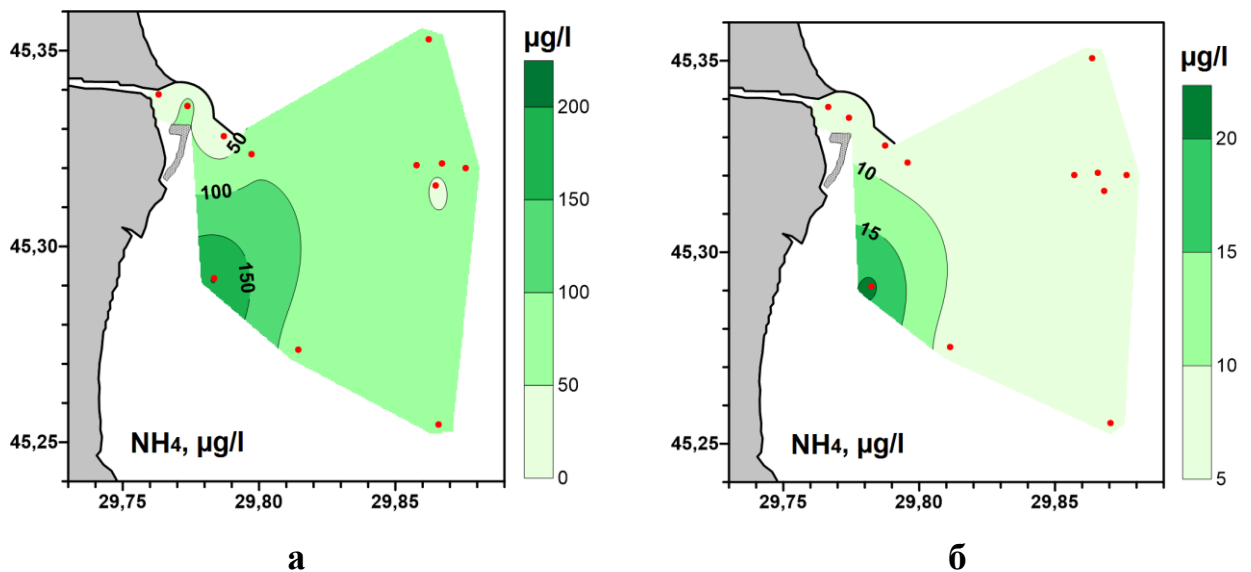
б) листопад.

Рисунок 2.29 – Просторовий розподіл азоту нітратного в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї в серпні та листопаді 2017 р. в районі гирла Бистре

На Дунайському узмор'ї вміст азоту загального (суми мінеральних і органічних його форм) в поверхневих водах знаходився в межах від 486 мкг/дм^3 до 2711 мкг/дм^3 і в середньому по району досліджень складав в серпні 1410 мкг/дм^3 і в листопаді 1483 мкг/дм^3 . В придонному шарі середній вміст азоту загального по району досліджень складав в серпні 975 мкг/дм^3 і в листопаді 1581 мкг/дм^3 , більше ніж в поверхневому шарі. Максимальне значення вмісту азоту загального в придонному шарі 3376 мкг/дм^3 також було більше ніж на поверхні.

В прибережній зоні впливу річкового стоку в загальному складі азоту переважає вміст суми мінеральних форм азоту, а з віддаленням від гирла поступово переважає вміст його органічної складової. В просторовому розподілу азоту загального на поверхні явно відмічається його підвищений

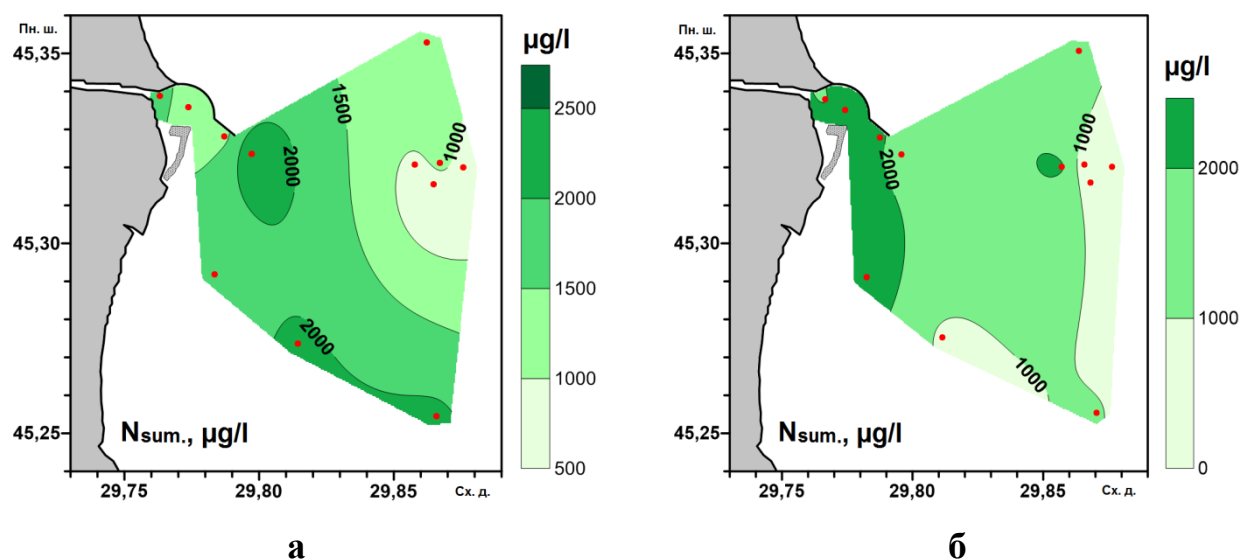
вміст безпосередньо в зоні гирла Бистре і зменшується з віддаленням від впливу річкового стоку, відображено на рисунку 2.31.



а) серпень;

б) листопад.

Рисунок 2.30 – Просторовий розподіл азоту амонійного в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї в серпні і листопаді 2017 р. в районі гирла Бистре



а) серпень;

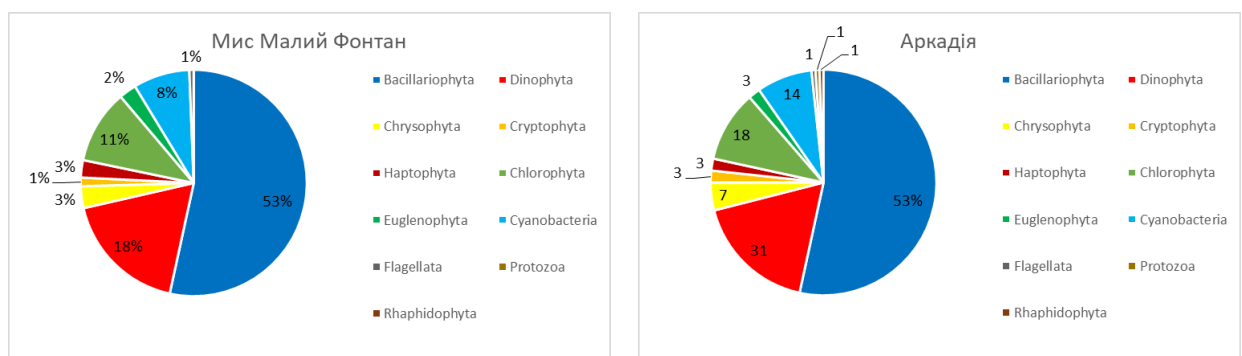
б) листопад.

Рисунок 2.31 – Просторовий розподіл азоту амонійного в поверхневому шарі вод на Дунайському узмор'ї в серпні і листопаді 2017 р. в районі гирла Бистре

3 БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СТАНУ ЄВТРОФІКАЦІЇ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ у 2017 р.

3.1 Мінливість фітопланктону на північно-західного шельфу Чорного моря

При дослідженні акваторій Одеського регіону було зареєстровано 198 видів та різновидів мікрowodоростей, які належали до 11 відділів. Як і в минулому році, основу видового різноманіття склали діатомові та динофітові водорості, меншим числом видів характеризувались зелені водорості та ціанобактерії, що відображено на рисунку 3.1. Вклад інших відділів становив менше 5 %.



а

а) район мису Малий Фонтан;

б

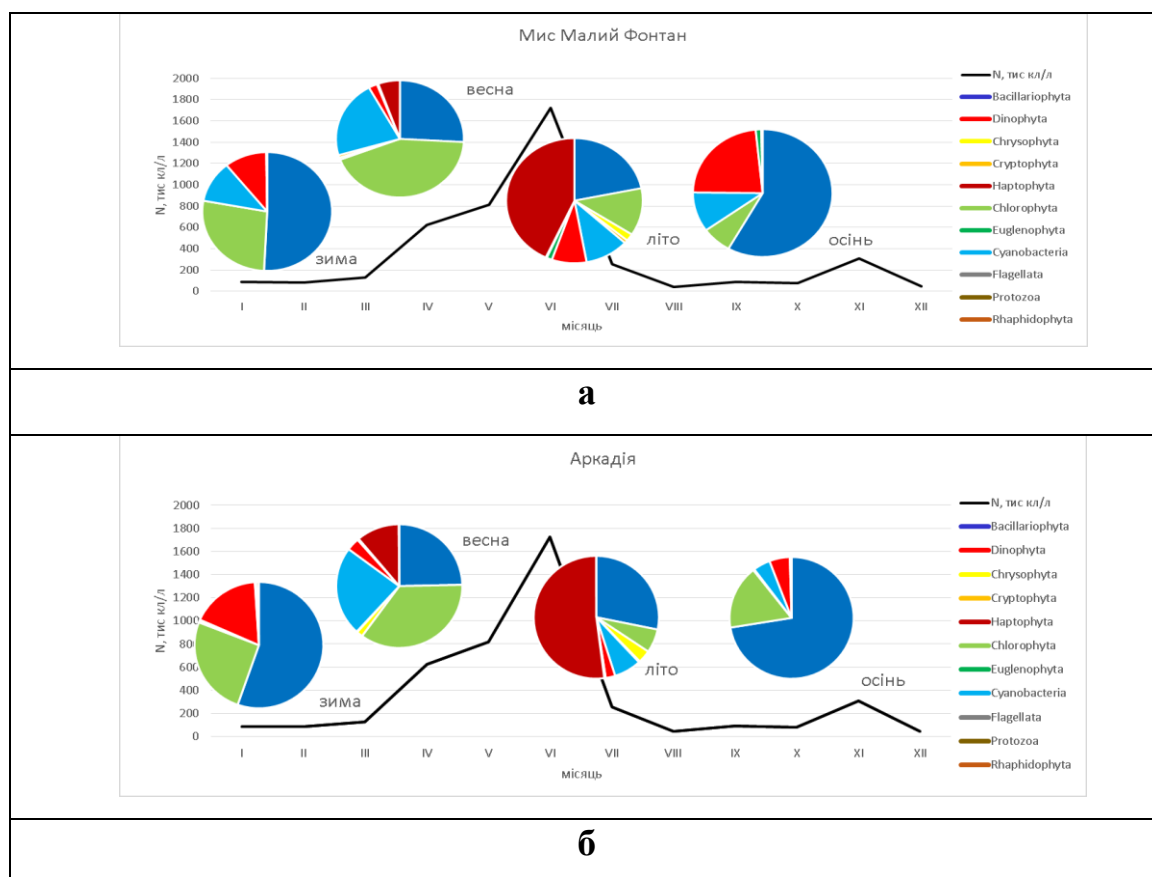
б) акваторія пляжу «Аркадія».

Рисунок 3.1 – Таксономічна структура фітопланктону у 2017 році в прибережних водах Одеського регіону

У зимовий період в акваторії Одеського регіону складався полідомінантний комплекс видів з переважанням діатомових як за чисельністю, так за біомасою, але значення кількісних показників були досить низькими.

Весняний максимум був мало виражений. Він формувався завдяки діатомово-динофітовому комплексу, в якому домінували *Scrippsiella*

trochoidea, *Heterocapsa triquetra* та *Protoperidinium bipes*, а також представники родів *Navicula* та *Nitzschia*. Вагомий внесок у чисельність вносили також золотисті мікрводорості, а саме *Emiliana huxleyi*, кріптофітові, а саме *Hillea fusiformis* та *Plagioselmis prolunga*, та зелені мікрводорості, а саме *Monoraphidium contortum*. Зміна чисельності фітопланктону протягом року та вклад основних таксонів за сезонами року відображено на рисунку 3.2.



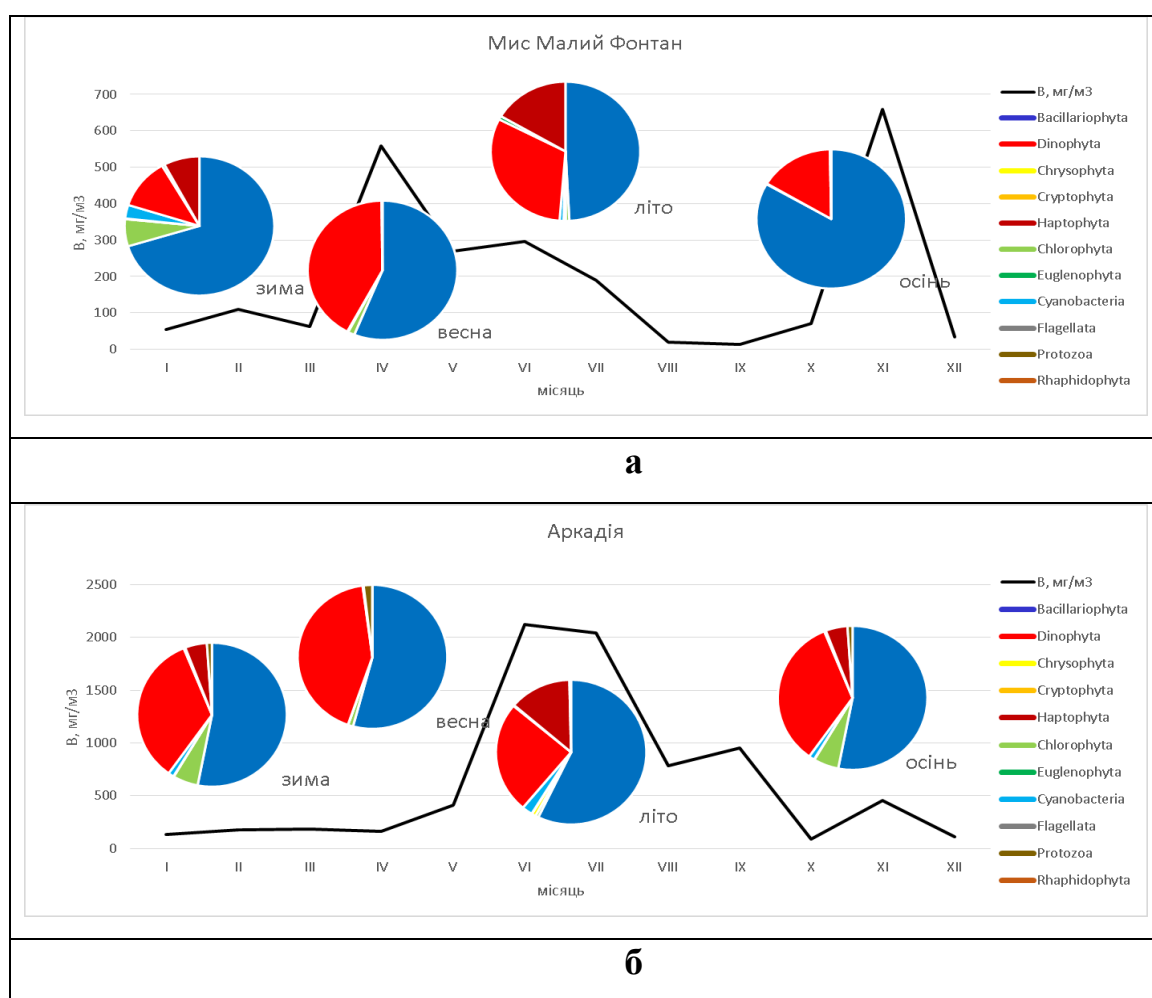
а) район мису Малий Фонтан; б) акваторія пляжу «Аркадія».

Рисунок 3.2 – Сезонні зміни чисельності фітопланктону у 2017 році в прибережних водах Одеського регіону

У літній період значення кількісних показників були максимальними. Це було пов'язано зі значним розвитком кокколітофорид, а саме *Emiliana huxleyi*, та діатомових, серед яких переважала *Pseudo-nitzschia delicatissima*. Активне вегетування цих видів почалося у червні та продовжувалося до

початку вересня, іноді у окремих акваторіях досягаючи рівня «цвітіння» води. У другій половині літа вагомий внесок у біомасу вносила велика діатомова *Pseudosolenia calcar-avis* та динофітові із родів *Gyrodinium* (*G. cornutum*, *G. fusiforme*, *G. lachryma*) та *Ceratium*, насамперед *Ceratium furca*. Домінування мікрводорості *Emiliana huxleyi* за чисельністю свідчить про підвищений рівень евтрофування та нестабільну екологічну ситуацію у досліджуваних акваторіях у літній період.

Зміна біомаси фітопланктону протягом року та вклад основних таксонів за сезонами року відображено на рисунку 3.3.



а) район мису Малий Фонтан; б) акваторія пляжу «Аркадія».

Рисунок 3.3 – Сезонні зміни біомаси фітопланктону у 2017 році в прибережних водах Одеського регіону

В осінній період в акваторії продовжувалося вегетування великоклітинних діатомових та динофітових, але «цвітінь» води відмічено не було.

В акваторії Одеського регіону в цілому, спостерігався типовий сезонний хід чисельності та біомаси фітопланктону, з чотирма максимумами розвитку, серед яких зимовий та весняний були виражені слабо.

Дослідження фітопланктону Філофорного поля Зернова показало подібність видового складу цього регіону до альгоценозу Одеського регіону. Серед відмінностей можна відзначити менший внесок зелених мікроводоростей та ціанобактерій як у видове різноманіття, так і у кількісні показники, а також більш високу чисельність у порівнянні із прибережними станціями *Emiliana huxleyi* як влітку, так і навесні.

Активний розвиток *Emiliana huxleyi* свідчить про підвищений рівень евтрофування та на нестабільну екологічну ситуацію у досліджуваних акваторіях у літній період.

3.2 Мінливість мезозoopланктону на північно-західному шельфі Чорного моря

За період спостереження було ідентифіковано 42 таксони організмів мезозoopланктону. Для оцінки видового різноманіття було розраховано індекс Шенонна, що відображено на рисунку 3.4. Найбільші значення індексу Шенонна за чисельністю спостерігалися у другому півріччі (2,1 у серпні і 2,10 у листопаді). Найменші значення спостерігалися у червні та липні (0,07 та 0,09 відповідно), що пов'язано з аномально високим зростанням у 2017 р. чисельності *Noctiluca scintillans*. В середньому за рік індекс Шенонна [18], [19] склав 1,1.

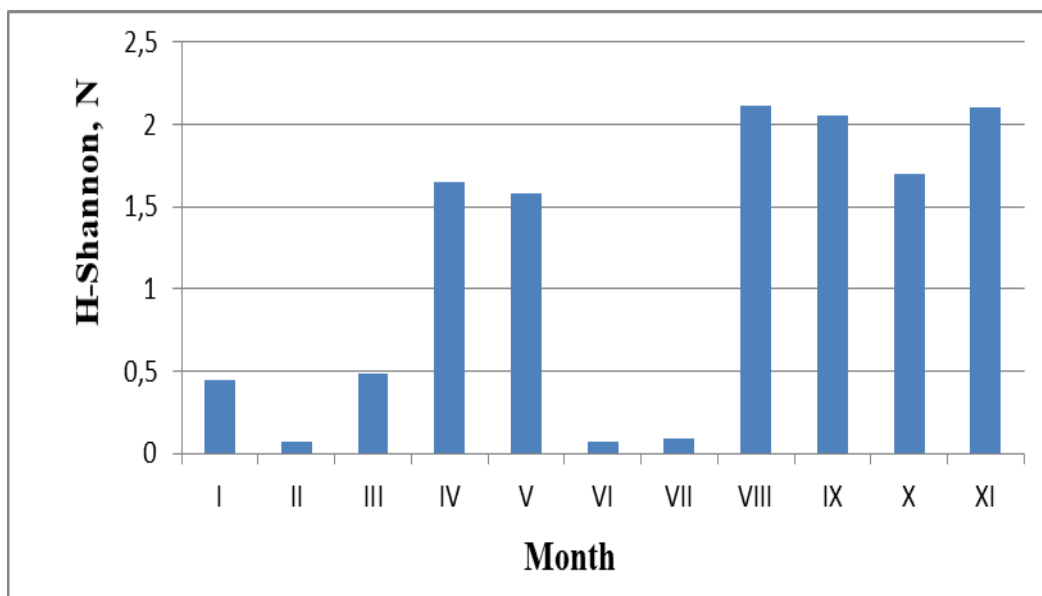
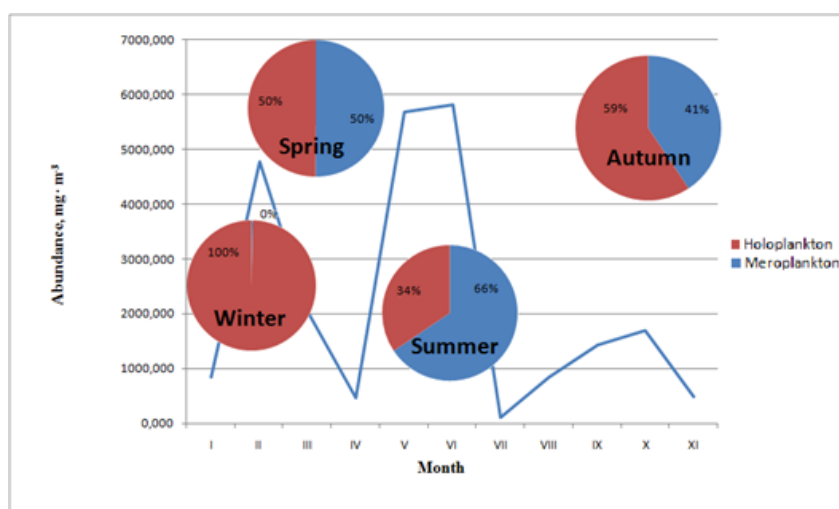


Рисунок 3.4 – Індекс Шеннона (за чисельністю) мезозоопланктону в Одеському регіоні у 2017 році

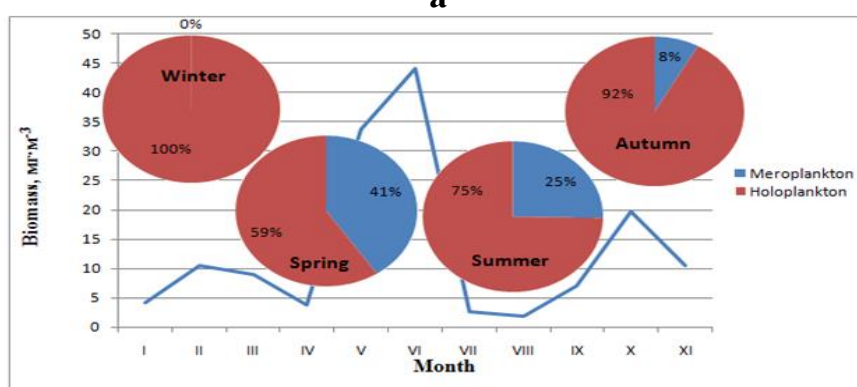
В 2017 році мезозоопланктон ПЗШ ЧМ в цілому показав достатньо характерну для регіону картину видового складу та чисельності. Однак ймовірне збільшення рівня органічних забруднювачів могли вплинути на значний розвиток ночесвітки (*Noctiluca scintillans*) у порівнянні з попередніми роками.

Перше півріччя було характерним для Одеського регіону: зима була представлена малим видовим розмаїттям і чисельністю мезозоопланктону, великої кількості сягали тільки ротифери доходючи у лютому до 4 714 екз./м³. Також поодинокі зустрічалися дорослі копеподити, наупліальні стадії копепод та організми аеропланктону – личинки поліхет, бівальвій, циріпедій.

Весняний максимум розвитку мезозоопланктону настав значно пізніше звичайного строку та виявився у червні-липні, що було пов'язано із погодними умовами. Річний хід зміни кількісних показників мезозоопланктону та вклад холопланктону і меропланктону за сезонами представлено на рисунку 3.5.



а



б

а) чисельність (екз/м³); б) біомаса (мг/м³).

Рисунок 3.5 – Середні кількісні показники мезозoopланктону в Одеському регіоні у 2017 році (без врахування *Noctiluca scintillans*)

Навесні в мезозoopланктоні домінували ротіфери роду *Synchaeta*, личинки вусоногих раків і двостулкових молюсків, циклопоїди *Oithona davisae*, каляноїди роду *Acartia*. Трохи меншою мірою – личинки поліхет, гастропод, кладоцера *Pleopis polyphemoides*, копеподи *Centropages ponticus*, *Harpacticoida g. sp.*

До кінця червня майже повністю зникали коловертки, збільшувалась чисельність копепод роду *Acartia*, а також дінофлагеллят *Noctiluca scintillans*. У липні чисельність останньої досягала найбільших показників за 6 років, доходючи за короткий період до 233 тис. екз./м³. В середньому за липень чисельність ноктілюкі становила 40 тис. екз./м³. Доля її у сумарній біомасі

мезозoopланктону протягом червня-липня становила у середньому 96,9 %. Це ймовірно свідчить про деяке зростання евтрофікації вод, яка в попередні роки мала тенденцію до зниження.

До початку серпня чисельність ноктілюкі в пробах сягає типових значень для регіону. У інших організмів також відмічено зменшення чисельності, але в середині місяця зростала чисельність організмів меропланктону – личинок циррипедій, бівальвій, поліхет, гастропод, що пов'язано із осіннім періодом розмноження бентосних організмів. На початку вересня зростала чисельність копепод, що свідчить на перехід до угруповання осіннього періоду. Осінній максимум розвитку мезозoopланктону припадав на початок жовтня (чисельність – 1 693 екз./м³, біомаса – 12,5 мг/м³) і в основному був представлений меропланктоном та копеподами. На відміну від весни в меропланктоні також одинично зустрічались личинки асцидій і форонід. У середині жовтня зі зміною погодних умов змінювалась і структура мезозoopланктонного угруповання. Чисельність більшості організмів зменшувалась до рівня, характерного для зими. Численними залишалися тільки копеподи *Oithona davisae* і меропланктонні личинки раку балянусу. Така картина зберігалася до кінця листопада, після чого чисельність останніх також знижувалась, а структура спільноти ставала характерною для зимового періоду.

В цілому мезозoopланктон ПЗШ Чорного моря в 2017 році відповідав достатньо характерному для даного району видовому складу, чисельності та домінант. Виключення становить літній період, в якому спостерігали масовий розвиток ночесвітки, за кількісними показниками якої встановлено «цвітіння» води в червні та липні майже по всій акваторії ПЗШ ЧМ.

4 ОЦІНКА СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЙ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІПНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА КОМПЛЕКСНИМ ПОКАЗНИКОМ ТРОФНОСТІ І ЯКОСТІ ВОД

4.1 Показник трофності і якості вод

Наряду з іншими показниками якості вод і трофності в практиці оцінки стану вод досить широко використовується індекс трофності і якості вод (TRIX) [6], [20]-[23], який є інтегральним показником, пов'язаним з характеристиками первинної продукції фітопланктону і з харчовими факторами (концентрацією поживних біогенних речовин). В розрахункову формулу індексу TRIX входять наступні характеристики екосистеми: концентрація хлорофілу – аналог, який заміняє показник автотрофної біомаси фітопланктону; відхилення насиченості киснем від 100 % – індикатор інтенсивності первинної продукції системи, який охоплює фазу активного фотосинтезу і фазу переважання дихання; концентрації загального фосфору і мінерального азоту – показники присутності кількості поживних речовин. Переваги індексу TRIX над іншими показниками обумовлюються використанням стандартних і найбільш часто вимірюваних гідрохімічних і гідробіологічних характеристик морських вод, кількість яких не змінюється, що дає можливість зіставляти результати оцінок рівня трофності вод за індексом TRIX різних районів моря і Світового океану [20].

TRIX розраховується за формулою:

$$TRIX = [\log(Ch \cdot D\%O \cdot N_M \cdot P_3) + 1,5] / 1,2, \quad (4.1)$$

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

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

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

P_3 – концентрація загального фосфору, мкг/дм³.

Оцінка можливості застосування індексу TRIХ для ПЗШ ЧМ, на підставі порівняльного аналізу діапазонів коливань показників ПЗШ і прийнятих в розрахунковій формулі, була виконана в [6].

Індекс TRIХ змінюється відповідно умов трофності вод у межах від 0 до 10, а оцінка категорії трофності і стану якості вод здійснюється згідно величині індексу, що наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Категорії трофності, стан якості вод та їх характеристика залежно від значення індексу TRIХ

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

4.2 Оцінка та діагноз евтрофікації морських вод північно-західного шельфу Чорного моря за показником трофності і якості вод

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

сезонних екологічних зйомок.

Трофність прибережних вод Одеського регіону, згідно категорій індексу *TRIX*, відповідала по районах «середньому», «високому» і «дуже високому» рівню. Значення індексу в червні знаходились в діапазоні від 5,0 до 6,8 і в жовтні змінювались від 4,9 до 7,4. Середні значення індексу *TRIX* по району досліджень склали в червні 5,7, а в жовтні 6,1, що відповідає «високому» і «дуже високому» рівню трофності, відповідно. Максимальний показник трофності вод визначався на акваторії порту «Южний» при значенні індексу *TRIX* 7,4 в жовтні, відображено на рисунку 4.1.

У 2017 р. середній рівень трофності (5,9), по регіону досліджень відносно минулого року (5,2) у цей період, був трохи підвищеним. Підвищений рівень трофності вод в жовтні відмічався також і в районі дачі Ковалевського при значенні індексу *TRIX* 6,8 під впливом стоку вод в цьому районі з СБО «Південна».

За даними регулярних спостережень прибережних вод Одеського регіону. В річному ході індексу трофності *TRIX*, визначеного за даними регулярних спостережень прибережних вод Одеського регіону, максимум з середнім місячним значенням 5,6 визначався у 2017 р. в червні, а мінімум з середнім значенням 3,5 – в лютому, відображено на рисунку 4.2.

Тобто в районі віддаленому від промислових зон трофність прибережних вод в річному циклі, згідно категорії індексу *TRIX* відповідала переважно «середньому» рівню, а якість вод класифікувалась в зоні рекреації як «гарна». В 2017 р. індекс *TRIX* склав в цьому районі 4,8 і відносно минулого року (4,7) був трохи підвищеним.

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

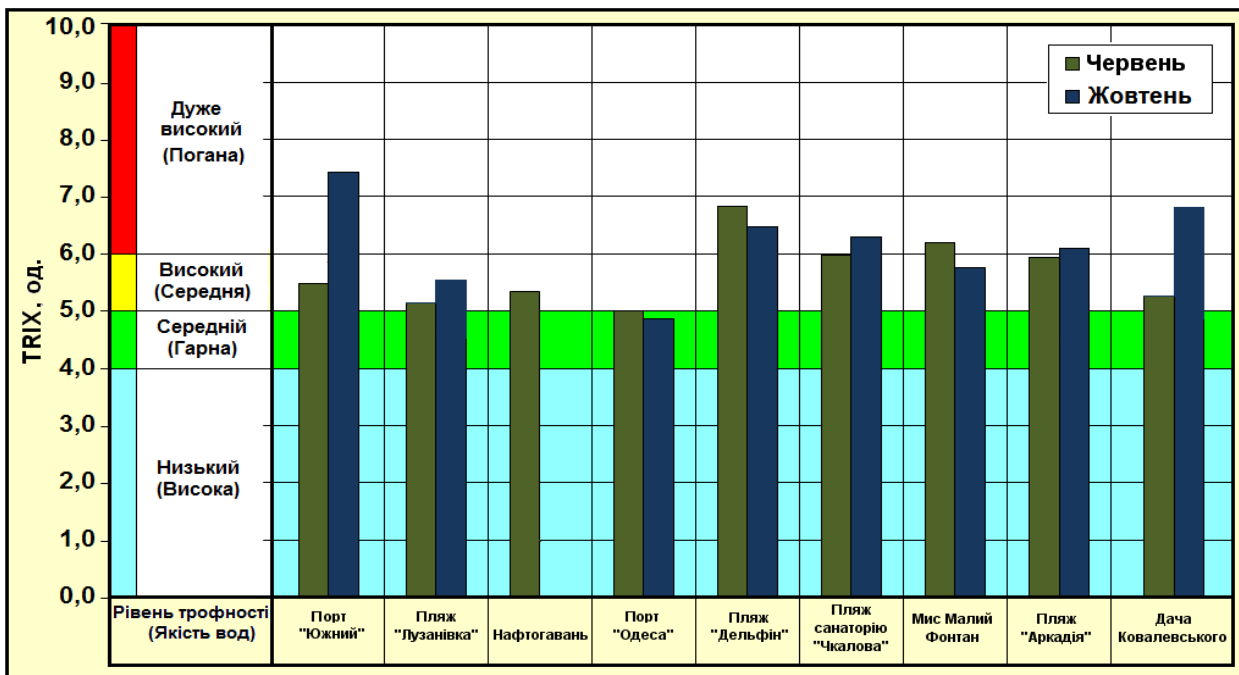


Рисунок 4.1 – Значення індексу трофності TRIX прибережних вод Одеського регіону в червні і вересні 2017 р.

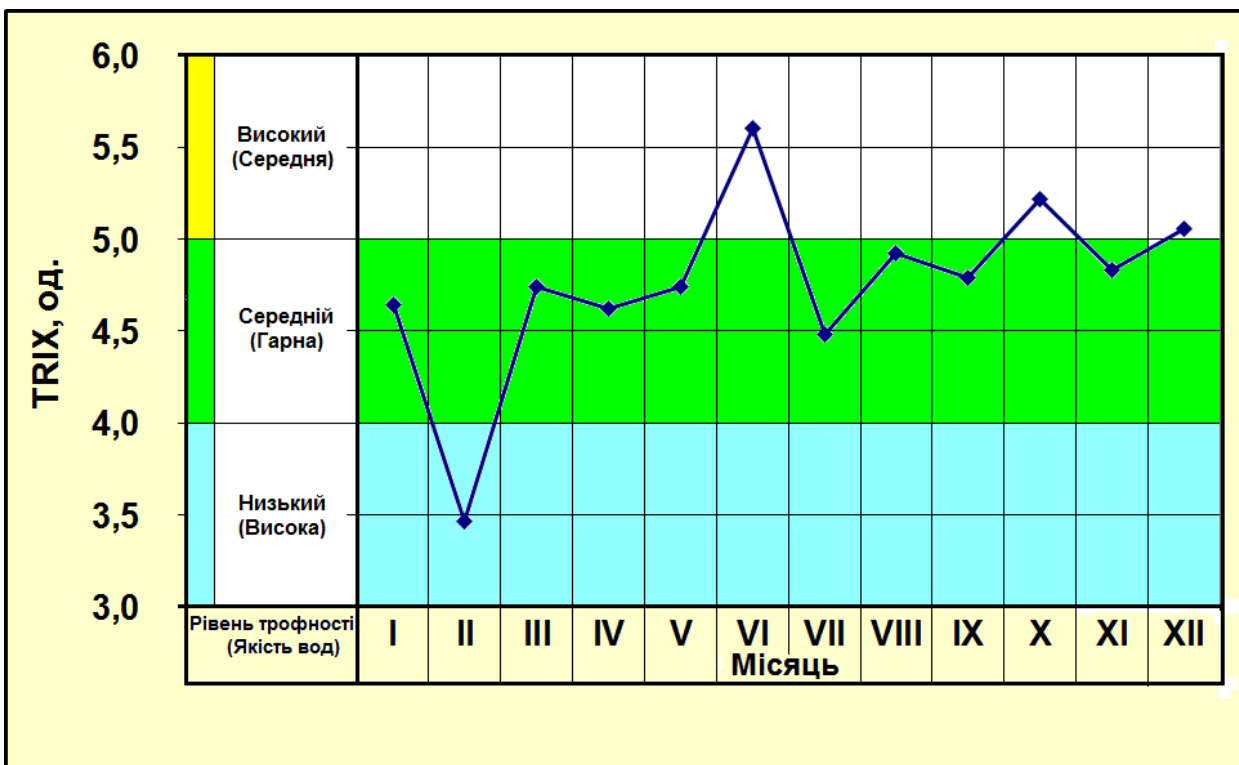


Рисунок 4.2 – Річний хід середніх місячних значень індексу трофності TRIX прибережних вод Одеського регіону у 2017 р.

В багаторічних змінах ступеню евтрофікації і якості прибережних вод на шельфі в Одеському регіоні за даними спостережень в рекреаційній зоні віддаленій від промислових районів на фоні значних міжрічних коливань визначається тренд до зниження трофності і підвищення якості вод за інтегральним показником TRIX. В період 2000 – 2017 рр. за чисельними значеннями індексу TRIX тенденція до зниження трофності вод складала - 0,059 в рік. На початку сторіччя значення індексу TRIX перевищували 6,0 і стан трофності вод відповідав «дуже високому» рівню, у останні шість років значення індексу TRIX не перевищували 5,0 і стан вод відповідав «середньому» рівню трофності, відображено на рисунку 4.3.

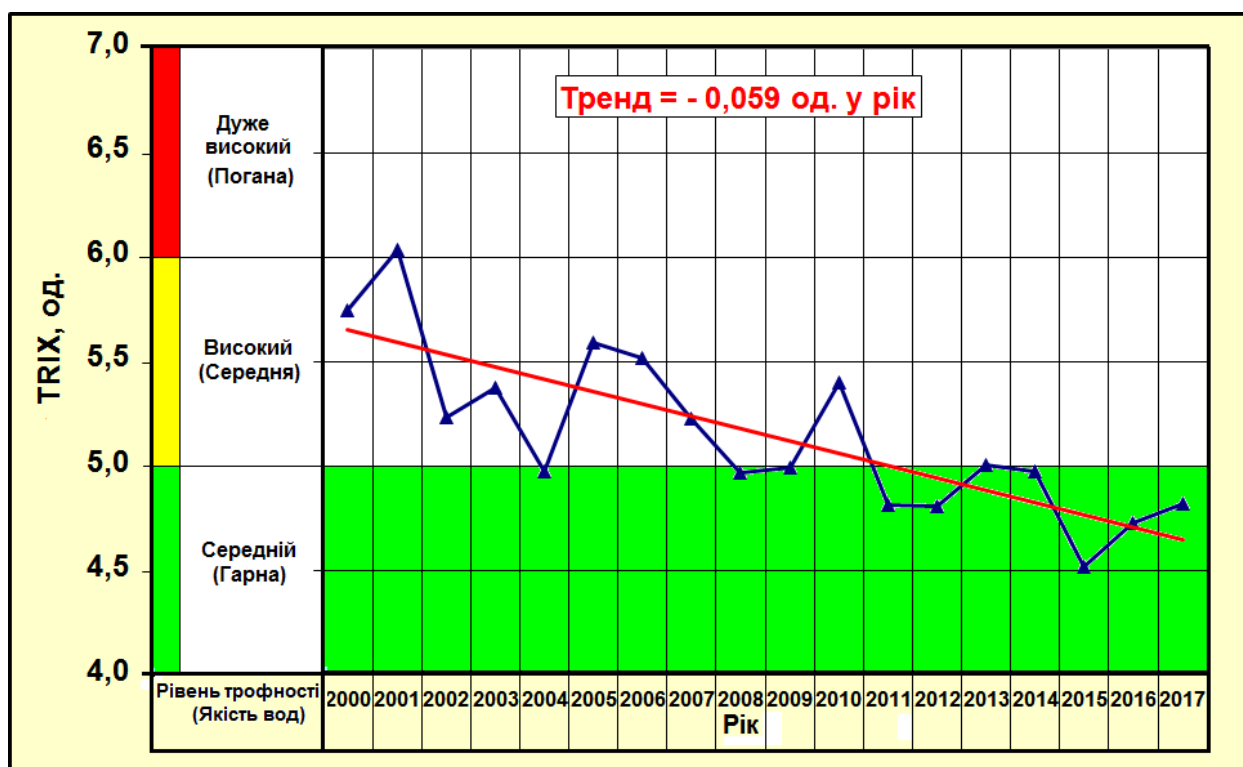


Рисунок 4.3 – Багаторічна мінливість трофності і якості прибережних вод Одеського регіону ПЗШ ЧМ за показником індексу TRIX

Статистичні оцінки, виконані на підставі показника детермінації визначеного коефіцієнту лінійного тренду індексу TRIX прибережних вод

Одеського регіону району рекреації, вказують що тренд достовірний на рівні значимості 99 %. Якість вод у 2017 році відповідала класифікації «гарна», а трофність прибережних вод – «середньому» рівню, але відносно минулого року трофність вод була декілька вище, на це вказують і чисельні характеристики фітопланктону, що досягали влітку в окремих випадках рівня «цвітіння», що пов'язано зі значним розвитком кокколитофорид.

В останні роки підвищений рівень трофності вод відмічався у 2010 р., в результаті інтенсивного цвітіння в липні на ПЗШ ЧМ синезеленої водорості *Nodularia spumigena*, біомаса якої дорівнювала від 20 г/дм³ до 40 г/дм³, а в окремих точках досягала 10 кг/м³ [11], [24].

Трофність вод Дунайського узмор'я в серпні і листопаді 2017 р., за показником індексу TRIХ, відповідала переважно «дуже високому» і «високому», а в листопаді при віддаленні від гирла Бистре відмічались води трофності «середнього» рівня. Просторовий розподіл значень індексу TRIХ вказує на зниження ступеню трофності вод на Дунайському узмор'ї при віддаленні від гирла Бистре, відображено на рисунку 4.4.

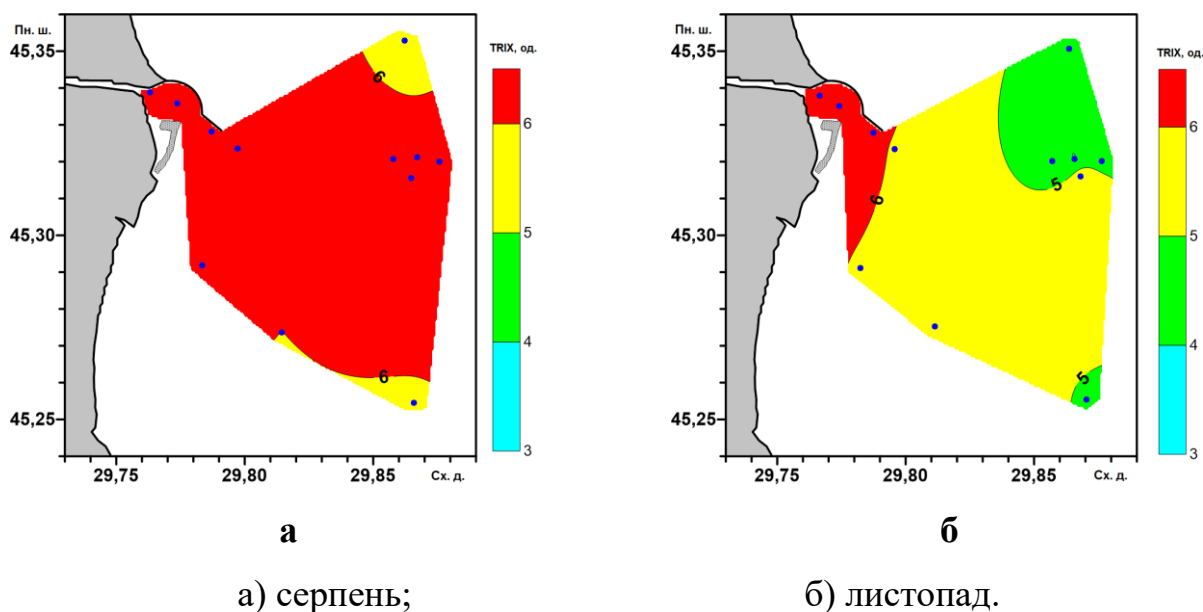


Рисунок 4.4 – Просторовий розподіл значень індексу TRIХ, на Дунайському узмор'ї в серпні і листопаді 2017 р.

Значення індексу TRIХ в середньому по району досліджень склали 6,3 в серпні і 5,5 в листопаді, що відповідає «дуже високому» і «високому» рівню, відповідно.

За даними багаторічних спостережень 2009 – 2017 рр. середні значення індексу TRIХ, в цей період змінювались в діапазоні від 5,5 до 7,3. В останні два роки в листопаді відмічалось зниження середньої трофності вод по району досліджень на дунайському узмор'ї з «дуже високого» до «високого» рівня, відображено на рисунку 4.5. За період досліджень з 2009 р. індекс TRIХ в середньому складає 6,4, що відповідає «дуже високому» рівню трофності.

За даними суднових екологічних зйомок ПЗШ ЧМ виконаних в квітні, липні і серпні 2017 р. були розраховані індекси TRIХ і виконана оцінка трофності вод і її просторового розподілу. В просторовому розподілу індексу TRIХ на ПЗШ ЧМ відмічається явний вплив річкового стоку на формування стану трофності та якості морських вод і особливо на дунайському узмор'ї, що наведено на рисунку 4.6.

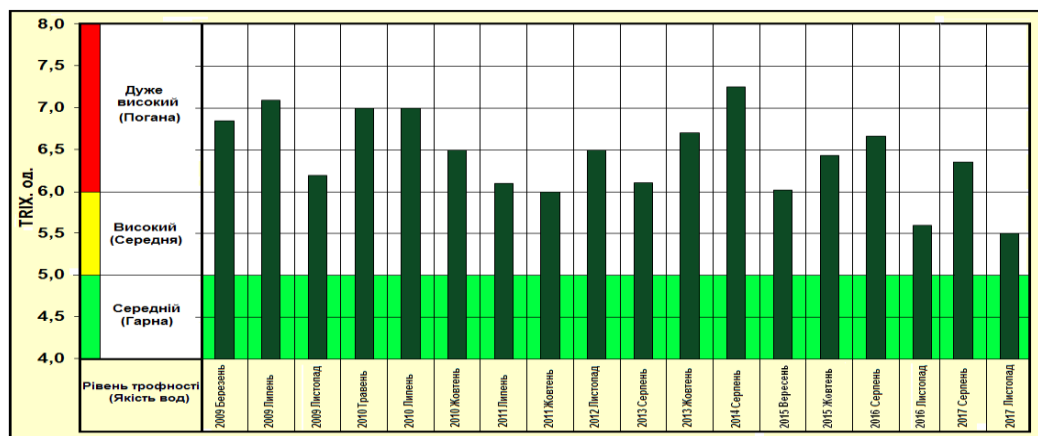
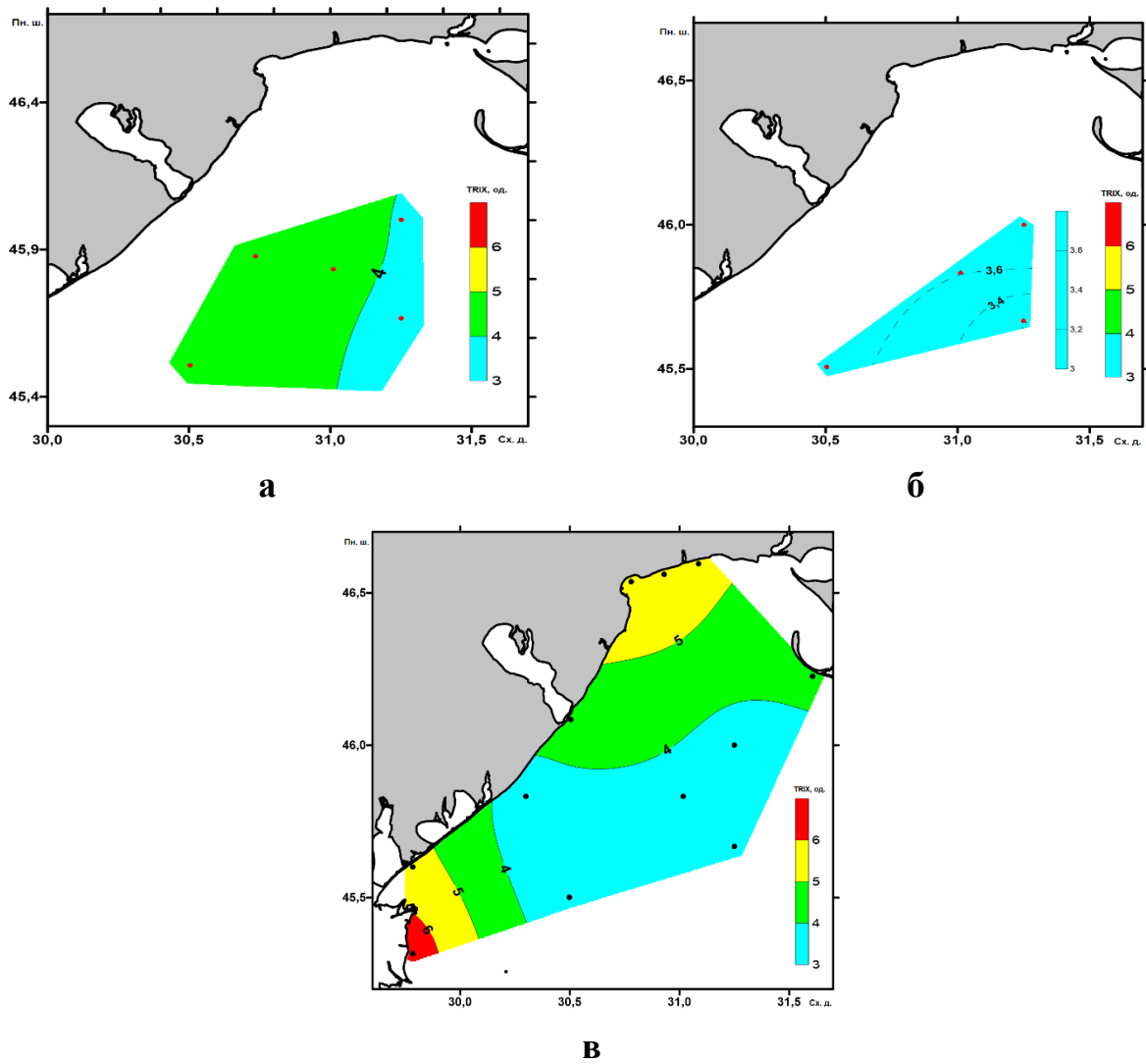


Рисунок 4.5 – Багаторічна мінливість ступеню трофності і якості вод Дунайського узмор'я за показником індексу TRIХ



а) квітень; б) липень; в) серпень.

Рисунок 4.6 – Просторовий розподіл показника трофності індексу TRIX, на ПЗШ ЧМ в 2017р.

В центральному районі ПЗШ ЧМ в зоні філофорного поля Зернова якість вод відповідала «високій» і «гарній» якості, а трофність вод при середніх значеннях 4,3 та 3,6 і 3,5 індексу TRIX відповідала «середньому» і «низькому» рівню відповідно в квітні, липні та серпні.

Максимальний рівень трофності вод відмічався на узмор'ї Дунаю в серпні при значенні 6,7 індексу TRIX.

ВИСНОВКИ

Коливання клімату в сучасний період у Азово-Чорноморському басейні і відповідно на ПЗШ ЧМ характеризується підвищенням середньої річної температури повітря, що добре виявляється за даними багаторічних спостережень. У 2017 р. середня річна температура повітря була на 1,0 °С вище відносно середньої кліматичної (1894 – 2017 рр., 10,7 °С). В річному ході підвищені значення температури повітря з перевищенням середньої місячної температури відносно кліматичного значення на 4,3 °С спостерігались в грудні. Атмосферні опади у 2017 р. склали на 17 мм менш середнього багаторічного значення 453 мм визначеного за період 1894 – 2017 рр.

Підвищенні значення температури води у 2017 р. відносно середніх місячних багаторічних показників спостерігались відповідно до стану повітря в березні, серпні, вересні та грудні.

Середня річна солоність поверхневих вод в Одеській затоці ПЗШ ЧМ була менше (на 0,56 ‰) відносно середнього багаторічного значення 14,44 ‰ за даними спостережень 1948 – 2017 рр. Понижені середні місячні значення солоності води в Одеській затоці спостерігались в лютому, березні та з липня по грудень з мінімумом середньої місячної солоності 11,24 ‰ в березні.

Однак стік найбільшої річки ПЗШ ЧМ Дунаю у 2017 р. був меншим на 39,2 км³ відносно середнього кліматичного значення стоку Дунаю 207,3 км³/рік.

В 2017 р. в Одеському регіоні відмічалась в середньому подальша тенденція до зниження вмісту мінеральних форм азоту. Однак відносно минулого року в прибережних водах Одеського регіону спостерігалось збільшення як фосфору фосфатного так і фосфору загального. Відповідно в Одеському регіоні визначалось і деяке підвищення трофності прибережних вод. За комплексним показником індексу TRIX, який в середньому за даними

спостережень в червні і жовтні складав 5,9, води Одеського регіону у 2017 р. відповідали «високому» рівню трофності. В районах віддалених від промислових зон трофність прибережних вод, згідно середнього річного значення 4,8 індексу TRIX, відповідала «середньому» рівню.

В водах Одеського регіону ПЗШ ЧМ вміст фосфору фосфатного за даними середніх річних значень в період 2000 – 2017 рр. змінювався в діапазоні від 9,3 мкг/дм³ до 23,9 мкг/дм³ з загальною тенденцією до зниження його вмісту з кутовим коефіцієнтом лінійного тренду мінус 0,56 мкг/дм³ у рік. Відповідно знижувався і середній вміст фосфору загального з кутовим коефіцієнтом лінійного тренду мінус 1,25 мкг/дм³ у рік.

За даними багаторічного моніторингу також визначається статистично значима тенденція в прибережних водах Одеського регіону до зниження вмісту мінеральних форм азоту з кутовими коефіцієнтами лінійного тренду мінус 0,13 мкг/дм³ у рік азоту нітритного, мінус 2,44 мкг/дм³ у рік азоту нітратного і мінус 2,00 мкг/дм³ у рік азоту амонійного, а також – слабка тенденція до підвищення вмісту загального азоту за рахунок його органічної складової.

За показником вмісту у воді азоту і хлорофілу-а найбільш евтрофованими є води районів прилеглих до гирл крупних річок північно-західного шельфу Чорного моря. За середнім показником індексу TRIX води узмор'я Дунаю характеризуються «дуже високим» і «високим» рівнем трофності. В серпні на узмор'ї Дунаю в придонному шарі при глибинах понад 22 м відмічались умови гіпоксії вод, відносний вміст кисню знижався до 28 % насичення.

В центральному районі північно-західного шельфу Чорного моря в зоні філофорного поля Зернова влітку спостерігалось зменшення солоності поверхневого шару в середньому з 17,0 ‰ до 14,7 ‰, що обумовлювалось впливом трансформованих Дунайських вод. Прозорість вод при цьому в липні зменшувалась майже вдвічі відносно квітня, в середньому з 8 м до 4 м. Води району філофорного поля Зернова за показником індексу TRIX в

2017 р. відповідали в квітні «середньому» і в липні і серпні «низькому» рівню трофності.

В акваторії Одеського регіону в 2017 р., спостерігався типовий сезонний хід чисельності та біомаси фітопланктону, з чотирма максимумами розвитку, серед яких зимовий та весняний були слабо виражені.

Активний розвиток кокколітофорид, а саме *Emiliana huxleyi*, а також ночесвітки *Noctiluca scintillans* свідчать про підвищений рівень евтрофування та вказують на нестабільну екологічну ситуацію на ПЗШ ЧМ у досліджуваних акваторіях у літній період.

Високі показники трофності вод прибережних районів, наявність гіпоксії придонних вод в окремих зонах, а також відмічені «цвітіння» морської води, масовий розвиток *Noctiluca scintillans* вказують на недостатню якість вод особливо прибережних районів північно-західного шельфу Чорного моря, що потребує подальшого зниження біогенного навантаження на морське середовище.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР [Текст] / Под ред. А.И. Симонова, А.И. Рябилина, Д.Е. Гершановича. – Санкт-Петербург : Гидрометеоиздат, 1992. – Т. 4. Черное море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. – 220 с.
- 2 Зайцев Ю. П. Самое синее в мире [Текст] / Ю. П. Зайцев. – Нью-Йорк : ООН, 1998. – 142 с.
- 3 Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР [Текст] / под ред. А.И. Симонова, Э.Н. Альтмана – Санкт-Петербург : Гидрометеоиздат, 1991. – Т. 4. Черное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – 430 с.
- 4 Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA relevance) / Official Journal of the European Union, 25.6.2008. L 164/19. P. 19-40. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0056&rid=1>. – Назва з екрана.
- 5 Commission Decision of 1 September 2010 on criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters (*notified under document C(2010) 5956*) (2010/477/EC) (Text with EEA relevance) / Official Journal of the European Union. 2.9.2010. L 232/14 P. 14-24. – Режим доступа: [http://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2010/477\(2\)/oj](http://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2010/477(2)/oj). – Назва з екрана.
- 6 Украинский В.В. Межгодовые изменения и тенденции в эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря [Текст] / В.В. Украинский, Н.Н. Гончаренко // Український гідрометеорологічний журнал. – 2010. – № 7. – С. 211-219

- 7 Лоева І.Д. Сучасний екологічний стан Чорного та Азовського морів [Текст] / І.Д. Лоева, І.Г. Орлова, М.Ю. Павленко, В.В. Український, Ю.І.Попов, Ю.М. Деньга // Причорноморський екологічний бюлетень. – 2008. – № 4 (30). – С. 26-36
- 8 Украинский В.В. Оценка современного состояния эвтрофикации вод северо-западного шельфа Черного моря [Текст] / В.В. Украинский, С.П. Ковалишина // Современное состояние и перспективы наращивания морского ресурсного потенциала юга России : междунар. науч. конф., пгт. Кацивели, 15-18 сентября 2014 г. : тезисы докл. – г. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – С. 203-205
- 9 Ковалишина С.П. Оцінка екологічного стану Філофорного поля Зернова [Текст] / С.П. Ковалишина, В.В. Український, І.В. Малахов // Екологічна стратегія майбутнього: досвід і новації», 30-31 березня 2017 р. : всеукраїнська науково-практична конференція: матеріали. – м. Умань, Уманський державний педагогічний університет, 2017. – С. 69-73.
- 10 Лоева І.Д. Політика України з охорони природного середовища Чорного моря [Текст] / І.Д. Лоева, М.Ю. Павленко, І.Г. Орлова, В.М. Коморін // Причорноморський екологічний бюлетень, – 2008. – № 4(30). – С. 7-13
- 11 Украинский В.В. Цветение синезеленых водорослей в Одесском прибрежье (июль. 2010 г.) [Текст] / В.В. Украинский, С.П. Ковалишина, В.Н. Сытов, И.П. Неверовский, М.А. Грандова, Н.С. Калошина // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. – Одесса, 2010. – №.1(11). – С. 109–115.
- 12 Лоева И.Д. Современное экологическое состояние северо-западной части Черного моря [Текст] / И.Д. Лоева, В.В. Украинский, И.Г. Орлова, С.П. Ковалишина // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа : сб. научн. тр. НАН Украины, МГИ, ИГН, ОФ ИнБЮМ. – Севастополь, 2013. – Вып. 27. – С. 237-242.

- 13 Репетин Л.Н. Режим ветра северо-западной части Черного моря и его климатические изменения [Текст] / Л.Н. Репетин, В.Н. Белокопытов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2008. – Вып. 17. – С. 225-243.
- 14 Ильин Ю.П. Климатические изменения гидрометеорологического режима северного и восточного побережий Черного моря [Текст] / Ю.П. Ильин, Л.Н. Репетин // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2011. – Том 1, № 25. – С. 157-168
- 15 Головатюк Н.Д. Оцінка змін вітрового режиму в Одеській області у другій половині ХХ століття [Текст] / Н.Д. Головатюк, А.Л. Козаков, В.М. Трегубова // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. Государственная гидрометеорологическая служба Украины. – Одесса, ОПК «Евротойз». – 2009. – № 4(8) – С. 70-76
- 16 Тучковенко Ю.С. Оценка вклада антропогенных источников Одесского региона в загрязнение морской среды [Текст] / Ю.С. Тучковенко, О.Ю. Сапко // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2003. – № 47. – С. 130-139
- 17 Иванов В.А. Оценка влияния береговых антропогенных источников на качество вод Одесского региона северо-западной части Черного моря: моногр. [Текст] / В.А. Иванов, Ю.С. Тучковенко, О.Ю. Сапко / Морской гидрофиз. ин-т НАН Украины, Од. гос. эколог. ун-т. – Севастополь : НПЦ ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. – 154 с.
- 18 Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. [Текст] / под ред. А.В. Цыбань, – Л., Гидрометеиздат, 1980. – 190 с.
- 19 Методические основы комплексного экологического мониторинга океана. [Текст] / под ред. А.В. Цыбань. – М., Московское отделение Гидрометеиздат, 1988. – 286 с.

- 20 Vollenveider R. A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale turbidity and generalized water quality index [Text] / F. Giovanardi, G. Montanari, A. Rinaldi // *Enviromentrics*. – 1998. – № 9. – P. 329-357
- 21 Vollenveider R. A. Eutrophication of waters: monitoring assessment and control [Text] / R. A. Vollenveider, J. J. Kerekes. – Paris, 1982. – 154 p.
- 22 Тучковенко Ю.С. Оценка эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря [Текст] / Ю.С. Тучковенко, О.Ю. Сапко // *Вісник Одеського державного екологічного університету*. – 2006. – Вип. 2. – С. 224-227
- 23 Moncheva S. Eutrophication index ((E) TRIX) – an operational tool for the Black Sea costal water ecological quality assessment and monitoring [Text] / S. Moncheva, V. Doncheva // *international symposium «The Black Sea ecological problems»*. – Odessa : SCSEO, 2000. – P. 178-185
- 24 Грандова М. А. К вопросу о цветении *Nodularia spumigena* в прибрежных водах одесского региона [Текст] / М.А. Грандова, С.П. Ковалишина, В.В. Украинский, Н.С. Калошина // *Екологічні проблеми Чорного моря, 28-29 жовтня, 2010 р. : міжнар. наук.-практ. конф. : труди*. – Одеса : ОЦНТЕІ, 2010. – С.317-319