

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

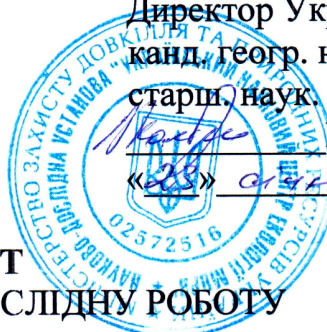
Директор УкрНЦЕМ

канд. геогр. наук,

старш. наук. співроб.

Коморін В.М.

«23» січня 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.

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ  
ФАКТОРІВ НА СТАН МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

ТОМ 6

Науковий керівник НДР

Директор УкрНЦЕМ, к.геогр.н., с.н.с.

В.М. Коморін

Заст. директора – начальник морського  
інформаційно-аналітичного центру, к.геогр.н.

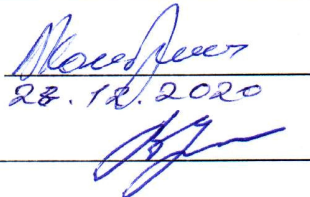
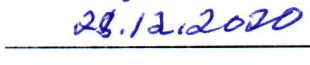
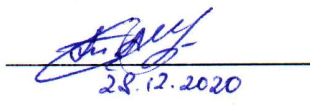
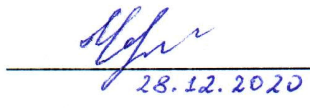
В.В. Український

2020

Рукопис закінчено 28 грудня 2020 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол  
від «23» січня 2021 р. № 7

## СПИСОК АВТОРІВ

|                                                                                    |                                                                                                  |                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Науковий керівник<br>директор УкрНЦЕМ,<br>канд. геогр. наук, с.н.с.                | <br>28.12.2020 | В. М. Коморін<br>(реферат, висновки)   |
| Науковий керівник<br>заступник директора –<br>начальник МІАЦ,<br>канд. геогр. наук | <br>28.12.2020 | В. В. Український<br>(вступ, висновки) |
| Відповідальний<br>виконавець:.<br>Наук. співробітник відділу<br>АМЕАН              | <br>28.12.2020 | А. С. Тітяпкін<br>(розділи 1, 2)       |
| Фах. 1 кат. відділу АМЕАН                                                          | <br>28.12.2020 | Н. О. Чернобровкіна<br>(розділ 2)      |

## РЕФЕРАТ

Звіт про науково-дослідну роботу (НДР): 29 с., 1 табл., 10 рис., 17 джерел.

ЧОРНЕ МОРЕ, ПРИРОДНІ ФАКТОРИ, АНТРОПОГЕННІ ФАКТОРИ, КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СТАНУ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА, ЕВТРОФІКАЦІЯ, ІНДЕКС ТРОФНОСТІ TRIХ. МЕТОДИКА ОЦІНКИ СТАНУ ВОД BEAST.

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

*Мета НДР* – оцінка та діагноз стану морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України, що знаходяться під впливом навантаження природних і антропогенних факторів, комплексна оцінка евтрофікації та стану якості вод.

*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, та даних літературних джерел.

*Результати дослідження* – визначені тенденції зменшення рівня трофності прибережних вод Одеського регіону північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) з 2000 р. та деяка стабілізація їх якості в сучасний період з початку 2011 року. В 2020 р. згідно з виконаною оцінкою по методики BEAST в Одеському регіоні якість прибережних вод відповідала в весняно-літній період «доброму» та «помірному» стану і в «осінньо-зимовий» період – «поганому» та «дуже поганому» стану.

Прибережні водні масиви відповідали «помірному», «поганому» і «дуже поганому» рівню якості, що вказує на невідповідність доброму екологічному стану прибережних вод ПЗЧМ в 2020 р.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                                                                                                                                                                                             | С. |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ .....                                                                                                                                                 | 5  |
| ВСТУП.....                                                                                                                                                                                  | 6  |
| 1 МЕТОДИ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ ЕВТРОФІКАЦІЇ ТА ЯКОСТІ МОРСЬКИХ ВОД.....                                                                                                                  | 12 |
| 1.1 Показник трофності і якості вод - індекс TRIХ.....                                                                                                                                      | 12 |
| 1.2 Методика BEAST - оцінки стану морського середовища і рівня евтрофікації морських вод .....                                                                                              | 14 |
| 2 ОЦІНКА СТАНУ І ЯКОСТІ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ЧОРНОГО МОРЯ .....                                                                                                                             | 16 |
| 2.1 Оцінка екологічного стану і тенденцій евтрофікації та якості вод морського середовища Чорного моря за показником індексу TRIХ в межах виключної морської економічної зони України ..... | 16 |
| 2.2 Оцінка екологічного стану та якості вод морського середовища Чорного моря за комплексною методикою BEAST в межах виключної морської економічної зони України .....                      | 22 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                                                                                               | 26 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....                                                                                                                                                              | 27 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

|         |                                                 |
|---------|-------------------------------------------------|
| БР      | - біогенні речовини                             |
| ГДК     | - гранично допустима концентрація               |
| ДЕС     | - Добрий екологічний стан                       |
| ЗР      | - забруднюючі речовини                          |
| НДР     | - науково-дослідна робота                       |
| ПЗЧМ    | - північно-західна частина Чорного моря         |
| ПЗШ ЧМ  | - північно-західний шельф Чорного моря          |
| УкрНЦЕМ | - Український науковий центр екології моря      |
| ЧМ      | - Чорне море                                    |
| AcStat  | - фактичне значення спостережуваного параметру  |
| BEAST   | - методика оцінки рівня евтрофікації            |
| EQR     | - показник якості і трофності вод               |
| HELCOM  | - Гельсінська комісія                           |
| MSFD    | - Рамкова Директива про морську стратегію       |
| DIN     | - сума розчинених мінеральних форм азоту        |
| DIP     | - фосфор фосфатний; мінеральні форми фосфору    |
| RefCon. | - (Reference Condition) нормальні умови         |
| Target  | - цільове значення                              |
| TN      | - азот загальний                                |
| TP      | - фосфор загальний                              |
| TRIX    | - індекс трофності і якості вод (trophic index) |
| WFD     | - Водна Рамкова Директива                       |

## ВСТУП

Якість морського середовища Чорного моря (ЧМ) змінюється під дією природних-кліматичних, фізико–географічних і антропогенних екологічних факторів, а також мінливості гідрофізичних, гідрохімічних і гідробіологічних процесів, котрі в сукупності обумовлюють стан та функціонування морських екосистем у різних просторово-часових масштабах. Зміни клімату в більшій мірі проявляються, як в підвищенні температури повітря, так і температури морської води, що значно проявляється на північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ) з 80-х років XX сторіччя [1,2]. Температура дає можливість здійснюватися біохімічним реакціям в клітці, тому вона впливає на всі життєві процеси. Підвищення температури води здатне впливати на розповсюдження і відтворення багатьох морських видів і на видове багатство. Також ймовірно [3], що в більш теплій морській воді кількість дрібного планктону з низьким рівнем вмісту поживних речовин буде збільшуватися, а кількість більш крупнішого планктону багатого поживними речовинами – зменшуватися, що потягне за собою непередбачувані наслідки для морських харчових ланцюгів.

Солоність вод є також одним із головних природних факторів впливу на стан морських екосистем, мінливість якої залежить від кількості річкового прісного стоку, кількості атмосферних опадів і випарювання води з поверхні моря. Солоність безпосередньо впливає на видовий склад і різноманітність водних організмів, які в залежності від вмісту в воді солей формують прісноводні і морські комплекси флори і фауни. Також в результаті змін солоності змінюється густина води, що позначається на циркуляції морських вод і на їх стратифікації. Збільшення ступеня стратифікації, що обумовлюється змінами температури і солоності та приводить до послаблення вертикального перемішування води в морі і, в свою чергу, до зменшення вмісту кисню в його верхньому діяльному шарі. Кліматичні зміни, що обумовлені підвищенням

середньої температури повітря і температури води зимового періоду, приводять до зменшення інтенсивності та глибини вертикальної зимової конвекції вод і відповідно насичення їх киснем, що може приводити до підвищення в Чорному морі границі сірководневого шару.

Вітер, як і термохалінні характеристики, є вагомим природним фактором, що обумовлює формування в поверхневому діяльному шарі моря режиму хвиль і течій які значно впливають на стан морських екосистем. Вітер і вітрове хвилювання приводять до перемішування водних мас в поверхневому шарі моря, до вертикального обміну їх гідрофізичних і гідрохімічних властивостей і формуванню однорідного шару вод. В свою чергу вітрові хвилі істотно впливають на газообмін між атмосферою і морем, в тому числі, таких важливих газів як кисень та вуглекислий газ. Хвилі на поверхні моря створені вітром є основною причиною мінливості турбулентності, що контролює газообмін в системі атмосфера – море. В штормових умовах газообмін зростає в декілька разів. Так в умовах шторму хвилі обрушуються і захоплюють повітря приводячи до залучення кисню, необхідного для розвитку екосистем. В період підвищеної турбулентності і перемішування, здійснюється значна «накачка» киснем діяльного шару вод і в умовах сильних штормів може дорівнювати конвекції вод взимку.

Вітрові хвилі надають великий внесок і в літодинамічні процеси прибережної зони моря. Енергія, що накопичується вітровими хвилями на великому просторі моря, відразу піддається дисипації в прибережній зоні в процесі взаємодії з верхніми шарами літосфери. Хвильова енергія витрачається не тільки на взаємодію з підводним схилом і на переміщення наносів але також на утворення хвильових течій, що корінним чином відрізняються від течій відкритого моря. Швидкості хвильових течій можуть перевищувати 1-2 м/с, здатні переносити наноси і беруть участь у формуванні режиму уздовж-берегового потоку і поперечних міграцій наносів [4]. В цілому вітро - хвильові процеси обумовлюють різносторонню дію на морське середовище і в значній мірі впливають на стан прибережних екосистем.

Вітрові течії здійснюють горизонтальне переміщення водних мас в діяльному шарі моря і обмін їх властивостями в різних напрямках залежно від напрямку дії вітру. Обумовлюють розповсюдження в морі поживних і забруднюючих речовин від різних природних і антропогенних джерел та в цілому впливають на загальний стан морських екосистем. Течії під впливом вітру обумовлюють коливання рівня моря, особливо в шельфовій прибережній зоні, за рахунок явищ вітрового нагону і згону вод. В період інтенсивного згону виникає циркуляція, що обумовлює в прибережній смузі підйом придонних вод, збагачених розчиненими поживними речовинами органічного і мінерального походження, к поверхні моря. Найбільш часто прибережний апвелінг в Чорному морі триває від 2 до 10 діб з перепадом температури води влітку від 3 до 9 °С. Далі в цих районах моря, збагачених поживними біогенними речовинами, значно часто спостерігаються, в поверхневому шарі моря, «цвітіння» води – «зелені та червоні приливи», обумовлені інтенсивним розвитком фітопланктону, на північно-західному шельфі (ПЗШ) ЧМ переважно, ціанобактерій, дінофітових та діатомових водоростей.

До важливих природних факторів що значно впливають на морські екосистеми це є хмарність, що впливає на мінливість сонячної радіації яка надходить до поверхні моря і його фото-активна частина, що забезпечує фотосинтез органічної речовини, та атмосферні опади які учащують в формуванні прісного стоку і відповідно солоності моря, а також обумовлюють надходження з атмосфери неорганічних біогенних і забруднюючих речовин. Розглянуті природні екологічні фактори впливу на морські екосистеми є абіотичними, тобто відносяться до неживої природи

Антропогенні фактори обумовлюються впливом людини на природу і відносяться до факторів прямого впливу на організми та популяції в екологічній системі і непрямого впливу, тобто на середовище існування різних видів організмів.

Згідно з визначенням групи експертів ООН [5], антропогенний (техногенний) вплив на морське середовище являє собою «сукупне прояв будь-



яких форм діяльності людини, які призводять до явних або прихованих порушень стану екосистем, гідрології та геоморфології водних об'єктів, зниження рибогосподарської та рекреаційної цінності і інших негативних наслідків екологічного, економічного і соціального характеру».

Антропогенні екологічні фактори, що приводять до порушень функціонування морських екосистем можливо підрозділити на ряд головних чинників:

- забруднення вод токсичними речовинами;
- забруднення - перенасичення вод поживними біогенними речовинами (евтрофікація вод);
- біологічне забруднення чужорідними вселенцями;
- нераціональне використання та пагубне знищення біоресурсів моря.

Визначення доброго екологічного стану (ДЕС) здійснюється на основі даних спостережень екологічного моніторингу морського середовища та його гідро біонтів за комплексом з 11 дескрипторів (індикаторів) відповідно до рамкової Директиви морської стратегії 2008/56/ЄС [6] та рішення Європейської комісії 2017/848/ЄС [7] про встановлення критеріїв та методологічних стандартів щодо доброго екологічного стану морських вод і специфікації та стандартизації методів моніторингу та оцінки.

Основними джерелами антропогенного забруднення морських вод є стік річок, господарсько-побутові і промислові скиди, змив добрив і пестицидів з полів та виноградників, атмосферні опади, підземний та дренажний стік, судноплавство, діяльність портів, гідротехнічне будівництво, добича нафти та газу, днопоглиблення і дампінг ґрунтів, абразійне руйнування берегів, а також вторинне забруднення – надходження забруднюючих речовин (ЗР) з донних відкладів.

Наряду з забрудненням токсичними речовинами та біологічним забрудненням чужорідними вселенцями і нераціональним використанням біоресурсів моря, евтрофікація морських вод є одним із головніших чинників антропогенних порушень, що спостерігаються в екосистемі Чорного моря [8] і в

першу чергу в його північно-західній частині, яка знаходиться під впливом найбільших чорноморських річок Дунаю, Дніпра, Південного Бугу та Дністра на долю яких припадає понад 79 % прісного стоку річок чорноморського басейну [9].

Евтрофікація – це процес, який керується збагаченням води поживними речовинами, особливо з'єднаннями азоту та фосфору, що призводить до значного збільшення росту первинної продукції мікробіоти і обумовлює «цвітіння» води – так звані «зелені і червоні приливи» залежно від кольору фітопланктону. При інтенсивному розвитку водоростей, які відносяться до токсичних і умовно токсичних, цвітіння можуть призводити до загибелі риб та інших морських організмів і загрожують здоров'ю населення.

Оцінка, щодо доброго екологічного стану морських вод за дескриптором 5 (евтрофікація), здійснюється на підставі рішення комісії Європейського Союзу 2017/848/ЄС за наступними первинними і вторинними критеріями:

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

– D5C8 – вторинний критерій (за винятком випадків, коли використовується як заміник D5C5). Спільноти макрофауни донних середовищ існування.

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

НДР «Комплексна оцінка впливу природних і антропогенних факторів на стан морського середовища» 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» та Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [10].

# 1 МЕТОДИ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ ЕВТРОФІКАЦІЇ ТА ЯКОСТІ МОРСЬКИХ ВОД

## 1.1 Показник трофності і якості вод – індекс TRIХ

В практиці оцінки ступеню евтрофованості і якості вод, наряду з іншими показниками, досить широко використовується індекс трофності (TRIХ) [11]-[14], який є інтегральним показником, пов'язаним з характеристиками первинної продукції фітопланктону і з харчовими факторами (концентрацією поживних БР). В розрахункову формулу індексу TRIХ входять наступні характеристики екосистеми:

- концентрація хлорофілу – аналог, який замінює показник автотрофної біомаси фітопланктону;
- відхилення насиченості киснем від 100 % – індикатор інтенсивності первинної продукції системи, який охоплює фазу активного фотосинтезу і фазу переважання дихання;
- концентрації загального фосфору і мінерального азоту – показники присутності кількості поживних речовин.

Переваги індексу TRIХ над іншими показниками обумовлюються використанням стандартних і найбільш часто вимірюваних гідрохімічних і гідробіологічних характеристик морських вод, кількість яких не змінюється, що дає можливість зіставляти результати оцінок рівня трофності вод за індексом TRIХ різних районів моря і Світового океану [11], [13], [15].

TRIХ розраховується за формулою:

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

де  $Ch$  – концентрація хлорофілу «а», мкг/дм<sup>3</sup>;

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

$N_m$  – концентрація суми розчинених форм мінерального азоту, мкг/дм<sup>3</sup>;

$P_3$  – концентрація загального фосфору, мкг/дм<sup>3</sup>.

Оцінка можливості застосування індексу TRIХ для ПЗЧМ, на підставі порівняльного аналізу діапазонів коливань показників ПЗЧМ і прийнятих в розрахунковій формулі, була виконана в [13] - [15].

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

Таблиця 1.1 – Категорії трофності, стан якості вод і їх характеристика залежно від значення індексу TRIХ

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

## 1.2 Методика BEAST - оцінки стану морського середовища і рівня евтрофікації морських вод

Методика оцінки рівня евтрофікації (BEAST) розроблена спеціально для Чорного моря, та є модифікацією раніше розробленої Гельсінської комісією (HELCOM) методики оцінки рівня евтрофікації (HEAT) [16], [17] і по суті BEAST ідентично методиці оцінки HEAT 3.0.

Безрозмірний показник якості вод (EQR) в даній методиці характеризує оцінку якості вод щодо їх трофності і визначається по співвідношенню фактичних значень спостережуваних параметрів (позначаються в методиці як AcStat) до цільових значень (Target), які визначаються за даними фонових величин, які були раніше до періоду евтрофікації (позначаються в методиці як RefCon і відповідають ДЕС) з урахуванням допустимих відхилень від фону. Цільові значення Target для параметрів, які зростають при збільшенні евтрофування приймаються за визначенням:

$$\text{Target} = \text{RefCon} + 0,5 * \text{RefCon},$$

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

$$\text{Target} = \text{RefCon} - 0,2 * \text{RefCon}.$$

До оцінки рівня евтрофування входять три групи індикаторів:

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

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

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

Розрахунки показника EQR виконуються для кожного індикатору згідно співвідношення  $AcStat/Target$  і далі осереднюються в кожній групі індикаторів при рівнозначному вкладі, або з урахуванням прийнятої дольової частки, яка задається від 25 % до 75 %, при сумі всіх індикаторів в групі 100 %. В даній роботі в групі неорганічного фосфору і азоту дольова частка цих індикаторів була прийнята 70 % и 30 %, відповідно.

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

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

## 2 ОЦІНКА СТАНУ І ЯКОСТІ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ЧОРНОГО МОРЯ

2.1 Оцінка екологічного стану і тенденцій евтрофікації та якості вод морського середовища Чорного моря за показником індексу **TRIX** в межах виключної морської економічної зони України

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

В червні і жовтні 2020 р. трофічність прибережних вод Одеського регіону, згідно категорій показника **TRIX**, відповідала по районах «низькому», «середньому» та «високому» рівням. Значення показника **TRIX**, в розрахунки якого приймалися супутникові значення з хлорофілу-а, в червні знаходились в діапазоні від 3,1 од. до 5,1 од. і в жовтні – від 4,7 од. до 5,7 од., при середньому по району досліджень в червні 3,8 од. і в жовтні 5,3 од., відображено на рисунку 2.1.

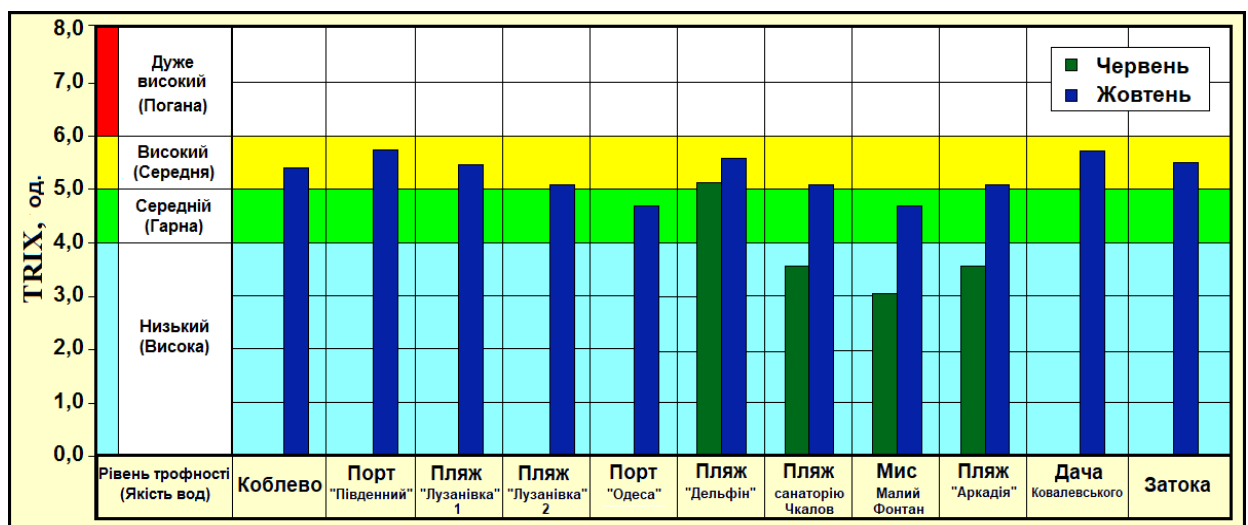




Рисунок 2.1 – Значення показника трофності TRIХ (супутникові дані з хлорофілу-а) прибережних вод Одеського регіону в червні і жовтні 2020 р.

Значення показника TRIХ, в розрахунки якого приймалися вимірювані значення з хлорофілу-а, змінювались в червні від 2,6 од. до 4,8 од. і в жовтні – від 4,4 од. до 6,0 од., при середньому по району досліджень в червні 3,4 од. і в жовтні 5,1 од., відображено на рисунку 2.2.

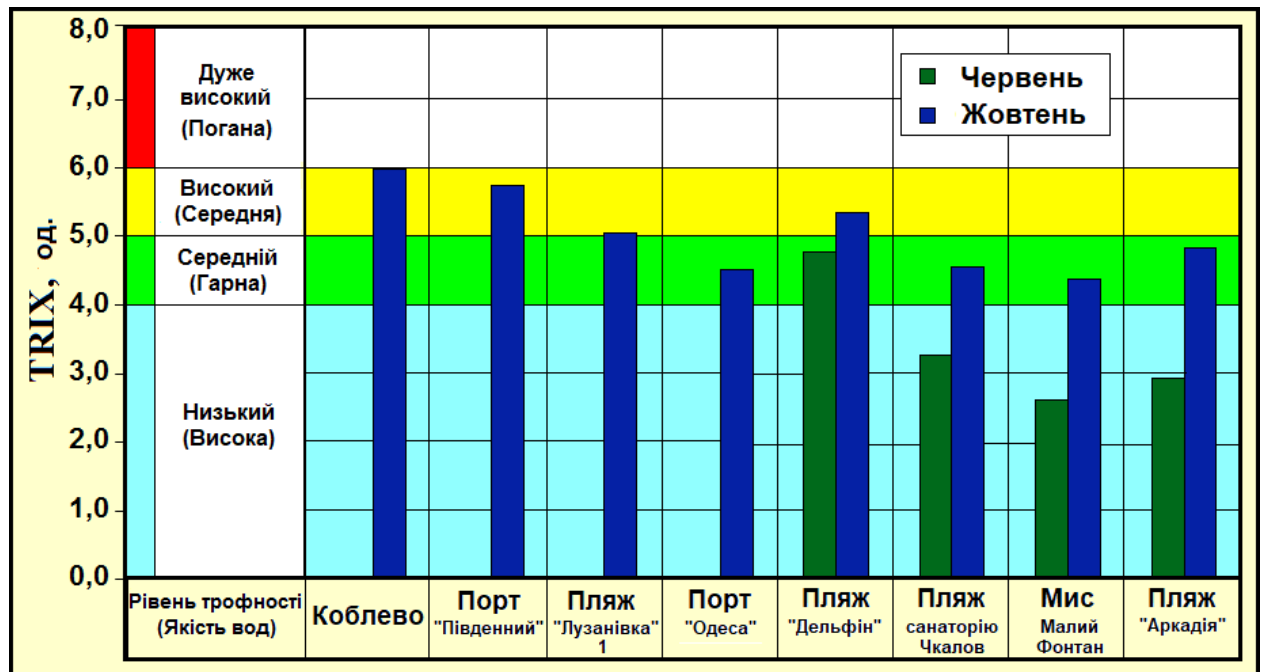


Рисунок 2.2 – Значення показника трофності TRIХ (зміряні дані з хлорофілу-а) прибережних вод Одеського регіону в червні і жовтні 2020 р.

Середній рівень трофності за показником TRIХ по регіону досліджень у 2020 р. відносно минулого року у цей період був нижчим. Як в червні так і в жовтні рівень трофності вод «дуже високий» не відмічався.

Рівень трофності в червні відповідав «низькому» рівню, крім пляжу «Дельфін», де відмічався «високий» рівень при використанні в розрахунках значень супутникових даних з хлорофілу-а та «середній» – за значеннями лабораторних вимірювань хлорофілу-а.

В жовтні, за результатами розрахунків показника TRIХ з використанням даних супутникових спостережень, трофність вод по регіону відповідала

«високому» рівню, окрім районів порту «Одеса» та мису Малий Фонтан, де рівень трофності відповідав «середньому». За даними лабораторних вимірювань хлорофілу-а, на відміну від супутникових, «середньому» рівню трофності в жовтні окрім порту «Одеса» та мису Малий Фонтан відповідали води пляжів санаторію Чкалов та «Аркадія». Підвищені значення показника трофності в жовтні відмічались в районі Коблево, акваторії порту «Південний», що пов'язано зі стоком Дніпробузького лиману, дачі Ковалевського, де це пов'язано з впливом стоку вод в цьому районі з СБО «Південна», та Затоки, що знаходиться під впливом стоку Дністровського лиману.

В цілому характеристики трофності вод за показником  $TRIX$  як за супутниковими даними з хлорофілу-а, так і за даними лабораторних вимірювань практично співпадають. Таким чином, використання супутникових даних з хлорофілу-а може бути корисним в оцінках якості вод за комплексними показниками, проте такі оцінки можуть бути вищими там, де проявляється вплив вод Дністровського та Дніпробузького лиманів за рахунок трохи підвищених значень хлорофілу-а супутникових спостережень відносно лабораторних вимірювань.

За даними регулярних спостережень прибережних вод Одеського регіону в річному ході показника трофності  $TRIX$ , в розрахунках якого використовувались супутникові значення хлорофілу-а, максимум з середнім місячним значенням 5,48 од. визначався у 2020 р. в грудні, а мінімум з середнім місячним значенням 3,87 од. – в червні, що наведено на рисунку 2.3.

Тобто трофність прибережних вод в річному циклі, згідно категорії показника  $TRIX$  відповідала переважно «високому» рівню, а якість вод класифікувалась в зоні рекреації як «середня» в районі мису Малий Фонтан та пляжу «Аркадія». В 2020 р. показник  $TRIX$  склав 5,0 од. і відносно минулого року (4,78 од.) був трохи вищим.

В річному ході показника трофності  $TRIX$ , в розрахунках якого використовувались значення хлорофілу-а з лабораторних вимірювань, максимум з середнім місячним значенням 5,46 од. визначався у 2020 р. в

лютому, а мінімум з середнім місячним значенням 3,90 од. – в червні (рис. 2.4).

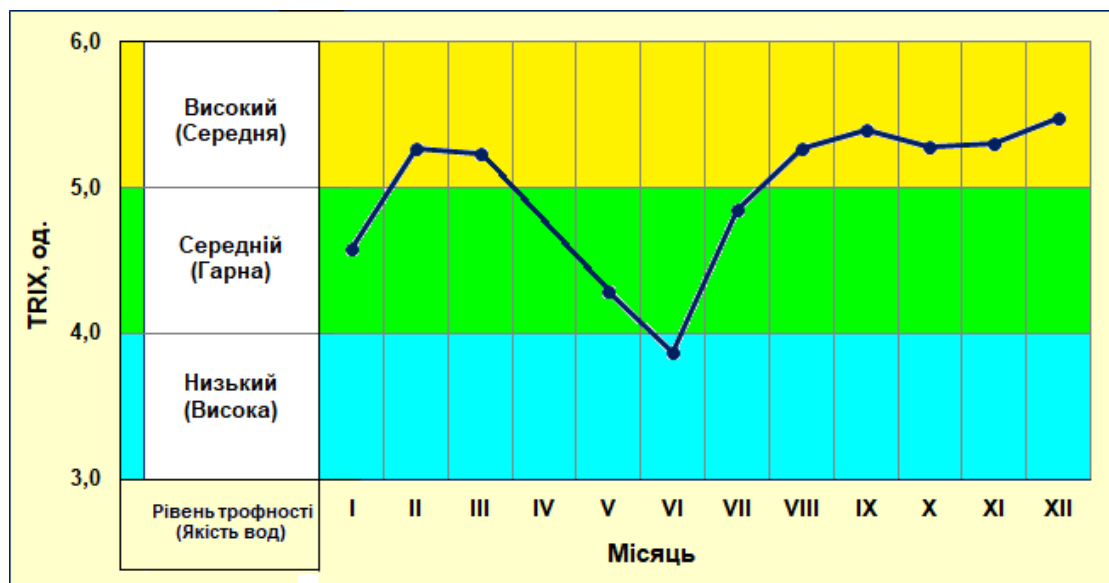


Рисунок 2.3 – Річний хід середніх місячних значень показника трофності TRIХ прибережних вод Одеського регіону у 2020 р. (супутникові дані з хлорофілу-а)

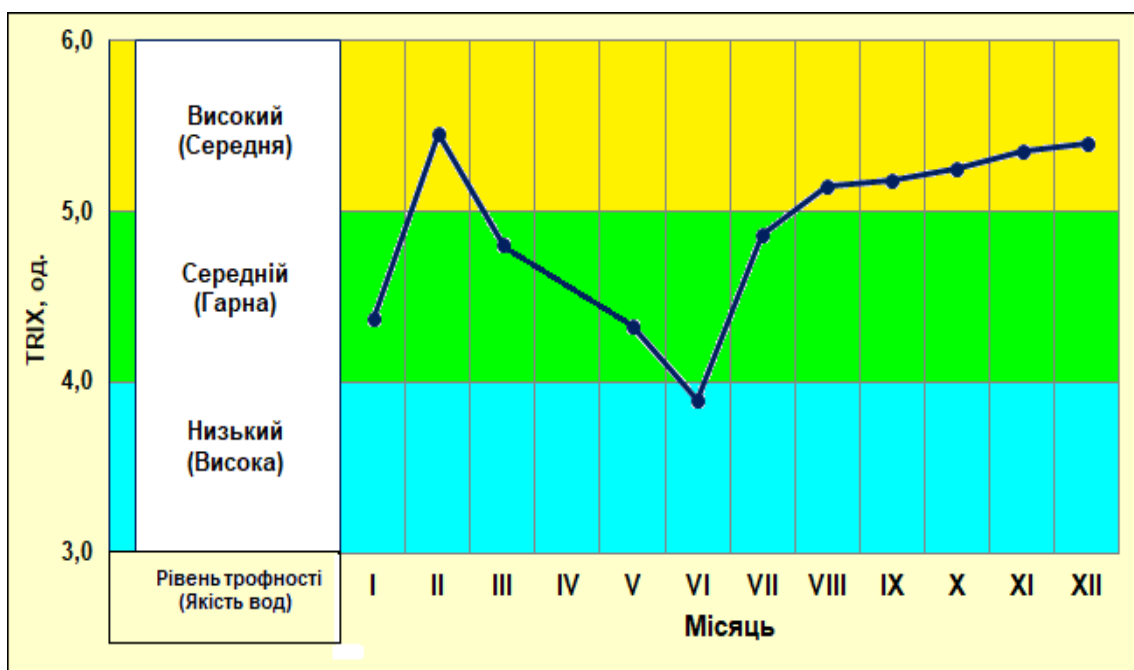


Рисунок 2.4 – Річний хід середніх місячних значень показника трофності TRIХ прибережних вод Одеського регіону у 2020 р. (зміряні дані з хлорофілу-а)

Річний хід показника трофності TRIХ, що розрахований за значеннями хлорофілу-а, отриманого як з супутникових спостережень, так і лабораторно вимірюваних, демонструє практично однакові результати.

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

На фоні значних міжрічних коливань в багаторічних змінах ступеню евтрофікації і якості прибережних вод на шельфі в Одеському регіоні за даними спостережень в рекреаційній зоні, віддаленій від промислових районів, визначається тренд до зниження трофності і підвищення якості вод за інтегральним показником *TRIX*. В період 2000-2020 рр. за чисельними значеннями показника *TRIX* тенденція до зниження трофності вод складала  $-0,046$  у рік. Якщо на початку сторіччя значення показника *TRIX* перевищували 6,0 од. і стан трофності вод відповідав «дуже високому» рівню то у останні сім років значення показника *TRIX* не перевищували 5,0 од. і стан вод відповідав «середньому» рівню трофності, відображено на рисунку 2.5.

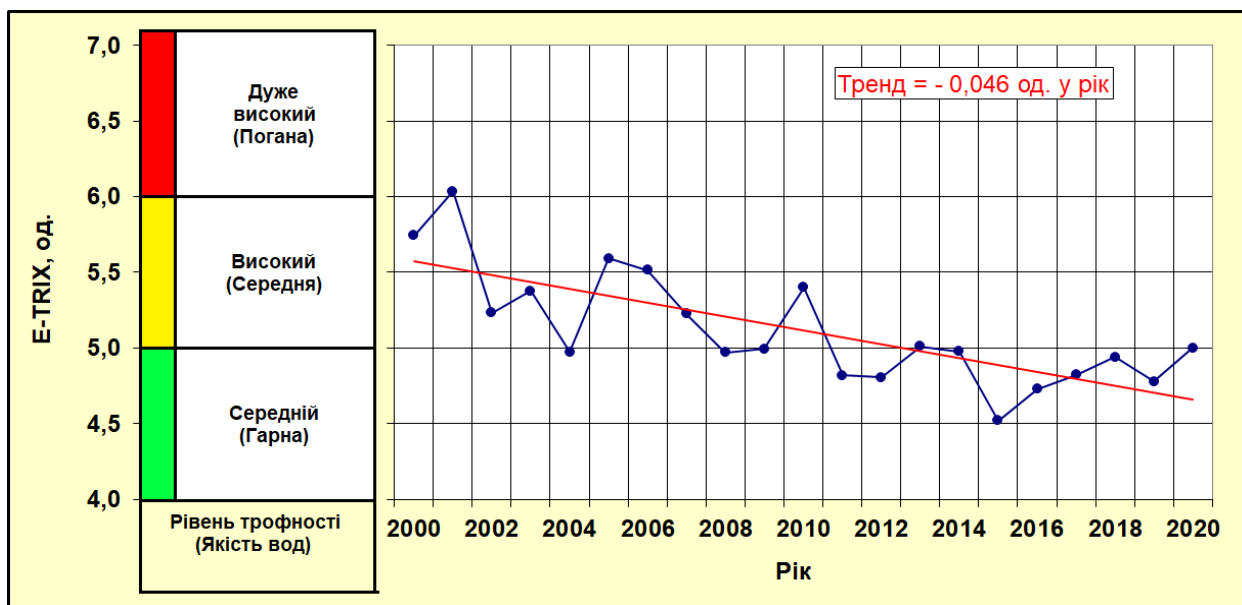


Рисунок 2.5 – Багаторічна мінливість трофності і якості прибережних вод Одеського регіону ПЗШ ЧМ за показником *TRIX*

Трофність вод Дунайського узмор'я в серпні 2020 р. за показником TRIX відповідала «дуже високому» рівню трофності, на відміну від аналогічного періоду в 2018 р. Просторовий розподіл значень показника TRIX вказує на зниження ступеню трофності вод на Дунайському узмор'ї при віддаленні від гирла, відображено на рисунку 2.6.

В середньому по району досліджень значення показника TRIX склали 6,7 од. в серпні 2020 р. і 5,8 од. в серпні 2018 р., що відповідає «дуже високому» і «високому» рівням, відповідно.

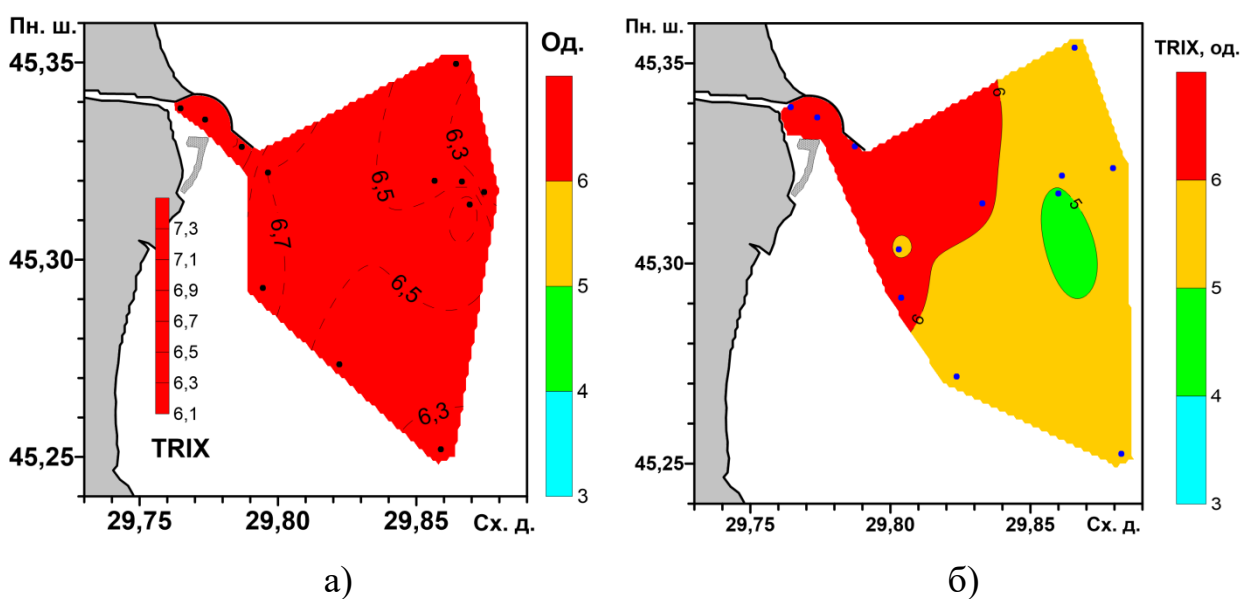


Рисунок 2.6 – Просторовий розподіл значень показника TRIX на Дунайському узмор'ї: а) серпень 2020 р.; б) серпень 2018 р.

За даними багаторічних спостережень 2009-2020 рр. середні значення індексу TRIX, в цей період змінювались в діапазоні від 5,0 од. до 7,3 од. Зниження трофності вод на дунайському узмор'ї в середньому по району досліджень з «дуже високого» до «високого» рівня було визначено тільки в листопаді 2016 р. та листопаді 2017 р., а в листопаді 2018 р. відзначалось зниження трофності вод з «високого» до майже «середнього» рівня, що відображено на рисунку 2.7. В середньому за період досліджень значення показника TRIX дорівнює 6,4 од., та відповідає «дуже високому» рівню трофності.

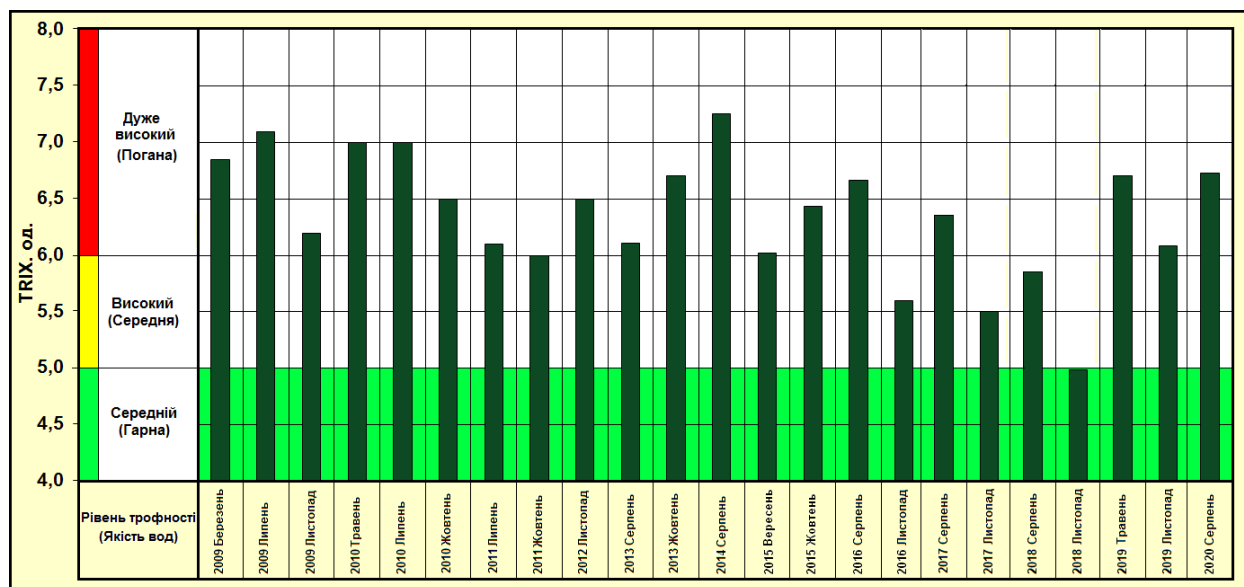


Рисунок 2.7 – Багаторічна мінливість ступеню трофності і якості вод Дунайського узмор'я за показником TRIХ

## 2.2 Оцінка екологічного стану та якості вод морського середовища Чорного моря за комплексною методикою BEAST в межах виключної морської економічної зони України

Оцінки стану якості морського середовища в літній період показали високу евтрофованість вод Дунайського узмор'я, де їх якість відповідала «дуже поганому» стану при середніх значеннях показника EQR 8,0 од. та 4,8 од. в Дунайському районі і в перехідному прибережному водному масиві TW5, відповідно (рисунок 2.8).

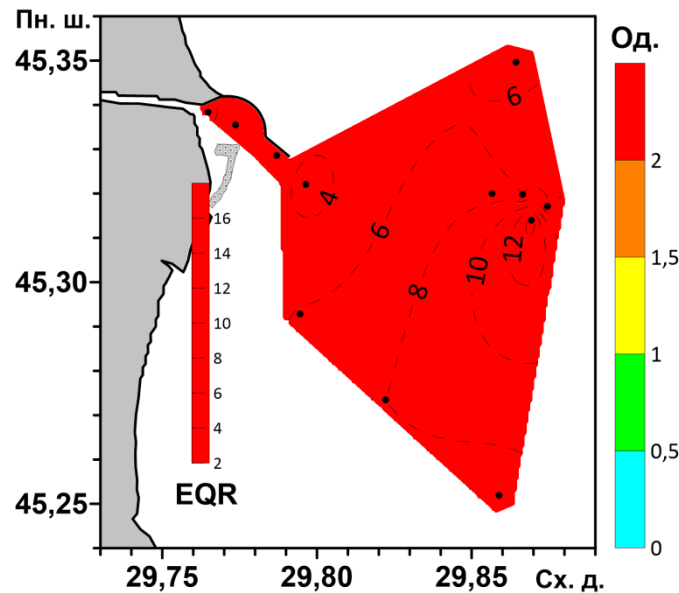


Рисунок 2.8 – Стан якості вод Дунайського узмор'я в серпні 2020 р., визначений за методикою BEAST

Прибережні води з низьким статусом охоплювали всю північну частину ПЗЧМ від Тендрівської коси до Затоки в осінній період, відмічається значний вплив стоку вод Дніпробузького та Дністровського лиманів. За даними спостережень в Одеському регіоні ПЗШ ЧМ в жовтні 2020 р. і оцінок виконаних на підставі методики BEAST можна відзначити, що «дуже поганому» стану показника якості вод EQR відповідали райони Коблево та порту «Південний» прибережного водного масиву CW7, райони пляжу «Лузанівка 1» масиву CW6 та Дачі Ковалевського масиву CW5 (рисунок 2.9). В районі Коблево спостерігався максимум зі значенням 32,1 од., тому на рисунку його не зображено. Середні значення показника якості вод EQR прибережних водних масивів CW5 і CW6 відповідали «поганому» стану якості вод та склали 1,8 од. і 1,9 од. відповідно, проте води пляжу санаторію Чкалов та мису Малий Фонтан (масивів CW5) відповідали «помірному» стану. В районі Затоки (прибережний водний масив CW4) значення показника якості вод EQR в цей же осінній період склало 3,2 од., де розраховане значення отримане без значення біомаси фітопланктону, на відміну від інших, вказаних вище, прибережних вод.

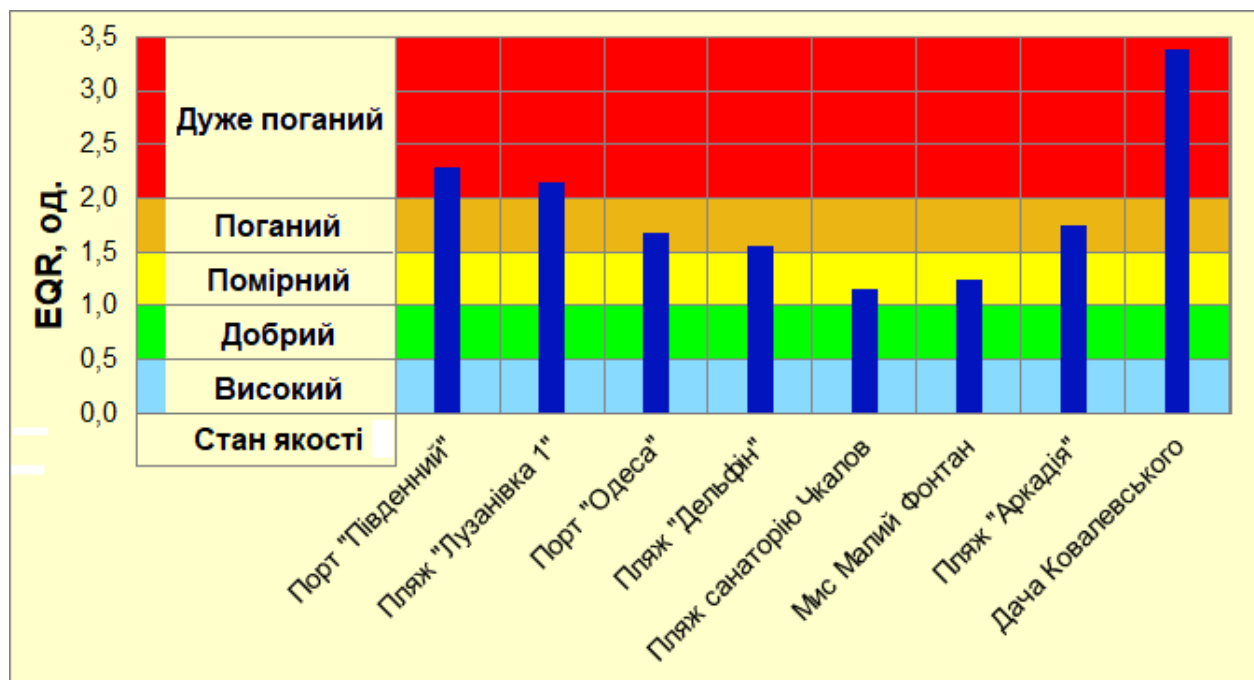


Рисунок 2.9 – Стан якості прибережних вод Одеського регіону в жовтні 2020 р. визначений за методикою BEAST

За даними регулярних спостережень прибережних вод Одеського регіону в річному ході показника якості вод EQR максимум з середнім місячним значенням 2,71 од. визначався у 2020 р. в лютому, а мінімум з середнім місячним значенням 0,93 од. в червні, так само як і для показника трофності *TRIX* в районі мису Малий Фонтан та пляжу «Аркадія», що зображено на рисунку 2.10.

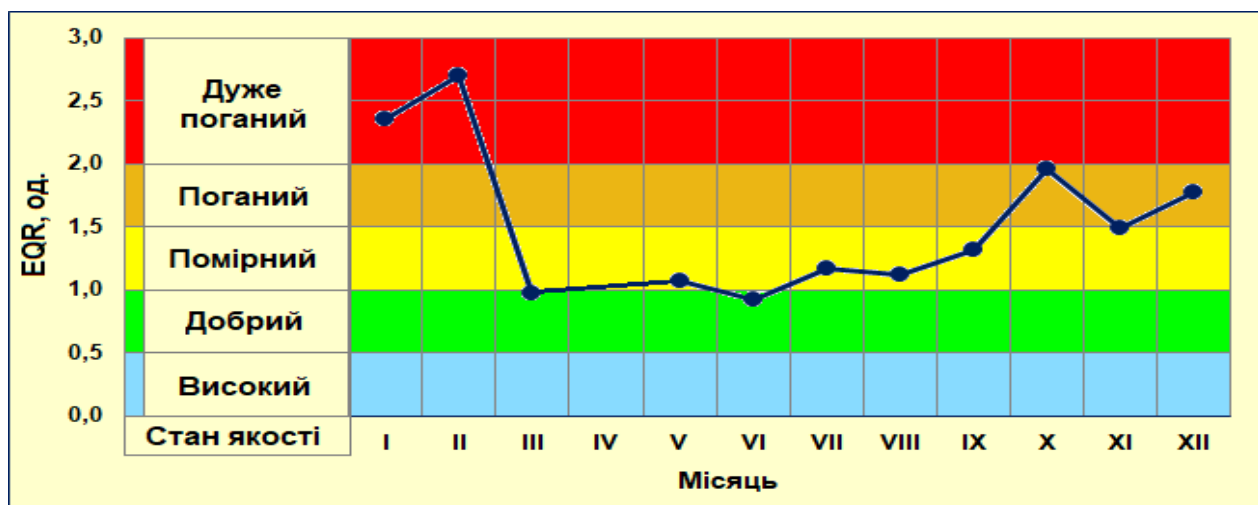


Рисунок 2.10 – Річний хід середніх місячних значень показника якості EQR прибережних вод Одеського регіону у 2020 р.



Якість прибережних вод в річному циклі, згідно категорії показника EQR, відповідала «поганому» стану при середньому значенні 1,53. «Доброму» та «помірному» станам відповідав весняно-літній період, а «поганому» та «дуже поганому» – зимовий та осінній періоди.

## ВИСНОВКИ

В сезонному плані, в 2020 р. за показником індексу TRIХ в осінній період в жовтні відмічалось значне підвищення трофності масиву прибережних вод CW5, в середньому до «високого» рівня (індекс 5,1 од.), відносно літнього сезону з трофністю вод «низького» рівня (індекс 3,9 од.).

Якість прибережних вод масиву CW5 в річному циклі, згідно категорії комплексного показника EQR методики BEAST, «доброму» та «помірному» станам в 2020 р. відповідав весняно-літній період, а «поганому» та «дуже поганому» – зимовий та осінній періоди.

В цілому в період 2000-2020 рр. за даними регулярних спостережень в водному масиві CW5 Одеського регіону ПЗЧМ визначається тенденція до зменшення трофності вод за даними показника індексу TRIХ.

З початку 2011 р. в прибережному районі CW5 Одеського регіону ПЗЧМ відмічається відносна стабілізація трофності вод за середніми річними показниками індексу TRIХ і відповідає «гарної» якості вод і «середньому» рівню трофності, при багаторічному значенні індексу 4,8 од.

Результати комплексної оцінки виконаної за методикою BEAST показали що стан прибережних водних масивів відповідав «помірному», «поганому» і «дуже поганому» рівню що вказує на невідповідність доброму екологічному стану прибережних вод ПЗШ ЧМ в 2020 р.

В водному масиві TW5 на Дунайському узмор'ї, як за показниками індексу TRIХ, так і за даними розрахунків BEAST відмічається «дуже високий» рівень трофності вод і невідповідність доброму екологічному стану.

В багаторічній мінливості трофності і якості водного масиву TW5 2009-2020 рр. індекс TRIХ змінювався в діапазоні 5,0-7,3 од., що відповідає «високому» і «дуже високому» рівню трофності вод, з відміченим мінімумом в листопаді 2018 р.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1     Український В.В. Екологічний стан північно-західного шельфу Чорного моря [Текст] / В.В. Український, С.П. Ковалишина, Г.В.Теренько, М.О. Грандова // Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Природне середовище Чорноморського регіону за останні 30 тисяч років: від минулого до прогнозування майбутнього», Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Одеса, Україна, 30 січня – 1 лютого 2013. – С. 109-117
- 2     Оцінка, діагноз та прогноз стану навколишнього природного середовища Чорного та Азовського морів, Оцінка сучасного стану евтрофікації вод ПЗШ Чорного моря: Звіт про НДР [Текст] / Керівник НДР В. Коморін // УкрНЦЕМ: Одеса, 2013 р. – № держреєстрації 0113U007200. – 107 с.
- 3     Воздействие изменения климата и связанных с ним атмосферных изменений на океан. (Технические тезисы первой глобальной комплексной оценки состояния морской среды) [Электронный ресурс] /Группа экспертов: Ренисон Рува, Алан Симкок и др. // ООН, Нью-Йорк, 2017 г. – 17 с. – Режим доступа: <https://www.un.org/regularprocess/sites/www.un.org.regularprocess/files/17-05753-r-impacts-of-climate-change.pdf> – Назва з екрану
- 4     Шуйский Ю.Д. Основные проблемы исследования природы береговой зоны морей Украины [Текст] / Ю.Д. Шуйский // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использования ресурсов шельфа. Сб. науч. трудов, вып. 27: Севастополь. 2013. – С. 341-352
- 5     Патин С.А. Антропогенное воздействие на морские экосистемы и биоресурсы: источники, последствия, проблемы [Электронный ресурс] / С.А. Патин // Труды ВНИРО. Т.154. – М., 2015. – С. 85-104. – Режим доступа: [http://www.vniro.ru/files/trydi\\_vniro/archive/154-9-new.pdf](http://www.vniro.ru/files/trydi_vniro/archive/154-9-new.pdf) – Назва з екрану

- 6 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
- 7 Commission Decision (EU) 2017/848 of 17 May 2017 laying down criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters and specifications and standardized methods for monitoring and assessment, and repealing Decision 2010/477/EU [Text] // Official Journal of the European Union 18.5.2017. – P. 43-74
- 8 Зайцев Ю.П. Черное море: состояние экосистемы и пути его улучшения [Text] / Ювеналий Петрович Зайцев // Молодёжный экологический центр им. В.И. Вернадского: – 2000. – 47 с.
- 9 Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР [Текст] / Под ред. А.И. Симонова, Э.Н. Альтмана // Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1991. – Т. IV, Вып. 1. – 430 с.
- 10 Україна. Закони. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [Електронний ресурс] / :закон України від 28.02.19 р. № 2697-VIII // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>. – 24.12.2020. – Назва з екрану
- 11 Vollenveider R. A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale turbidity and generalized water quality index / F. Giovanardi, G. Montanari, A. Rinaldi // *Enviromentrics*. – 1998. – № 9. – P. 329-357
- 12 Vollenveider R. A. Eutrophication of waters: monitoring assessment and control / R. A. Vollenveider, J. J. Kerekes. – Paris: OECD, 1982. – 154 p.
- 13 Тучковенко Ю. С. Оценка эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря / Ю. С. Тучковенко, О. Ю. Сапко // *Вісник Одеського державного екологічного університету*. – 2006. – Вип. 2. – С. 224-227
- 14 Moncheva S. Eutrophication index ((E) TRIX) – an operational tool for the Black Sea costal water ecological quality assessment and monitoring / S. Moncheva, V. Doncheva // *The Black Sea ecological problems : collected papers*. – Odessa,

2000. – P. 178-185

15 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

16 Andersen J. H. Getting the measure of eutrophication in the Baltic sea: towards improved assessment principles and methods / J. H. Andersen, P. Axe, H. Backer, J. Carstensen and other // Biogeochemistry. – 2011. – № 106. – P. 137-156

17 HELCOM (2015), Final report of the project, Making HELCOM Eutrophication Assessments Operational (HELCOM EUTRO-OPER) / HELCOM, Baltic Marine Environment Protection Commission Katajanokanlaituri 6 B FI-00160 Helsinki, Finland [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.helcom.fi/Documents/EUTRO-OPER%20project%20report.pdf> – 10.10.2018. – Назва з екрану