

УДК 504.45.058; 504.4.054; 504.064
КПКВК: 2701040
НТІ: 87.19.03
№ держреєстрації 0122U201787
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
НДУ «Український науковий центр екології моря» (УкрНЦЕМ)
65009, м.Одеса, вул. Французький бульвар, 89; тел. (094) 9468721
e-mail: accem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

Виконуючий обов'язки директора
УкрНЦЕМ, заступник директора з науки,
канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.
Віктор КОМОРИН

« 20 » _____ 2025 року

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Оцінка та діагноз стану морського середовища України в межах виключної морської економічної зони та уточнення критеріїв оцінки доброго екологічного стану морських регіонів у 2022 – 2024 рр.

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ ТОКСИЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ ЗА ДЕСКРИПТОРАМИ РДМС, НАДАННЯ УТОЧНЕНИХ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ДЕС ТА ВИЗНАЧЕННЯ СТАТУСУ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОРСЬКИХ ВОДНИХ МАСИВІВ ВІДПОВІДНОСТІ ДЕС З ВИЗНАЧЕННЯМ ЇХ ТЕНДЕНЦІЇ
ТОМ 3

Науковий керівник НДР:
Виконуючий обов'язки директора УкрНЦЕМ,
заступник директора з науки,
канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.



В.М. Коморін

2024

Рукопис закінчено 26 грудня 2024 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол від 27 грудня 2024 р. № 9

СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальний виконавець,
завідувач лабораторії хіміко-
аналітичних досліджень (ВАД та
ОМ)


"26" 12 2024

Ю.В. Олейнік
(вступ, розділ
2,3,4)

Начальник відділу управління
екологічними даними (Морського
інформаційно-аналітичного
центру)


"26" 12 2024

О.В. М'яснікова
(розділ 1)

Технічні виконавці: Горяев В.П., Пісаренко В.В., Білозер В.О., Золотарев Г.Г.,
Колосов В.А., Остапов О.О., Вострікова І.В., Домбращов О.Є.

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 41 с., 11 рис., 19 табл.

ЧОРНЕ МОРЕ, ВИКЛЮЧНА ЕКОНОМІЧНА ЗОНА УКРАЇНИ,
ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ЗАБРУДНЕНІСТЬ МОРЕПРОДУКТІВ,
ПОКАЗНИКИ ДОБРОГО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ.

Об'єкт дослідження – морські води і екосистема Чорного моря.

Мета НДР – оцінка екологічного стану морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України відповідно до імплементації Директив ЄС (2008/56/ЄС) і (2008/105/ЄС) згідно з Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом.

Методи дослідження – в НДР використовувалися традиційні методи аналітичного аналізу, узагальнення даних та статистичного аналізу, на підставі екологічних спостережень виконаних Українським науковим центром екології моря в 2022 – 2024 роках.

Результати дослідження – На підставі аналізу даних досліджень вод Чорного моря була дана оцінка екологічного стану відповідно дескриптору D8, D9 за переліком речовин взятих з Директиви ЄС 2013/39/ЄС, доповненої пріоритетними речовинами з Додатку XII.1.2 - Перелік пріоритетних хімічних забруднювачів ЗАКЛЮЧНИЙ НАУКОВИЙ ЗВІТ EMBLAS 4 ЛИСТОПАДА 2020 РОКУ, для біологічних об'єктів - з РЕГЛАМЕНТУ КОМІСІЇ (ЄС) № 1881/2006 рік. Гранично допустимі концентрації взяті із вищевказаних документів та доповнені з бази даних NORMAN (NORMAN Ecotoxicology Database (norman-network.com)). У разі відсутності в директиві стандарту якості необхідної речовини, чи сполуки екологічний стан оцінювався за гранично допустимими концентраціями відповідно українського законодавства (ГДК), екологічних нормативів (ЕН).

Проведено порівняння екологічного стану в 2022 – 2024 роках.

В 2022 році за коефіцієнтом забруднення, органічні забруднюючі речовини сільськогосподарського походження та органічні забруднювачі промислового походження в районі СW 5 відповідали «поганому» екологічному стану. Найбільше на екологічний стан водного масиву впливали концентрації гептахлору та індивідуальних ПХБ 101, 118, 153.

В 2023 році на екологічний стан значно вплинули військові дії та руйнація греблі Каховської ГЕС. Серед усіх подій від збройної агресії РФ саме підриг Каховської гідроелектростанції 6 червня 2023 року мав критичні наслідки для морських екосистем північно-західної частини Чорного моря, зокрема спричинив зниження солоності води та перебудову складу фітопланктону та зоопланктону за рахунок збільшення прісноводних видів. Значні рівні забруднення були ідентифіковані в пробах морської води та біологічних об'єктах (риба, молюски, дельфіни) у Одеському регіоні. Восени 2023 року спостерігалось стабілізування екосистеми Одеської затоки, стан якої змінився до середніх багаторічних показників. Аналіз впливу антропогенних факторів на водні екосистеми за моделлю AQUATOX. Було виявлено, що точки критичного ризику у довоєнні роки переважно співпадали із весняними та осінніми періодами 2011, 2012, 2013, 2017, 2018, 2020, 2021 років, в той самий час як для 2023 року точки критичного ризику зберігались майже впродовж всього року. Аналіз динаміки екосистемного ризику показав, що після зовнішнього впливу екосистема прагне повернутися до своїх початкових значень, пристосовуючи свою біотичну структуру та інтенсивність зміни біомаси для збереження оптимального балансу у нових умовах.

В 2024 році продовжується процес самостабілізації екосистеми, але покращення якості екосистеми довкілля Чорного моря і його ДЕС не досягнуто. Потрібно зменшення навантаження на морське середовище токсичними і біогенними речовинами.

ЗМІСТ

С

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	8
1 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ.....	10
1.1 Методи та обладнання наукових досліджень.....	10
1.2 Інструментальний аналіз і кількісна оцінка	12
1.3 Методи проведення оцінки екологічного стану.....	13
2 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МОРСЬКОЇ ВОДИ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН.....	16
2.1 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом токсичних металів	19
2.2 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом органічних забруднювачів сільськогосподарського походження	22
2.3 Екологічна оцінка стану морської води досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом органічних забруднювачів промислового походження	25
2.4 Оцінка вмісту нафтових вуглеводнів в морській воді в досліджуваних водних тілах Чорного моря	28
2.5 Наслідки підриву греблі Каховської ГЕС, дослідження води на вміст забруднюючих речовин.	30
3. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ПО РАЙОНАМ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН	33
4 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН.....	35
ВИСНОВКИ.....	37
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	39

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК І ТЕРМІНІВ

- ГДК – гранично допустимі концентрації;
- ДДД – діхлордіфенілдіхлоретан;
- ДДЕ – діхлордіфенілдіхлоретілен;
- ДДТ – п,п-діхлордіфенілтрихлоретан;
- ДЕС – добрий екологічний стан;
- ЕН – екологічний норматив;
- ЄС – Європейський союз;
- Кз – коефіцієнт забруднення;
- МВВ – методика виконання вимірювань;
- НВ – нафтові вуглеводні;
- ООН – Організація Об'єднаних Націй;
- ОЗСП – органічні забруднюючі речовини сільськогосподарського походження;
- ОЗПП – органічні забруднюючі речовини промислового походження;
- ПАВ – поліциклічні ароматичні вуглеводні;
- ПХБ – полі хлоровані біфеніли;
- ПЗЧМ – північно західна частина моря;
- РДМС – Рамкова Директива з Морської Стратегії;
- США – Сполучені штати Америки
- ТМ – токсичні метали;
- УкрНЦЕМ – Український науковий центр екології моря;
- ХОП – хлорорганічні пестициди;
- Al – алюміній;
- Ar-1254 – стандартна суміш індивідуальних ПХБ з ПХБ-16 по ПХБ-65;
- Ar-1260 – стандартна суміш індивідуальних ПХБ з ПХБ-28 по ПХБ-73;
- As – миш'як;
- BaA/228 – геохімічний маркер: співвідношення концентрації

бензо(а)антрацену до суми концентрацій сполуки з молекулярною масою 228;

Cd – кадмій;

Co – кобальт;

Cr – хром;

Cu – мідь;

MAC-EQS – гранично допустимій концентрації екологічного стандарту якості відповідно директиві ЄС 2013/39/EU (maximum allowable concentration – ecological quality standard);

Fe – залізо;

Hg – ртуть;

WFD – Водно рамкова директива 2000/60/ЄС (Water Framework Directive)

Mn – марганець;

Ni – нікель;

Pb – свинець;

Zn – цинк;

α -HCH – α гексахлорциклогексан;

β -HCH – β гексахлорциклогексан;

Σ ДДТ – сума п,п-діхлордіфенілтрихлоретану та його метаболітів;

Σ Циклодієнових – сума алдріну, ділдріну та ендріну;

Σ HCH – сума ліндану та його ізомерів;

Σ ПАВ – сума концентрацій поліароматичних вуглеводнів;

B(a)P_{eq} – бензо(а)піреновий еквівалент.

ВСТУП

Якість морського середовища 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.

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, антропогенний (техногенний) вплив на морське середовище являє собою «сукупний 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 підрозділяють на ряд чинників, із яких одним із головних є забруднення токсичними речовинами.

Визначення доброго екологічного стану (ДЕС) здійснюється на основі даних спостережень екологічного моніторингу морського середовища на підставі Водної рамкової Директиви ЄС 2000/60/ ЄС і стандартів якості 2008/105 /ЄС та за комплексом з 11 дескрипторів (індикаторів) відповідно до рамкової Директиви морської стратегії 2008/56/ЄС та рішення Європейської комісії 2017/848/ЄС про встановлення критеріїв та методологічних стандартів щодо доброго екологічного стану морських вод і специфікації та стандартизації методів моніторингу та оцінки. Оцінка забруднення токсичними речовинами за гранично допустимими концентраціями здійснюється відповідно директиві ЄС 2013/39/EU (MAC-EQS) та схваленої

Кабінетом Міністрів України «Морської природоохоронної стратегії України» розпорядженням № 1240-р. від 11 жовтня 2021 р. Основною метою досліджень є оцінка та діагноз стану довкілля Чорного моря в межах територіальних вод і виключної морської економічної зони України, визначення стану забруднення середовища морських водних масивів, донних відкладень та морепродуктів, оцінка їх відповідності критеріям ДЕС (Доброму екологічному стану) та порівняння екологічного стану з базовою оцінкою за дескрипторами D8, D9 Рамкової Директиви з Морської Стратегії (РДМС) на підставі даних державного моніторингу морських вод.

1 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ

1.1 Методи та обладнання наукових досліджень

Під час науково дослідних робіт з дослідження ПЗЧМ для оцінки екологічного стану за дескрипторами D8 та D9 проводились вимірювання:

- Сума нафтових вуглеводнів (НВ) досліджувались відповідно до «Руководства по химическому анализу морских вод РД 52.10.243-92». [1] Використовували гравіметричний метод;
- Метали в пробах води аналізували методом атомно-абсорбційної спектрометрії в електротермічній печі (AAS-ET Analytik Jena AG ZEENIT 650P). Відповідно методикам МБВ № 13/09-09 Морські води. Методика виконання вимірювань масової концентрації кадмію, кобальту, нікелю, міді, миш'яку, свинцю та цинку методом атомно-абсорбційної полум'яної та неполум'яної спектрофотометрії [2], МБВ № 12/09-09 Морські води. Методика виконання вимірювань масової концентрації залізу, марганцю та хрому методом неполум'яної атомно-абсорбційної спектрофотометрії [3] та МБВ № 11/09-09 Морські води. Методика виконання вимірювань масової концентрації ртуті методом неполум'яної атомно-абсорбційної спектрофотометрії (методом хлорного пару) [4];
- Метали в пробах донних відкладень аналізували взявши 0,22 г зразку осаду, його обробляли сумішшю ультра чистих кислот HNO_3 , HCl , після чого додавали фтористий водень. Метали аналізували методом атомно-абсорбційної спектрометрії в електротермічній печі (AAS-ET Analytic Jena AG ZEENIT 650P). Відповідно до МБВ № 18/09-09 Донні відкладення. Методика виконання вимірювань масової частки алюмінію, кадмію, кобальту, марганцю, міді, миш'яку, нікелю, свинцю, хрому, заліза та цинку методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії [5];

- Органічні забруднюючі речовини в пробах води аналізували додавши до проби води перед екстрагуванням внутрішні стандарти ПХБ29 та фенантрен-d10. Екстракцію проводили гексаном за допомогою високошвидкісної мішалки; органічну фазу відокремлювали від води в ділительній воронці. Після екстрагування проводили концентрування в Турбо випарнику під струмом азоту. Стійкі органічні забруднювачі аналізували за допомогою газової хроматографії. GC-ECD (Agilent 7890B) використовували для ХОП і ПХБ, а GC-MS (Agilent 7890A with MS 5975C) використовували для ПАВ. Відповідно до ММВ № 10/09-09 Морські води. Методика виконання вимірювань масової концентрації хлорорганічних пестицидів (ХОП) і поліхлорованих біфенілів (ПХБ) методом капілярної газорідинної хроматографії [6] та EPA METHOD 8270C SEMIVOLATILE ORGANIC COMPOUNDS BY GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY (GC/MS) [7];

- Для аналізу органічних забруднень в донних відкладеннях брали 3,0 г зразка донного осаду екстрагували на установці прискореної екстракції під тиском (PLE) сумішшю гексан/діхлорметан/метанол (60%/20%/20%). Внутрішні стандарти РСВ29 та фенантрен-d10 додавали до проби донного осаду перед екстрагуванням. Після екстракції проводили очищення на колонці з силікагелем і концентрування в Турбо випарнику в струмі азоту. Стійкі органічні забруднювачі аналізували за допомогою газової хроматографії. GC-ECD (Agilent 7890B) використовували для ХОП і ПХБ, а GC-MS (Agilent 7890A with MS 5975C) використовували для ПАВ. Відповідно до ММВ № 19/09-09 Донні відкладення. Методика виконання вимірювань масової концентрації хлорорганічних пестицидів (ХОП) і поліхлорованих біфенілів (ПХБ) методом газорідинної хроматографії [8] та EPA METHOD 8275A SEMIVOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (PAHs AND PCBs) IN SOILS/SLUDGES AND SOLID WASTES USING THERMAL EXTRACTION/GAS CHROMATOGRAPHY / MASS SPECTROMETRY (TE/GC/MS) [9].

1.2 Інструментальний аналіз і кількісна оцінка

Перед кожною серією вимірювання, по всім дослідженням які потребують калібрування, проводилось калібрування приладів та обладнання з будівництвом графіків калібрування. Для біогенних речовин використовувались стандартні розчини виробництва Sigma-Aldrich США.

Калібрування концентрації металів проводили з робочими стандартами для кожного елемента, починаючи з вихідних розчинів 1000 мкг/дм³ (виробництва Sigma-Aldrich США). Для кожного зразка було виміряно не менше 3-х інструментальних показань з середнім значенням. Концентрації розчинив такі: вода Cd 0-1 мкг/дм³; інші метали 0-40 мкг/дм³; донні відкладення Cd 0-2 мкг/дм³; інші метали 0-80 мкг/дм³.

Концентрацію поліхлорованих біфенілів (ПХБ) і хлорорганічних пестицидів (ХОП) визначали на газовому хроматографі 7890B (Agilent, США) з детектором захоплення електронів (15 мілікюри нікелю 63 G2397A ECD), оснащеним інжектором з діленням потоку та капілярною колонкою HP-5 (HP-5 30м 0,32 мм 0,25 мкм). Газ-носії – гелій зі швидкістю потоку 2 мл/хв, газ продувки детектору – азот зі швидкістю потоку 30 мл/хв, температура інжектора 250 °C, об'єм зразка – 1 мкл; початкова температура в печі 70 °C витримка 1 хвилина, підйом температури до 150 °C зі швидкістю 10 °C на хвилину, витримка 0 хв, підйом температури до 240 °C зі швидкістю 4 °C на хвилину, витримка 10 хв. Використовувались для калібрування аналітичні стандарти α -HCH, β -HCH, γ -HCH (Sigma-Aldrich, США), PCB total* AR-1254, PCB total* Ar-1260 (Supelco, США), PCB-8, PCB-18, PCB -28, PCB-31, PCB-52, PCB-49, PCB-44, PCB-66, PCB-110, PCB-149, PCB-118, PCB-153, PCB-138, PCB-183, PCB-174 Для калібрування використовували PCB-177, PCB-180, PCB-170, PCB-199, PCB-194 (Dr. Ehrenstorfer, Німеччина), PCB-101 (ULTRA Scientific, США). Для аналізу даних було використано програмне забезпечення Chem Station (Agilent, США).

Концентрацію ПАВ визначали методом газової хроматографії з мас-спектрометрією на газовому хроматографі 7890A (Agilent, США) з детектором мас 5975C, оснащеним ін'єкцією PTV та капілярною колонкою DB-5MS (30 м 0,25 мм 0,25 мкм). Газом - носієм був гелій зі швидкістю потоку 1,2 мл/хв. Початкова температура інжектора 50 °C, вентиляція розчинника протягом 1 хвилини, об'єм зразка 15 мкл, кінцева температура інжектора 300 °C, швидкість підвищення температури 600 °C на хвилину; температура початку спалювання 60 °C, час витримки 7 хвилин, підвищення температури до 200 °C зі швидкістю 10 °C/хв, витримка 1 хвилину, підвищення температури до 310 °C зі швидкістю 7 °C/хв, витримка 5 хв. Мас-детектор в режимі SIM (пошук цільової маси), температура MS Source 230 °C, MS Quad 150 °C. Аналітичні стандарти нафталіну, антрацену, флуорантену, бензо(k)флуорантену, бензо(a)пірену, бензо(g,h,i)перилену, бензо(b)флуорантен, фенантрен, бензо(a)антрацен, хризен, флуорен, аценафтен, пірен (Supelco, США), індено(1,2,3cd)пірен та дибензо(a,h)антрацен (ULTRA Scientific, США) були використані для калібрування. Для аналізу даних було використано програмне забезпечення Chem Station (Agilent, США) та AMDIS.

1.3 Методи проведення оцінки екологічного стану

Для оцінки використовувався коефіцієнт забруднення (Кз).

Кз відображає концентрацію всіх забруднюючих речовин в окремий проміжок часу в заданому районі. Цей коефіцієнт розраховується як сума відносин концентрації кожної забруднюючої сполуки до її гранично допустимої концентрації віднесена до кількості вимірювань проведених в заданий проміжок часу.

Гранично допустимі концентрації (MAC-EQS) речовин взяті з Директиви ЄС 2013/39/ЄС, доповненої пріоритетними речовинами з Додатку

ХІІ.1.2 - Перелік пріоритетних хімічних забруднювачів ЗАКЛЮЧНИЙ НАУКОВИЙ ЗВІТ EMBLAS 4 ЛИСТОПАДА 2020 РОКУ, для біологічних об'єктів - з РЕГЛАМЕНТУ КОМІСІЇ (ЄС) № 1881/ 2006 рік. і доповнені з бази даних NORMAN (NORMAN Ecotoxicology Database (norman-network.com)). У разі відсутності в директивах необхідної речовини, екологічний стан оцінювався за гранично допустимими концентраціями відповідно українського законодавства (ГДК), екологічних нормативів (ЕН) [10].

Точність відображення стану району за допомогою коефіцієнта Кз залежить від кількості станцій моніторингу в досліджуваному районі та кількості спостережень за певний проміжок часу.

$$CR = \frac{C_{\text{забр}}}{C_{\text{ГДК}}}$$

$$K_z = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n CR_i$$

Де:

CR – середнє відношення концентрації кожної забруднюючої речовини до її гранично допустимої концентрації;

$C_{\text{забр}}$ – середня концентрація забруднюючої речовини за проміжок часу;

$C_{\text{ГДК}}$ – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини;

n – кількість забруднюючих речовин які взяті для оцінки кожної групи забруднювачів.

Екологічний стан району (водного масиву), визначається за наступним алгоритмом:

1. Визначається середня концентрація кожної вимірюваної забруднюючої речовини в районі, що оцінюється, за певний проміжок часу.

2. Розраховуються відносини середньої концентрації кожної вимірюваної забруднюючої речовини до її гранично допустимої концентрації відповідно до Українського чи Європейського законодавства. Якщо граничні

концентрації для забруднюючої речовини відрізняються, в цих законодавствах, береться значення нижче за показником.

3. Забруднюючі речовини розділяють на три групи для яких визначають Кз:

- група токсичних металів (ТМ);
- група забруднюючих речовин сільськогосподарського походження (ЗРСП);
- група забруднюючих речовин промислового походження (ЗРПП).

4. Процедури описані в пунктах 1, 2, 3 проводять для води, донних відкладень та біологічного матеріалу відібраних в оцінюваному районі за певний проміжок часу. Екологічний стан визначається по найгіршій оцінці будь якої з трьох груп забруднюючих речовин в воді або донних відкладеннях. Оцінка біологічних об'єктів проводиться за таким же принципом окремо для кожного виду і вказує на екологічний стан району за період часу розвитку цього біологічного об'єкта (вік біологічного об'єкта), якщо цей вид осілий.

2 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МОРСЬКОЇ ВОДИ ЗА ВМІСТОМ
ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

Стан морської води оцінювався за такими забруднюючими речовинами як: токсичні метали (ТМ), хлорорганічні пестициди (ХОП), поліхлоровані біфеніли (ПХБ) та поліароматичні вуглеводні (ПАВ). Виконувались оцінки за 2022 – 2024 роки.

Оскільки проведенню моніторингових досліджень в Чорному морі суттєво перешкоджало проведення бойових дій викликаних агресією російської федерації, дослідження проводились в районі CW5 з дотриманням заходів безпеки.

Шкала оцінки екологічного стану морської води в прибережних водних масивах за коефіцієнтом забруднення Кз відповідно «Морської природоохоронної стратегії України» розділяється на п'ять класів (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Стан якості прибережних водних масивів за вмістом забруднюючих речовин

Стан якості водних масивів	Показник Кз	Стан якості у колірному позначенні
	Забруднюючі речовини в морській воді	
Відмінний	$\leq 0,5$	
Добрий	$>0,5$ та $\leq 1,0$	
Задовільний	$>1,0$ та $\leq 2,5$	
Посередній	$>2,5$ та $\leq 5,0$	
Поганий	$>5,0$	

Водні масиви Чорного моря оцінюються по районах розподілу відкритої частини моря на західну та центральну частини, північно-західні райони Криму, райони шельфу та прибережні райони «Перехідних вод» та «Прибережних вод» визначених в [11] відповідно до Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС (WFD) [12] (рис 2.1).

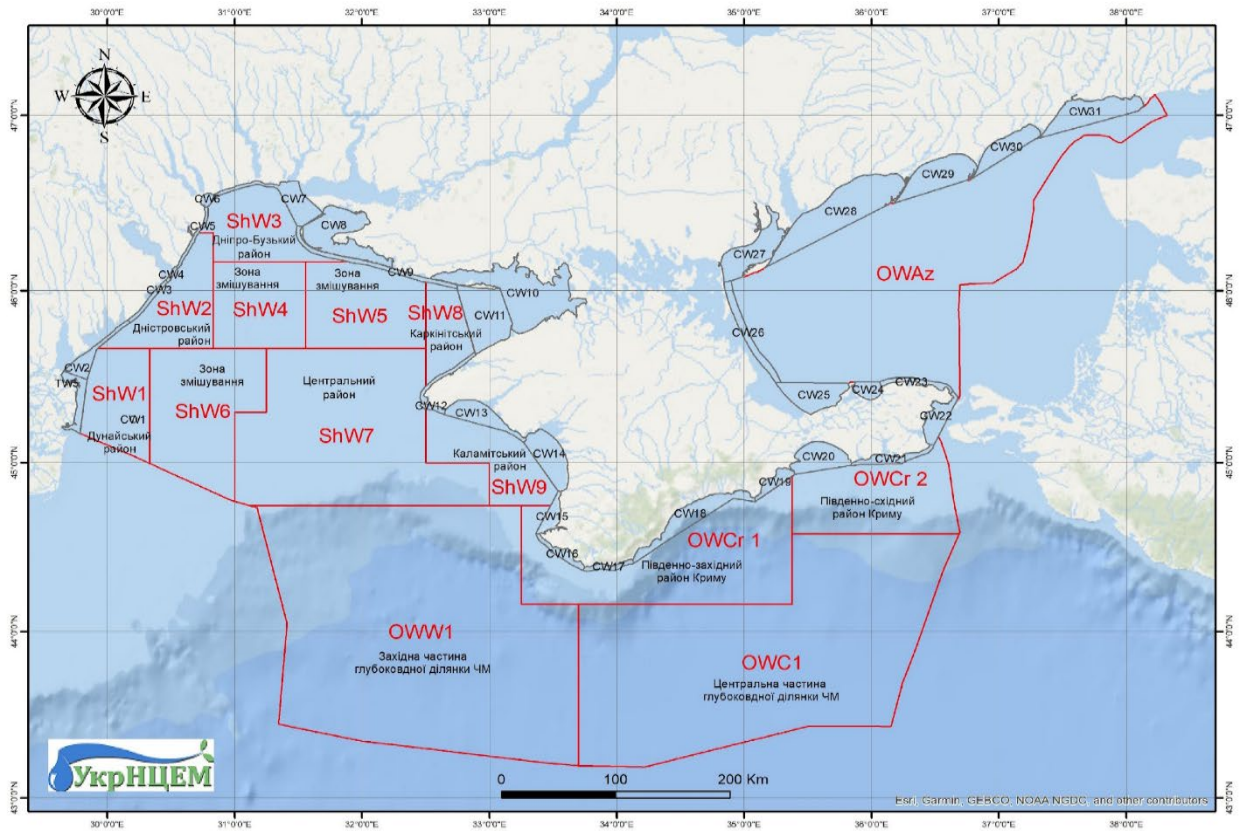


Рисунок 2.1 – Райони водних масивів Чорного та Азовського морів України

Шкала екологічної оцінки шельфових водних масивів та водних масивів відкритого моря за показником Кз підрозділяється на два класи, що відповідають доброму екологічному стану (ДЕС) та не відповідають ДЕС (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Стан якості шельфових водних масивів та водних масивів відкритого моря за вмістом забруднюючих речовин

Стан якості водних масивів	Показник Кз	Стан якості у колірному позначенні
	Забруднюючі речовини в морській воді	
Добрий стан, ДЕС	$\leq 1,0$	
Недобрий стан, не ДЕС	$> 1,0$	

В 2022 – 2024 роках екологічний моніторинг забруднюючих речовин проводився в водних тілах CW2 та CW5 за координатами наведеними в таблиці 2.3 та рисунку 2.2. Після підриву греблі Каховської гідроелектростанції в 2023 році, за допомоги волонтерської організації

«Всеукраїнського молодіжного руху "Let's do it Ukraine"», були додатково проведені дослідження води та донних відкладень з метою оцінки наслідків катастрофи.

Таблиця 2.3 – Станції відбору проб для аналізу забруднюючих речовин в 2022 – 2024 роках.

№ п/п	Об'єкт моніторингу	Опис станції відбору проб	Номер станції	Координати Довготи, °	Координати Широти, °
Моніторингові станції					
1.	Чорне море (CW5)	Чорноморський яхт клуб	Yk_1	30,765347	46,45979
2.	Чорне море (CW5)	ММФ	mF_1	30,7725	46,438433
Додаткові станції дослідження					
1.	Дніпро	Снігурівка	11	32,823702	47,075276
2.	Дніпро	Афанасівка	12	32,8173017	47,0188465
3.	Дніпро	Херсон	4	32,6335479	46,6349704
4.	Дніпро	Білозірка	5	32,4526822	46,6327228
5.	Дніпро	Софіївка	6	32,2622886	46,5899276
6.	південний Буг	с. Рад сад	8	31,993389	46,906459
7.	Дніпро-Бугський лиман	с. Дмитрівка	7	31,720542	46,631319
8.	Чорне море (CW2)	Приморське	S_1	29,641639	45,5169067
9.	Чорне море (CW5)	В. Фонтан проба 1	bF_1	30,762411	46,398182
10.	Чорне море (CW5)	В. Фонтан проба 2	bF_2	30,757903	46,395057

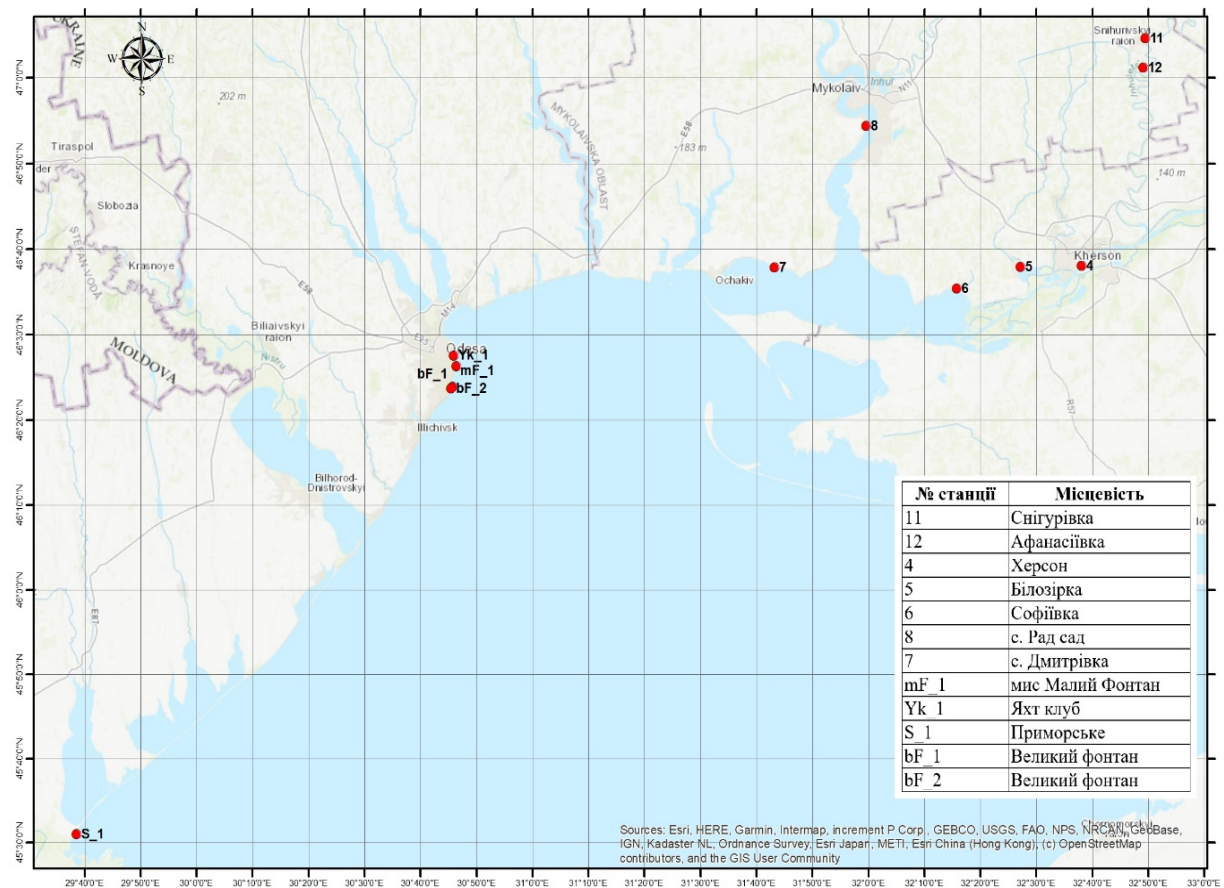


Рис. 2.2 -Розташування станцій моніторингу

2.1 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом токсичних металів

В таблиці 2.4 наведені середні концентрації ТМ в досліджених водних тілах Чорного моря у 2024 році.

Таблиця 2.4 – Середні концентрації токсичних металів в Чорному морі у 2024 році.

Район	Cd	Hg	Pb	Ni	Cr	As	Co	Cu	Zn
	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л	мкг/л
CW5	0,07	0,010	0,68	0,24	0,24	0,07	0,12	1,79	3,94

Як видно із таблиці 2.4 в поверхневому шарі морської води в більших концентраціях присутні такі метали як мідь та цинк. Для ПЗЧМ в межах територіальних вод України високі концентрації цих металів є типовими, та впливають на загальну оцінку екологічного стану морської води.

За даними виконаного аналізу вмісту ТМ в морській воді у 2024 році, статус прибережного водного масиву CW5 відповідає дуже поганому екологічному стану. В таблиці 2.5 та на рисунку 2.3 представлені значення Кз для ртуті (Hg), кадмію (Cd), свинцю (Pb), нікелю (Ni), хрому (Cr), миш'яку (As), кобальту (Co), міді (Cu), цинку (Zn) та значення Кз в цілому для ТМ в поверхневому шарі води. Оцінка екологічного стану проводилась згідно директиві ЄС 2013/39/EU (MAC-EQS) доповненої з бази даних NORMAN (NORMAN Ecotoxicology Database (norman-network.com)).

Таблиця 2.5 – Екологічний стан прибережного водного масиву за показником Кз ТМ поверхневого шару морської води у 2024 році.

Водний масив	Кз ТМ	Кз Cd	Кз Hg	Кз Pb	Кз Ni	Кз Cr	Кз As	Кз Co	Кз Cu	Кз Zn
CW5	10,49	0,045	0,147	0,049	0,007	0,010	0,117	0,433	89,68	3,94

Наведені сумарні характеристики екологічного стану водних масивів за показником Кз ТМ вказують що екологічний стан не відповідає ДЕС (оцінюється як дуже поганий).

За показниками групи ТМ найбільший вклад в досліджених районах водних масивів припадає на концентрацію міді (рис. 2.4).

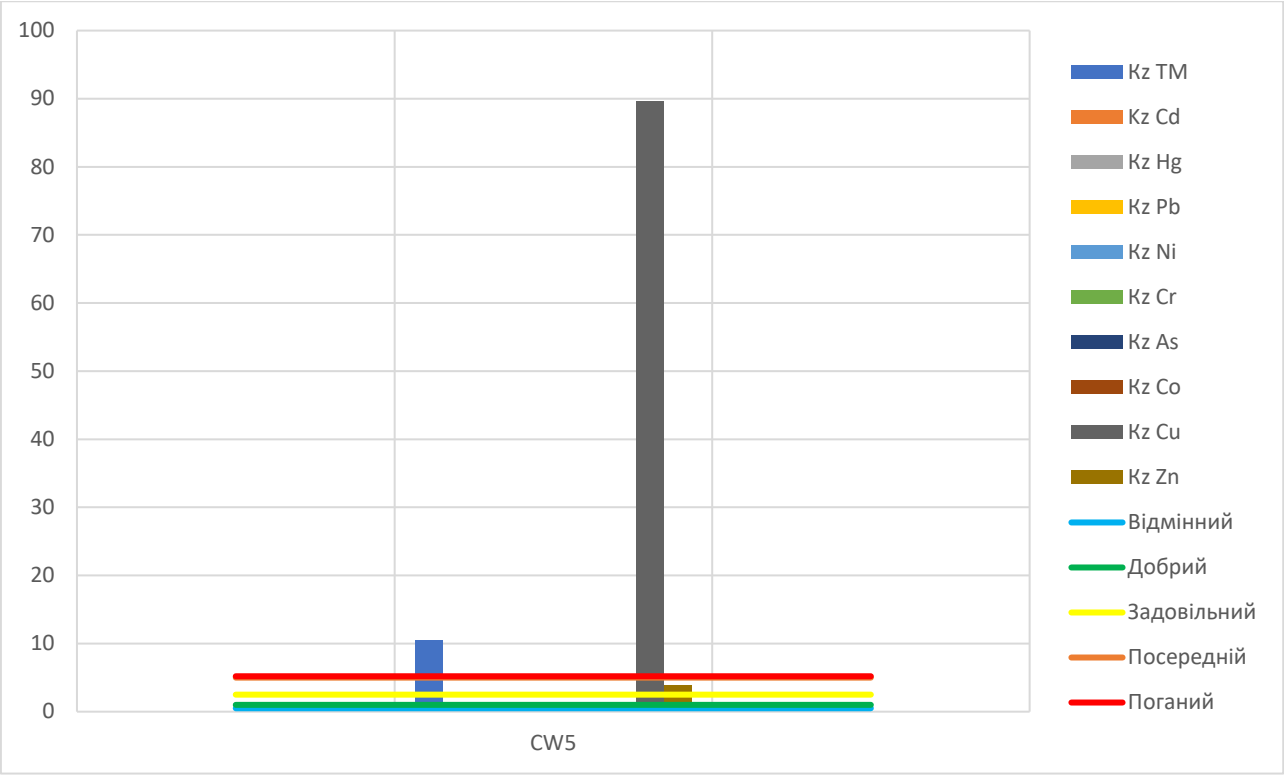


Рисунок 2.3 – Коефіцієнт забруднення Кз ТМ морської води в районах прибережних водних масивів ПЗЧМ в 2024 році

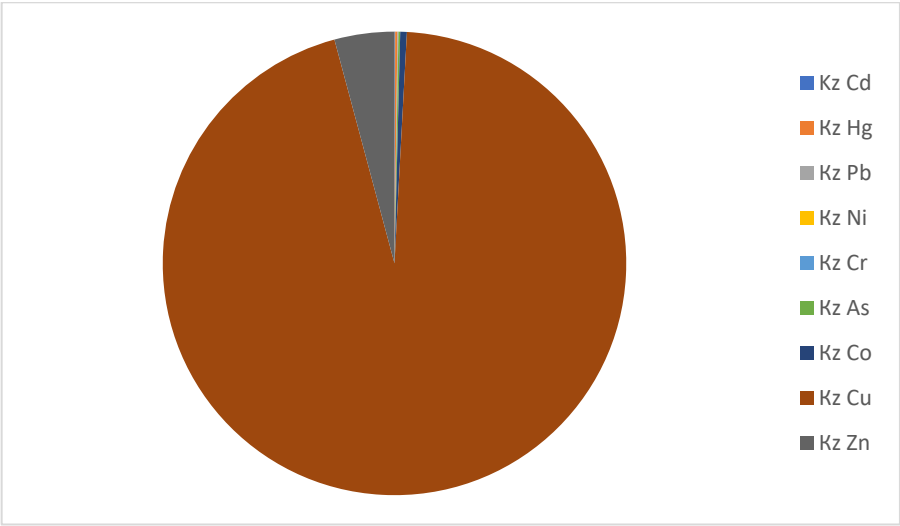


Рисунок 2.4 – Вклад Кз індивідуальних ТМ в загальну суму забруднення морської води ТМ в районі прибережних водних масивів ПЗЧМ у 2024 році

2.2 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом органічних забруднювачів сільськогосподарського походження

В таблиці 2.6 наведені середні концентрації органічних забруднювачів сільськогосподарського походження (ОЗСП) в досліджених водних тілах Чорного моря у 2024 році.

В морській воді спостерігається присутність ДДТ та його метаболітів (табл. 2.6), хоча його використання заборонено Стокгольмською конвенцією від 7 лютого 1997 року.

Таблиця 2.6 – Середні концентрації ОЗСП в Чорному морі у 2024 році.

Район	ДДТ ¹	ΣДДТ ²	β-НСН ³	γ-НСН ⁴	ΣНСН ⁵	Гексахлорбензол	Гептахлор	Σ Ціклодієнових ⁶
	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л
CW5	1,90	2,22	0	0,12	0,27	0,08	0,49	0,14

Примітка 1. П, п-діхлордіфенілтрихлоретан.

Примітка 2. Сума ДДТ та його метаболітів.

Примітка 3. Бета гексахлорциклогексан.

Примітка 4. Гамма гексахлорциклогексан (Ліндан).

Примітка 5. Сума ліндану та його ізомерів.

Примітка 6. Сума алдріну, ділдріну та ендріну.

Виконані оцінки екологічного стану морської води в 2024 р. в районі CW5 прибережних водних масивів за коефіцієнтом забруднення Кз ОЗСП вказують на задовільний стан. Основною речовиною яка забруднює серед групи ОЗСП є гептахлор. За показником Кз гептахлору в поверхневому шарі води відповідає «дуже поганому» екологічному стану, що наведено в таблиці 2.7 та на рисунку 2.5. В таблиці і на рисунку представлені значення Кз за індивідуальними ОЗСП та середній Кз в цілому для ОЗСП в поверхневому шарі води. Оцінка екологічного стану проводилась згідно наданих

максимально допустимих концентрацій в директиві ЄС 2013/39/EU (MAC-EQS) доповненої з бази даних NORMAN (NORMAN Ecotoxicology Database (norman-network.com)).

Таблиця 2.7 – Екологічний стан морської води прибережних водних масивів ПЗЧМ за показником Кз ОЗСП у 2024 році.

Водний масив	Кз ОЗСП	Кз ДДТ	Кз Σ ДДТ	Кз β -НСН	Кз γ -НСН	Кз Σ НСН	Кз Гексахлорбензол	Кз Гептахлору	Кз Σ Ціклодієнових
CW5	2,07	0,19	0,09	0	0,06	0,01	0,002	16,2	0,03

Наведені сумарні характеристики екологічного стану водних масивів за показником Кз ОЗСП вказують що для CW5 екологічний стан не відповідає ДЕС (оцінюється як задовільний).

За показниками групи ОЗСП найбільший вклад в досліджених районах водних масивів припадає на концентрацію гептахлору, що є типовим для територіальних вод України, та пояснюється жорсткими вимогами до обмеження концентрацій високотоксичної речовини (рис. 2.6).

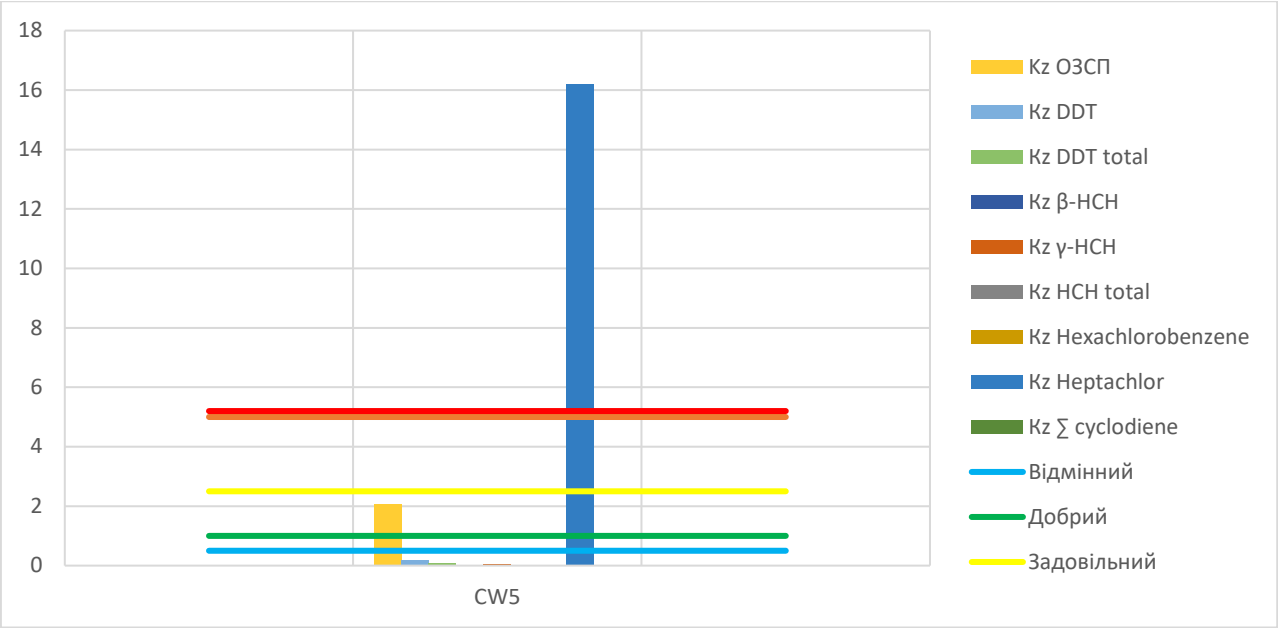


Рисунок 2.5– Розподіл коефіцієнту забруднення Кз ОЗСП морської води в районах прибережних водних масивів ПЗЧМ в 2023 році

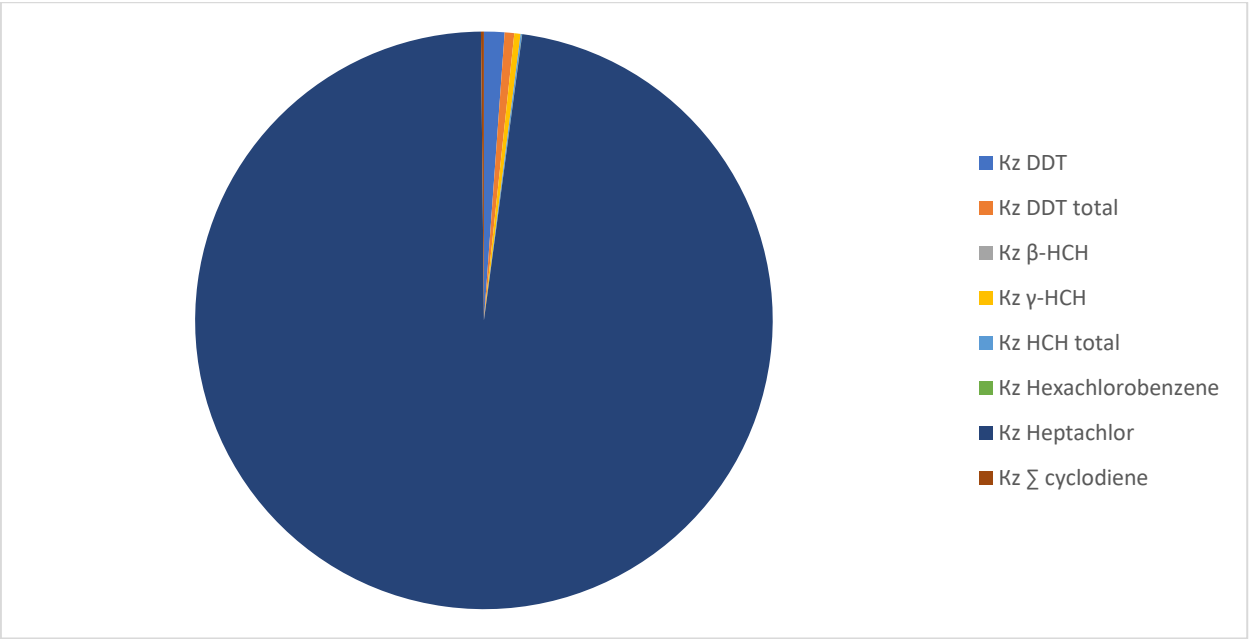


Рисунок 2.6 – Вклад Кз індивідуальних ОЗСП в загальну суму забруднення морської води ОЗСП в районах прибережних водних масивів ПЗЧМ у 2024 році

2.3 Екологічна оцінка стану морської води досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом органічних забруднювачів промислового походження

В таблиці 2.8 наведені середні концентрації ОЗПП в досліджених водних тілах Чорного моря у 2024 році.

По середнім концентраціям ОЗПП в районі CW5 у 2024 році видно що вплив витоків антропогенного навантаження промислового походження значно знизився порівняно з 2023 роком, також навантаження після підриву греблі Каховської гідроелектростанції (ГЕС) на цей район в воді не фіксується.

Таблиця 2.8 – Середні концентрації ОЗПП в Чорному морі у 2024 році.

Район	PCB 101	PCB 118	PCB 153	PCB 138	PCB 180	Кз нафтаїну	Кз антрацену	Кз флуорантену	Кз бензо(b)флуорантену	Кз бензо(k)флуорантену	Кз бензо(a)пірену	Кз бензо(g,h,i)перілену
	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л
CW5	0	0	0	0	0	0	0,17	0,03	0,03	0,03	0,01	1,06

Оцінки екологічного стану морської води виконані в 2024 р. в районі CW5 в прибережних водних масивах за коефіцієнтом забруднення Кз ОЗПП, в поверхневому шарі води відповідає: CW5 – «дуже доброму» екологічному стану. Найбільше негативно на екологічний стан в прибережному водному масиві CW5 впливає концентрація бензо(g,h,i)перілену що наведено в таблиці 2.9 та на рисунку 2.7.

Оскільки в директиві 2013/39/ЄС (MAC-EQS) не має обмежень по концентраціям ПХБ не діоксинового ряду, гранично допустимі концентрації для поліхлорованих біфенілів (ПХБ) були взяті з рекомендацій EAC, OSPAR SIME 2008.

Показники Кз поліароматичних вуглеводнів (ПАВ) розраховувалися відповідно даних директиви 2013/39/ ЄС (MAC-EQS) доповненої з бази даних NORMAN (NORMAN Ecotoxicology Database (norman-network.com)).

Таблиця 2.9 – Екологічний стан морської води в районі CW 5 прибережних водних масивів за показником Кз ОЗПП у 2022 році.

Водний масив	Кз ОЗПП	Кз ПХБ 101	Кз ПХБ 118	Кз ПХБ 153	Кз ПХБ 138	Кз ПХБ 180	Кз нафталіну	Кз антрацену	Кз флуорантену	Кз бензо(б)флуорантену	Кз бензо(к)флуорантену	Кз бензо(а)пірену	Кз бензо(г,і)перілену
CW5	0,11	0	0	0	0	0	0	0,17	0,03	0,03	0,03	0,01	1,06

Оцінка сумарної характеристики екологічного стану водних масивів за показниками Кз ОЗПП надана в районі CW5 відповідає ДЕЗ «дуже доброму» екологічному стану.

Виконаний аналіз поліциклічних ароматичних вуглеводнів в водному масиві CW5 у 2024 році в порівнянні з 2023 роком показав, що сума ПАВ (Σ ПАВ) практично не змінилась, бензо(а)піреновий еквівалент (B(a)P_{eq}) та сума канцерогенних ПАВ (Σ carc ПАВ) значно знизилась, на рівень концентрацій ПАВ в водному масиві CW5 вплив катастрофа після підриву греблі Каховської ГЕС відсутній.

В таблиці 2.10 та на рисунку 2.8. наведені сума ПАВ, бензо(а)піреновий еквівалент та сума канцерогенних ПАВ в водних масивах ПЗШ ЧМ в поверхневому шарі морської води у 2024 році.

Таблиця 2.10

Водний масив	Σ ПАВ	B(a)P _{eq}	Σ carc ПАВ
CW5	112,8	1,79	1,73

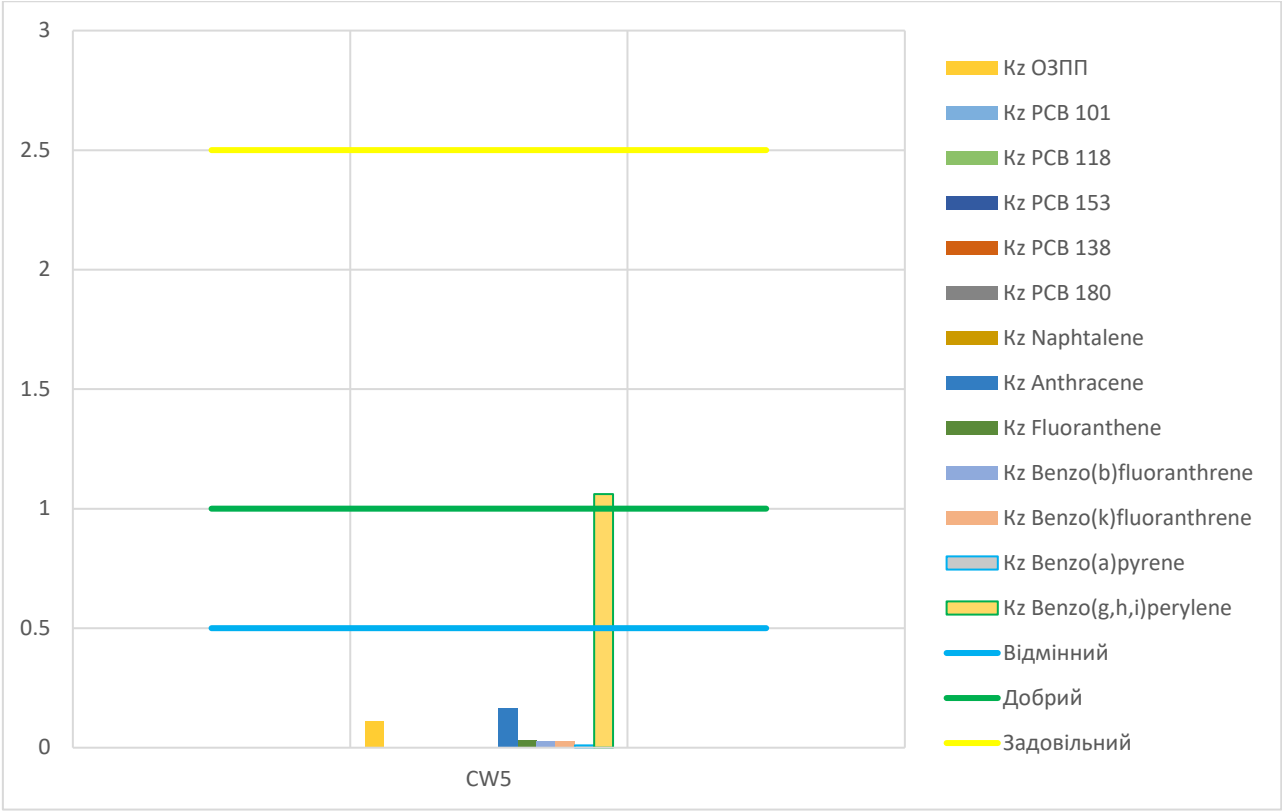


Рисунок 2.7 – Розподіл коефіцієнту забруднення Кз ОЗПП морської води по районах прибережних водних масивів ПЗЧМ в 2024 році

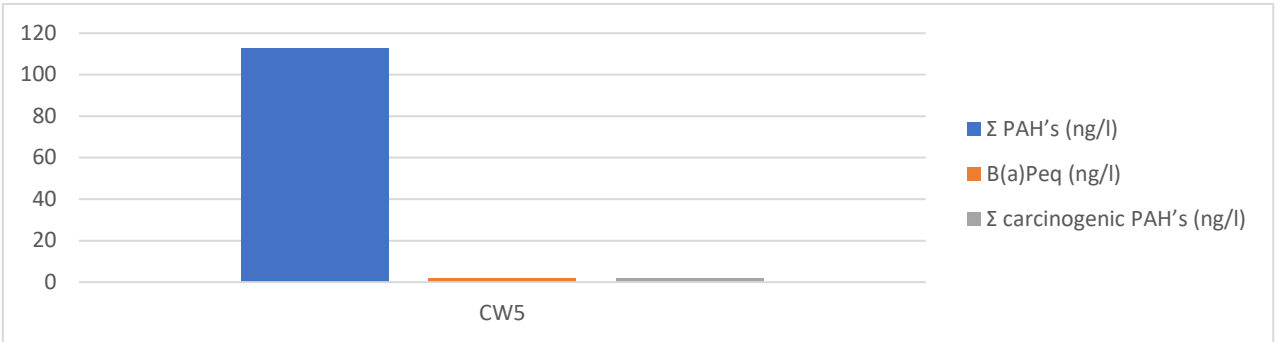


Рисунок 2.8 – Середні значення Σ ПАВ, B(a)Peq та Σ carc ПАВ у 2024 році

Найбільший вклад в забруднення морської води групою ОЗПП в 2024 році в водному масиві CW5 вносили бензо(g,h,i)перілен та антрацен (рис. 2.9).

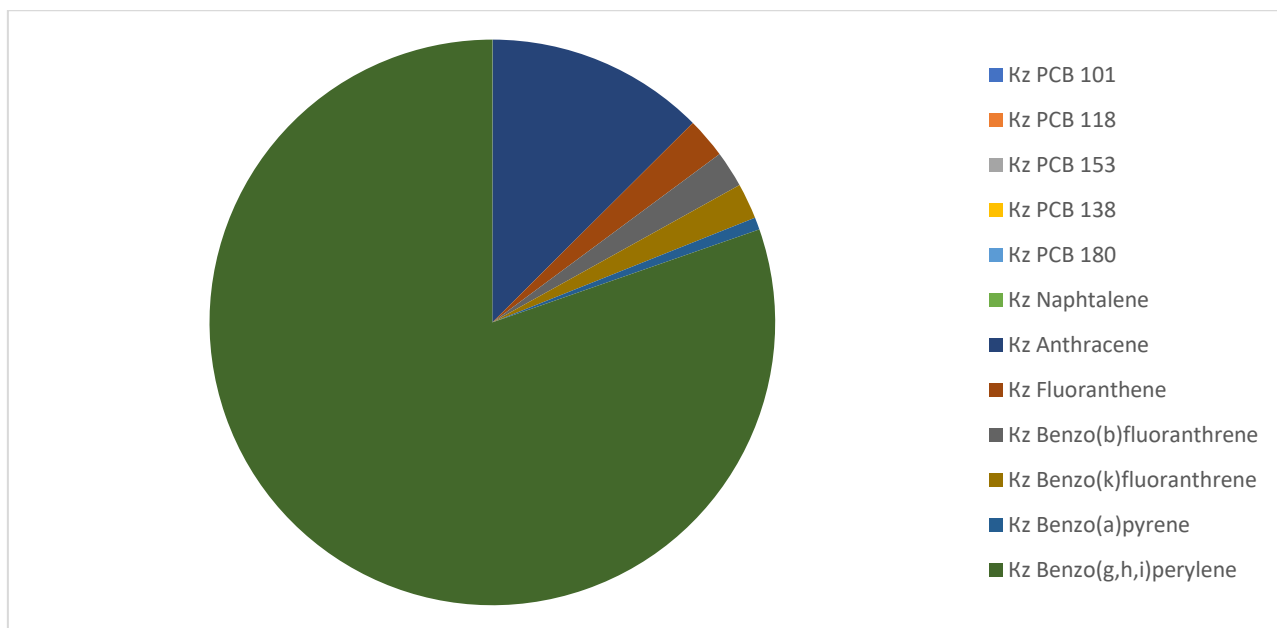


Рисунок 2.9 – Вклад Кз індивідуальних ОЗПП в загальну суму забруднення морської води ОЗПП прибережних водних масивів ПЗЧМ в 2024 році

2.4 Оцінка вмісту нафтових вуглеводнів в морській воді в досліджуваних водних тілах Чорного моря

Для оцінки впливу на екологічний стан Чорного моря проведення бойових дій викликаних агресією російської федерації, потребується проведення додаткових досліджень специфічних забруднюючих речовин та суми нафтових вуглеводнів (НВ). В таблиці 2.11 наведені результати досліджень суми НВ в водному масиві CW5 по місяцях в 2024 році. Гранично допустимі концентрації (ГДК) для НВ взяті з національного законодавства та дорівнюють 0,05 мг/дм³.

Таблиця 2.11 – Концентрація НВ в водних масивах ПЗШ ЧМ в поверхневому шарі морської води у 2024 році.

Водний масив	Дата	Нафтопродукти, мг/л	
		Станція Мис Малий Фонтан (mF_1)	Станція Чорноморський яхт клуб Одеса (Yk_1)
CW5	січень	0,04	0,02
CW5	лютий	0,105	0,17
CW5	березень	0,19	0,12
CW5	квітень	0,155	0,14
CW5	травень	0,085	0,18
CW5	червень	0,05	0,22
CW5	липень	0,035	0,11
CW5	серпень	0	-
CW2	вересень	0,015	0,03
CW5	жовтень	0,04	0,03
CW5	листопад	0,02	-
CW5	грудень	0,015	-

Як видно з таблиці 2.11 в водному масиві CW5 ПЗЧМ в поверхневому шарі морської води концентрації НВ перевищують ГДК в лютому, березні, квітні, травні, червні на станціях Мис Малий Фонтан та Чорноморський яхт клуб Одеса.

На рисунку 2.10 наведено тренд мінливості концентрації НВ на станціях відбору в водному тілі CW5.

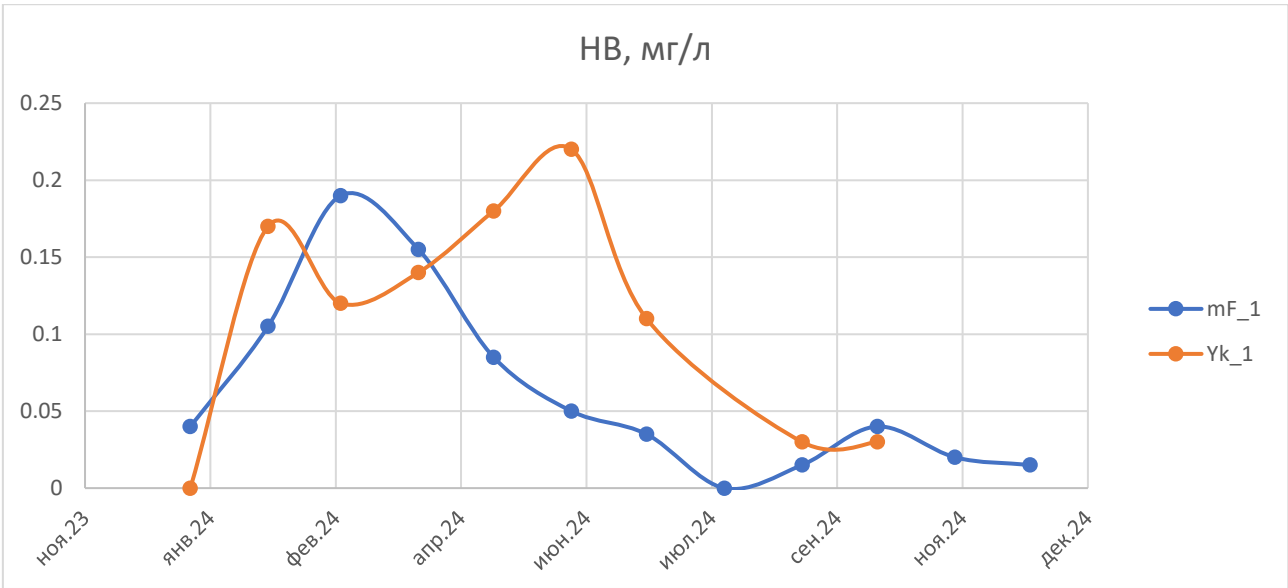


Рисунок 2.10 – Мінливість концентрації НВ на станціях відбору в водному тілі CW5.

Як видно з рисунку 2.10 в зимові та літні місяці 2024 року концентрації НВ на станції відбору проб Y_k_1 мають пікові значення, це обумовлено особливістю розташування станції відбору проб, обмежений водообмін з відкритою частиною моря, штормові погодні умови (вимучування донних осадів) та сповільненою біологічною діяльністю (споживання поживних речовин). На станції відбору проб mF_1 , де не має перешкод в водообміні з відкритим морем, пікові значення концентрацій НВ спостерігаються в зимові місяці 2024 року.

2.5 Наслідки підриву греблі Каховської ГЕС, дослідження води на вміст забруднюючих речовин.

Після підриву греблі Каховської гідроелектростанції за допомоги волонтерської організації «Всеукраїнського молодіжного руху "Let's do it Ukraine"» були додатково відібрані проби води та донних відкладень в річках Дніпро, Південний Буг та в Дніпро-Бузькому лимані. В 2023 році було проведено 3 експедиції, для оцінки наслідків в 2024 році було проведено 2 експедиції.

Для аналізу змінення коефіцієнту забруднення з часом після катастрофи проби відібрані з річок та лиману були розбиті на райони:

Район 1 – проби відібрані з притоку Дніпра, місце розташування саме вище за течією;

Район 2 – проби відібрані з річки Дніпр, місце розташування біля міста Херсон та біля витоків річки Дніпра до Дніпро – Бузького лиману;

Район 3 – проби відібрані з річки Південний Буг, місце розташування біля міста Миколаїв та біля витоків річки Південний Буг до Дніпро – Бузького лиману;

Район 4 – проби відібрані з Дніпро – Бузького лиману, місце розташування біля виходу до Чорного моря.

В таблиці 2.12 представлені значення Кз для груп забруднюючих речовин та для індивідуальних речовин які оцінювались. Оцінка екологічного стану проводилась згідно директиві ЄС 2013/39/EU (MAC-EQS) доповненої пріоритетними речовинами з Додатку XII.1.2 - Перелік пріоритетних хімічних забруднювачів ЗАКЛЮЧНИЙ НАУКОВИЙ ЗВІТ EMBLAS 4 ЛИСТОПАДА 2020 РОКУ і з бази даних NORMAN (NORMAN Ecotoxicology Database (norman-network.com)).

Таблиця 2.12 – Екологічний стан води у річках та лимані за Кз у 2024 році.

Водний масив	K ₃ TМ	K ₃ Cd	K ₃ Hg	K ₃ Pb	K ₃ Ni	K ₃ Cr	K ₃ As	K ₂ Co	K ₂ Cu	K ₂ Zn				Оцінка
1	22,6	0,04	0	0,06	0,04	0	0	0	197,4	6,28				
2	3,21	0,03	0	0	0,04	0	0	0	28,8	0				
3	16,3	0,08	0	0	0,01	0	0	0	146,5	0				
4	4,84	0,10	0	0	0	0	1,65	0	41,85	0				
	K ₃ ОЗСП	K ₃ ДДТ	K ₃ ΣДДТ	K ₃ β-НСН	K ₃ γ-НСН	K ₃ ΣНСН	K ₃ Гексахлорбензол	K ₃ Гептахлору	K ₃ Σ Ціклодієнових				Оцінка	
1	0,60	0,19	0,11	0	0	0,01	0,002	4,44	0					
2	0,94	0,21	0,12	0	0	0	0	7,00	0,17					
3	0,32	0,38	0,17	0	0	0	0	2,00	0					
4	0,62	0,16	0,14	0	0	0,01	0	4,67	0					
	K ₃ ОЗПП	K ₃ ПХБ 101	K ₃ ПХБ 118	K ₃ ПХБ 153	K ₃ ПХБ 138	K ₃ ПХБ 180	K ₃ нафталіну	K ₃ антрацену	K ₃ флуорантену	K ₃ бензо(б)флуорантену	K ₃ бензо(к)флуорантену	K ₃ бензо(а)пірену	K ₃ бензо(г,х,і)перілену	Оцінка
1	0,03	0	0	0	0	0	0	0,10	0,04	0,03	0,03	0,02	0,19	
2	0,04	0	0	0	0	0	0	0,15	0,02	0,02	0,02	0	0,30	
3	0,02	0	0	0	0	0	0	0,13	0,01	0,02	0,03	0	0,10	
4	0,04	0	0	0	0	0	0	0,17	0,03	0,03	0,02	0,02	0,24	

За даними виконаного аналізу вмісту ТМ, ОЗСП та ОЗПП в 2024 році вода яка надходить до Чорного моря відповідала дуже поганому екологічному стану (табл. 2.12). На оцінку вплинули показники групи токсичних металів, загалом по групах негативний вплив здійснювали концентрації міді, цинку та гептахлору.

Як видно з таблиці 2.12 у 2024 року, в порівнянні з 2023 роком, негативний вплив на екологічну оцінку групи ТМ майже не змінився, та залишився значним, негативний вплив груп ОЗСП та ОЗПП відсутній що значно нижче за рівень 2023 року.

На рисунку 2.11 наведено результати виконаного аналізу поліциклічних ароматичних вуглеводнів, картина розподілу по районах суми Σ ПАВ, бензо(а)піренового еквіваленту (B(a)Peq) та суми канцерогенних ПАВ (Σ carcin PAH). Картина розподілу ПАВ в 2024 році схожа з картиною кінця 2023 року, наслідки впливу підриву греблі Каховської гідро електростанції в воді не фіксуються.

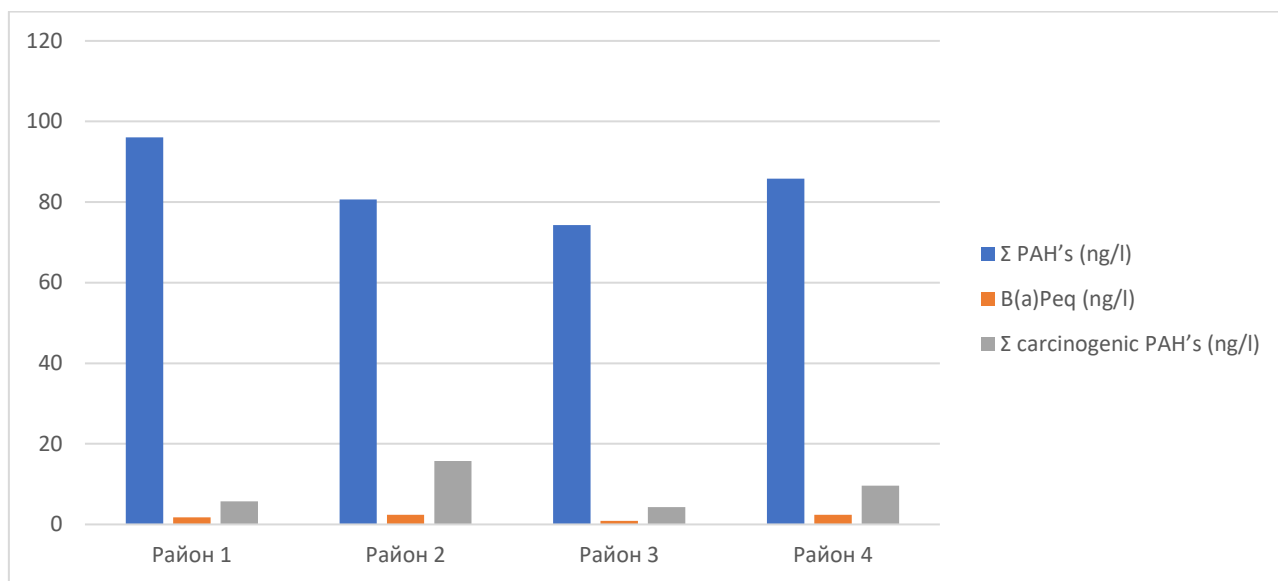


Рисунок 2.12 – Середні значення Σ ПАВ, B(a)Peq та Σ carcin ПАВ в річках Дніпро, Південний Буг та в Дніпро-Бузькому лимані в 2024 році.

Також з рисунку 2.12 видно що в воді концентрація канцерогенних речовин перевищують показник токсичності (B(a)Peq), це може негативно впливати на біологічні об'єкти, з точки розвитку ракових захворювань.

3. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ПО РАЙОНАМ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

Стан донних відкладень оцінюється за такими забруднюючими речовинами як: токсичні метали (ТМ), хлорорганічні пестициди (ХОП) та поліароматичні вуглеводні (ПАВ).

Шкала оцінки екологічного стану донних відкладень в прибережних водних масивах за коефіцієнтом забруднення Кз відповідно «Морської природоохоронної стратегії України» підрозділяється для ТМ та органічних сполук на п'ять класів (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Стан якості прибережних водних масивів за вмістом забруднюючих речовин донних відкладень

Стан якості донних відкладень	Показник Кз		Стан якості у колірному позначенні
	Токсичні метали	Органічні речовини	
Відмінний	$\leq 0,5$	$\leq 0,2$	
Добрий	$>0,5$ та $\leq 1,0$	$>0,2$ та $\leq 1,0$	
Задовільний	$>1,0$ та $\leq 1,25$	$>1,0$ та $\leq 5,0$	
Посередній	$>1,25$ та $\leq 2,5$	$>5,0$ та ≤ 25	
Поганий	$>2,5$	>25	

Шкала екологічної оцінки стану донних відкладень в шельфових водних масивах та водних масивах відкритого моря за показником коефіцієнту забруднення Кз підрозділяється на два класи, при яких донні відклади відповідають доброму екологічному стану (ДЕС) та не відповідають ДЕС (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Стан якості донних відкладів шельфових водних масивів та водних масивів відкритого моря за вмістом забруднюючих речовин

Стан якості водних масивів	Показник Кз		Стан якості у колірному позначенні
	Токсичні метали	Органічні речовини	
Добрий стан, ДЕС	≤1,0	≤1,0	
Недобрий стан, не ДЕС	>1,0	>1,0	

Оскільки проведенню моніторингових досліджень в Чорному морі суттєво перешкоджало проведення бойових дій викликаних агресією російської федерації, дослідження донних відкладень в 2024 році не проводилось.

4 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

Відповідно до дескриптору D9 Рішення Комісії (ЄС) 2017/848 та «Морської природоохоронної стратегії України» виконувалась оцінка наявності вмісту токсичних речовин у водних біоресурсах. Якість біологічних об'єктів оцінювалась за ступенем вмісту токсичних металів (ТМ), хлорорганічних пестицидів (ХОП) та поліароматичних вуглеводнів (ПАВ).

Шкала оцінки екологічного стану водних біоресурсів в прибережних водних масивах за коефіцієнтом забруднення Кз відповідно «Морської природоохоронної стратегії України» підрозділяється на п'ять класів відповідно до токсичних металів і органічних забруднюючих речовин (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Стан якості біоресурсів прибережних водних масивів за вмістом забруднюючих речовин

Стан якості водних біоресурсів	Показник Кз		Стан якості у колірному позначенні
	Токсичні метали	Органічні речовини	
Відмінний	$\leq 0,5$	$\leq 0,2$	
Добрий	$>0,5$ та $\leq 1,0$	$>0,2$ та $\leq 1,0$	
Задовільний	$>1,0$ та $\leq 1,25$	$>1,0$ та $\leq 5,0$	
Посередній	$>1,25$ та $\leq 2,5$	$>5,0$ та ≤ 25	
Поганий	$>2,5$	>25	

Шкала екологічної оцінки стану водних біоресурсів в шельфових водних масивах та водних масивах відкритого моря за показником коефіцієнту забруднення Кз підрозділяється на два класи, при яких біоресурси характеризуються «добрим» і «недобрим» станом (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Стан якості біоресурсів шельфових водних масивів та водних масивів відкритого моря за вмістом забруднюючих речовин

Стан якості водних біоресурсів	Показник Кз		Стан якості у колірному позначенні
	Токсичні метали	Органічні речовини	
Добрий стан, ДЕС	≤1,0	≤1,0	
Недобрий стан, не ДЕС	>1,0	>1,0	

Оскільки проведенню моніторингових досліджень в Чорному морі суттєво перешкоджало проведення бойових дій викликаних агресією російської федерації, дослідження біологічних об’єктів в 2024 році не проводилось.

5 АНАЛІЗ ЗМІН ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

В таблиці 5.1 наведені оцінки екологічного стану водних масивів за групами забруднюючих речовин в 2022 – 2024 роках.

Таблиця 5.1 – Оцінка екологічного стану прибережних водних масивів

Група забруднюючих речовин	CW5 район			CW2 район		
	2022 рік	2023 рік	2024 рік	2022 рік	2023 рік	2024 рік
Кз ТМ	Відмінний	Погано	Погано	-	Погано	-
Кз ОЗСП	Задовільний	Задовільний	Задовільний	-	Добрий	-
Кз ОЗПП	Погано	Погано	Відмінний	-	Відмінний	-
Загальна оцінка	Погано	Погано	Погано	-	Погано	-
Які сполуки вплинули на оцінку	Гептахлор, ПХБ 101, ПХБ 118, ПХБ 153, ПХБ 138, ПХБ 180, нафталін	мідь, цинк, гептахлор, ПХБ 101, ПХБ 153, ПХБ 138	мідь, цинк, гептахлор, бензо(g,h,i)перілен	-	мідь, цинк, миш'як, гептахлор	-

Як видно з таблиці 5 загальна оцінка екологічного стану досліджених водних масивів відповідає поганому стану, оцінюється по найгіршій оцінці для груп забруднюючих речовин. Ця оцінка не змінилась з 2022 року по 2024 рік.

В продовж 2022 – 2024 рр. на оцінку найбільш впливали концентрації тих самих забруднюючих речовин, можна припустити що для досліджених районів є типовою присутність високих концентрацій цих речовин в джерелах забруднення. Слід зазначити що базова оцінка для району CW5 – задовільно, для району, CW2 – погано. В 2021 році оцінка для району CW5 – погано, вплинули на оцінку концентрації гептахлору, ПХБ 101, ПХБ 118, ПХБ 153.

В 2023 році на досліджені райони значно вплинула катастрофа після підриву греблі Каховської ГЕС, це призвело до додаткового навантаження по типовим забрудникам та по металам (мідь, цинк). Наслідки катастрофи будуть проявлятися в великому проміжку часу, для оцінки всіх збитків нанесених

екосистемі та оцінку наслідків необхідно проводити розгорнуті наукові дослідження з обов'язковими морськими експедиціями.

Дослідження біологічних об'єктів проводилось в 2023 році. В таблиці 6 наведені Kz для ТМ, ОЗСП та ОЗПП в біологічних об'єктах и екологічна оцінка рівня забруднення біологічних об'єктів.

Таблиця 6 – Kz ТМ, ОЗСП та ОЗПП в досліджених пробах біологічних об'єктів у 2023 році.

Біологічний об'єкт	Kz ТМ	Kz ОЗСП	Kz ОЗПП	Екологічна оцінка біологічного об'єкту
Shrimp	0,05	0,01	51,1	поганий
Mussel	0,16	0,8	31,8	поганий
Mullet	0,27	183	57,0	поганий

В таблиці 7 наведені показники забрудненості проб біологічних об'єктів ПАВ, а саме сума ПАВ (Σ РАН's), benzo(a)pyrene еквівалент токсичності (B(a)P_{eq}), сума канцерогенних ПАВ (Σ carcinogenic РАН's) [15].

Ці показники розраховувались по середнім значенням концентрацій ПАВ в пробах біологічних об'єктів.

Таблиця 7 – Показники забрудненості проб біологічних об'єктів ПАВ.

Biological object	Σ РАН's	B(a)P _{eq}	Σ carcinogenic РАН's
Shrimp	327	26	15,8
Mussel	224	12	7,57
Mullet	2292	34,4	31,9

Показник Σ РАН's, яка характеризує ступінь забруднення ПАВ, вказує що ПАВ значно накопичуються досліджених біологічних об'єктах та є основними забруднюючими речовинами;

Показник B(a)P_{eq}, який характеризує рівень токсичності забруднень ПАВ, вказує що ПАВ в більшій кількості накопичуються в біологічних об'єктах вищої ступені харчового ланцюга;

Показник Σ carcinogenic РАН's, яка характеризує забрудненість канцерогенними ПАВ, вказує що в біологічних об'єктах знаходяться канцерогенні речовини достатні для можливого розвитку генетичних захворювань.

ВИСНОВКИ

Оцінено вплив на водне тіло груп забруднюючих речовин, таких як токсичні метали, органічні забруднювачі сільськогосподарського походження, органічні забруднювачі промислового походження.

Проведено порівняльний аналіз за три роки.

В 2022 році [18]:

Вміст групи токсичних металів ТМ в водах в районі CW5 відповідав «високому» екологічному стану.

Органічні забруднюючі речовини сільськогосподарського походження в районі CW5 відповідали «поганому» стану переважно за вмістом гептахлору.

В районі CW5 водних масивах за коефіцієнтом забруднення Кз органічні забруднювачі промислового походження ОЗПП, в поверхневому шарі води відповідає «поганому» екологічному стану. Найбільше на екологічний стан водного масиву впливали концентрації індивідуальних ПХБ 101, 118, 153.

В 2023 році [19]:

На екологічний стан значно вплинули військові дії та руйнація греблі Каховської ГЕС. Серед усіх подій від збройної агресії РФ саме підриг Каховської гідроелектростанції (ГЕС) 6 червня 2023 року мав критичні наслідки для морських екосистем північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ), зокрема спричинив зниження солоності води та перебудову складу фітопланктону та зоопланктону за рахунок збільшення прісноводних видів. Значні рівні забруднення були ідентифіковані в пробах морської води та біологічних об'єктах (риба, молюски, дельфіни) у Одеському регіоні. Восени спостерігалось стабілізування екосистеми Одеської затоки, стан якої змінився до середніх багаторічних показників.

Для аналізу впливу антропогенних факторів у 2023р. на водні екосистеми була застосована модель AQUATOX. Було виявлено, що точки критичного ризику у довоєнні роки переважно співпадали із весняними та

осінніми періодами 2011, 2012, 2013, 2017, 2018, 2020, 2021 років, в той самий час як для 2023 року точки критичного ризику зберігались майже впродовж всього року. Аналіз динаміки екосистемного ризику показав, що після зовнішнього впливу екосистема прагне повернутися до своїх початкових значень, пристосовуючи свою біотичну структуру та інтенсивність зміни біомаси для збереження оптимального балансу у нових умовах.

В 2024 році:

Продовжується процес самостабілізації екосистеми, але покращення якості екосистеми довкілля Чорного моря і його ДЕС не досягнуто. Потрібно зменшення навантаження на морське середовище токсичними і біогенними речовинами як в складі річкового стоку, так і прибережних антропогенних джерел, а також з річкового та морського транспорту та воєнних кораблів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. РД 52.10.243-92. Руководство по химическому анализу морских вод. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1993. – 263 с.
2. МВВ № 13/09-09 Морські води. Методика виконання вимірювань масової концентрації кадмію, кобальту, нікелю, міді, миш'яку, свинцю та цинку методом атомно-абсорбційної полум'яної та неполум'яної спектрофотометрії. Одеса: УкрНЦЕМ, 2009. – 15 с.
3. МВВ № 12/09-09 Морські води. Методика виконання вимірювань масової концентрації залізу, марганцю та хрому методом неполум'яної атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Одеса: УкрНЦЕМ, 2009. – 15 с.
4. МВВ № 11/09-09 Морські води. Методика виконання вимірювань масової концентрації ртуті методом неполум'яної атомно-абсорбційної спектрофотометрії (методом хлорного пару). Одеса: УкрНЦЕМ, 2009. – 14 с.
5. МВВ № 18/09-09 Донні відкладення. Методика виконання вимірювань масової частки алюмінію, кадмію, кобальту, марганцю, міді, миш'яку, нікелю, свинцю, хрому, заліза та цинку методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Одеса: УкрНЦЕМ, 2009. – 14 с.
6. ММВ № 10/09-09 Морські води. Методика виконання вимірювань масової концентрації хлорорганічних пестицидів (ХОП) і поліхлорованих біфенілів (ПХБ) методом капілярної газорідинної хроматографії. Одеса: УкрНЦЕМ, 2009. – 15 с.
7. EPA METHOD 8270C SEMIVOLATILE ORGANIC COMPOUNDS BY GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY (GC/MS). USA, 1986
8. ММВ № 19/09-09 Донні відкладення. Методика виконання вимірювань масової концентрації хлорорганічних пестицидів (ХОП) і поліхлорованих біфенілів (ПХБ) методом газорідинної хроматографії. Одеса: УкрНЦЕМ, 2009. – 15 с.
9. EPA METHOD 8275A SEMIVOLATILE ORGANIC COMPOUNDS

(PAHs AND PCBs) IN SOILS/SLUDGES AND SOLID WASTES USING THERMAL EXTRACTION/GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY (TE/GC/MS). USA, 1996

10. Екологічні нормативи якості морського середовища. Одеса: УкрНЦЕМ, 2008. – 15 с.
11. Гідрологічні та гіdroхімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря: довідковий посібник [Текст] / І.Г. Орлова, М.Ю. Павленко, В.В. Український [та ін.]; відповід. ред. І.Д. Лоєва. – К.: КНТ, 2008. – 616 С.
12. Iarochevitch Alexei Proposal. For Delineation of Transitional and Coastal Water Bodies in the Ukrainian and Georgian part of the Black Sea and related maps (Draft). [Text] / Developed by: Alexei Iarochevitch/ This report has been produced with the assistance of the European Union. May 2017. – 28 p.
13. Angerer J. Biological monitoring and biochemical effect monitoring of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons / J. Angerer, C. Mannschreck, J. Gьndel // Int. Arch. Occup. Environ. Health. - 1997. - V. 70, N6. - P. 365 - 377.
14. 2. Szczeklik J. Metabolic polymorphisms and biomarkers of exposition to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) / J. Szczeklik // Przegl. Lek. - 2005. - V. 62, N 12. - P. 1542 - 1545.
15. Larsen J.C., Larsen P.B. Chemical carcinogens. In: Hester R.E., Harrison R.M., editors. Air Pollution and Health. The Royal Society of Chemistry; Cambridge, UK: 1998. – P. 33–56.
16. Хаустов А.П. Полициклические ароматические углеводороды как геохимические маркеры нефтяного загрязнения окружающей среды / А.П. Хаустов, М.М. Редина // Экология. –2014. – №2. – С. 92 – 96
17. Traven L. CYP1A Induction potencial and the focus of pollutants in morske sediment samples – In vitro evaluation using the PLH - 1 fish hepatoma cell line / L.Traven, R. Zaja, J. Loncar // Toxicology in vitro. – 2008. – T. 22 – N 6. – P. 1648 – 1656
18. Звіт про науково-дослідну роботу: /Оцінка та діагноз стану морського середовища України в межах виключної морської економічної зони та уточнення

критеріїв оцінки доброго екологічного стану морських регіонів у 2022 р.// Оцінка забруднення морських екосистем токсичними речовинами за дескрипторами рдмс, надання уточнених критеріїв оцінки ДЕС та визначення статусу екологічного стану морських водних масивів відповідності ДЕС з визначенням їх тенденції// – том 3.

19. Звіт про науково-дослідну роботу: / Оцінка та діагноз стану морського середовища України в межах виключної морської економічної зони та уточнення критеріїв оцінки доброго екологічного стану морських регіонів у 2023 р.// Оцінка забруднення морських екосистем токсичними речовинами за дескрипторами рдмс, надання уточнених критеріїв оцінки ДЕС та визначення статусу екологічного стану морських водних масивів відповідності ДЕС з визначенням їх тенденції // – том 3.