

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.(0482) 636662
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 Коморін Віктор КОМОРИН

«19» *січня* 2024 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 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

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

Віктор Коморін

В.М. Коморін


2023

Рукопис закінчено 28 грудня 2023 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол від 29 грудня 2023 р. № 6

СПИСОК АВТОРІВ

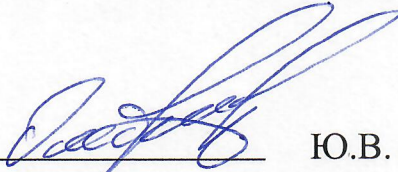
Відповідальний виконавець,
начальник відділу аналітичних
досліджень та організації
моніторингу (ВАД та ОМ)



"28" 12 2023

Ю.М. Деньга
(вступ, розділ 1)

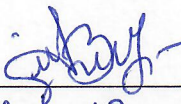
Завідуючий лабораторією хіміко-
аналітичних досліджень
ВАД та ОМ



"28" 12 2023

Ю.В. Олейнік
(розділ 2,3,4)

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



"28" 12 2023

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: 60 с., 24 рис., 31 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 2023 році.

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 ЕМВЛАС 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).

Поганий статус спостерігається в водних масивах CW2 та CW5 за вмістом токсичних металів, переважно міді та цинку, органічні забруднюючі речовини

сільськогосподарського походження, переважно гептахлору та органічних забруднюючих речовин промислового походження, переважно поліхлорованими біфенілами 101, 153, 138 в районі CW5. Загальний екологічний статус районів «поганого».

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	9
1 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ.....	11
1.1 Методи та обладнання наукових досліджень.....	11
1.2 Інструментальний аналіз і кількісна оцінка	13
1.3 Методи проведення оцінки екологічного стану	14
2 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МОРСЬКОЇ ВОДИ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРЮДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН	17
2.1 Екологічна оцінка стану морської води в досліджуваних водних тілах Чорного моря за вмістом токсичних металів	20
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	29
2.5 Наслідки підриву греблі Каховської ГЕС, дослідження води на вміст забруднюючих речовин.	32
3. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ПО РАЙОНАМ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРЮДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН	37
3.1 Наслідки підриву греблі Каховської ГЕС, дослідження донних відкладень на вміст забруднюючих речовин.	38
4 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН.....	51
4.1 Екологічна оцінка стану біологічних об'єктів досліджених за вмістом токсичних металів	52

4.2 Екологічна оцінка стану біологічних об'єктів досліджених за вмістом органічних забруднювачів сільськогосподарського походження.....	53
4.3 Екологічна оцінка стану біологічних об'єктів досліджуваних за вмістом органічних забруднювачів промислового походження	55
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	60

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК І ТЕРМІНІВ

- ГДК – гранично допустимі концентрації;
- ДДД – діхлордіфенілдіхлоретан;
- ДДЕ – діхлордіфенілдіхлоретілен;
- ДДТ – п,п-діхлордіфенілтрихлоретан;
- ЕН – екологічний норматив;
- Кз – коефіцієнт забруднення;
- 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;
- 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 «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 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 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 [2], МВВ № 12/09-09 Морські води. Методика виконання вимірювань масової концентрації залізу, марганцю та хрому методом неполум'яної атомно-абсорбційної спектрофотометрії [3] та МВВ № 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 HF . Метали аналізували методом атомно-абсорбційної спектрометрії в електротермічній печі (AAS-ET Analytic Jena AG ZEENIT 650P). Відповідно до 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 [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 ділильній 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 ПАУ. 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/дихлорметан/метанол (60%/20%/20%). Внутрішні стандарти PCB29 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 ПАУ. 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 всіх дослідженнях 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 показання 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 7890В (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 °С, об'єм зразка – 1 мкл; початкова температура в печі 70 °С витримка 1 хвилину, підйом температури до 150 °С зі швидкістю 10 °С на хвилину, витримка 0 хв, підйом температури до 240 °С зі швидкістю 4 °С на хвилину, витримка 10 хв. Використовувались для калібрування аналітичні стандарти α -НСН, β -НСН, γ -НСН (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 ПАУ 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 °С, вентиляція розчинника протягом 1 хвилини, об'єм зразка 15 мкл, кінцева температура інжектора 300 °С, швидкість підвищення температури 600 °С на хвилину; температура початку спалювання 60 °С, час витримки 7 хвилин, підвищення температури до 200 °С зі швидкістю 10 °С/хв, витримка 1 хвилину, підвищення температури до 310 °С зі швидкістю 7 °С/хв, витримка 5 хв. Мас-детектор в режимі SIM (пошук цільової маси), температура MS Source 230 °С, MS Quad 150 °С. Аналітичні стандарти нафталіну, антрацену, флуорантену, бензо(к)флуорантену, бензо(а)пірену, бензо(г,і)перилінену, бензо(б)флуорантену, фенантрен, бензо(а)антрацен, хризен, флуорен, аценафтен, пірен (Supelco, США), індено(1,2,3cd)пірен та дибензо(а,і)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 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. 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.

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

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

Де:

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

Cзабр – середня концентрація забруднюючої речовини за проміжок часу;

CГДК – 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.. Як що 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 рік.

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 K_z відповідно «Морської природоохоронної стратегії України» підрозділяється на п'ять класів (таблиця 2.1).

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

Стан якості водних масивів	Показник K_z	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).

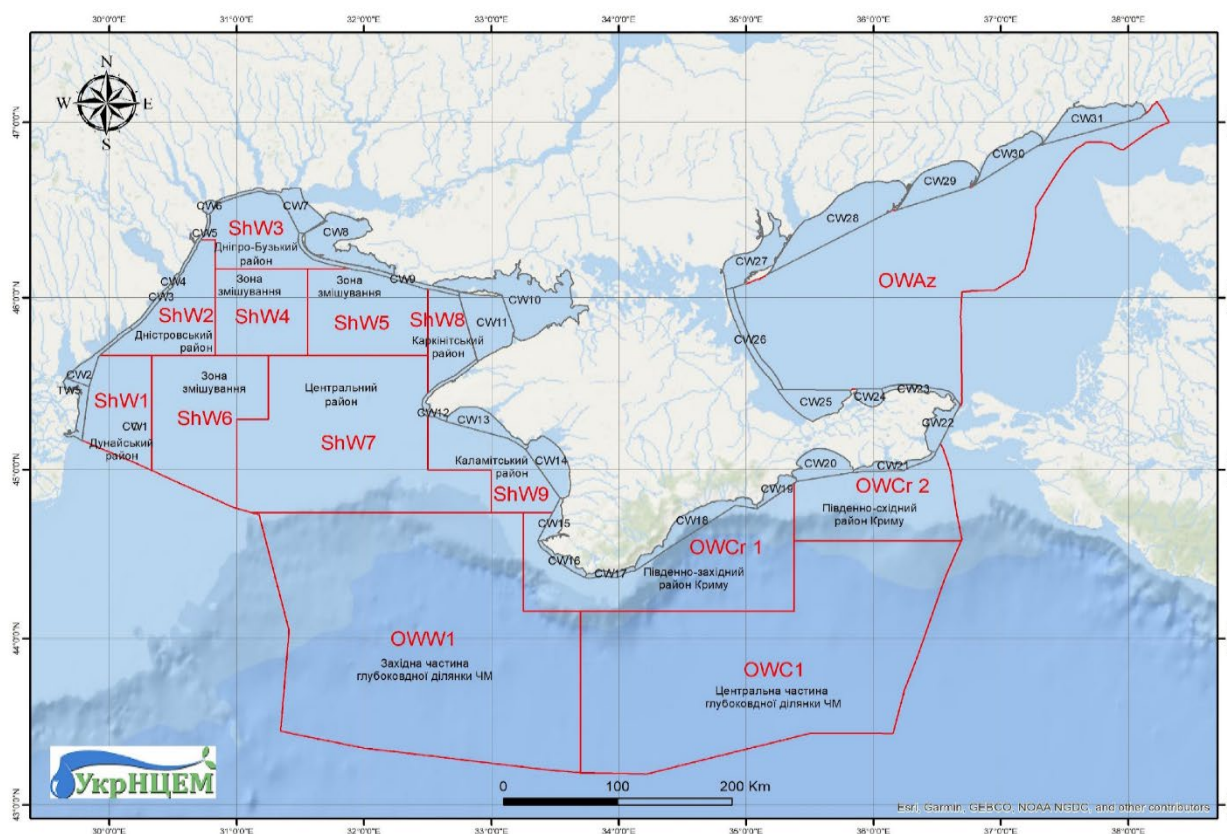


Рисунок 2.1 – Райони водних масивів Чорного та Азовського морів України

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	$\leq 1,0$	ДЕС
Недобрий стан, не ДЕС	$> 1,0$	НЕДЕС

В 2023 році 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 гідро електростанції 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 2023 році.

№ 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

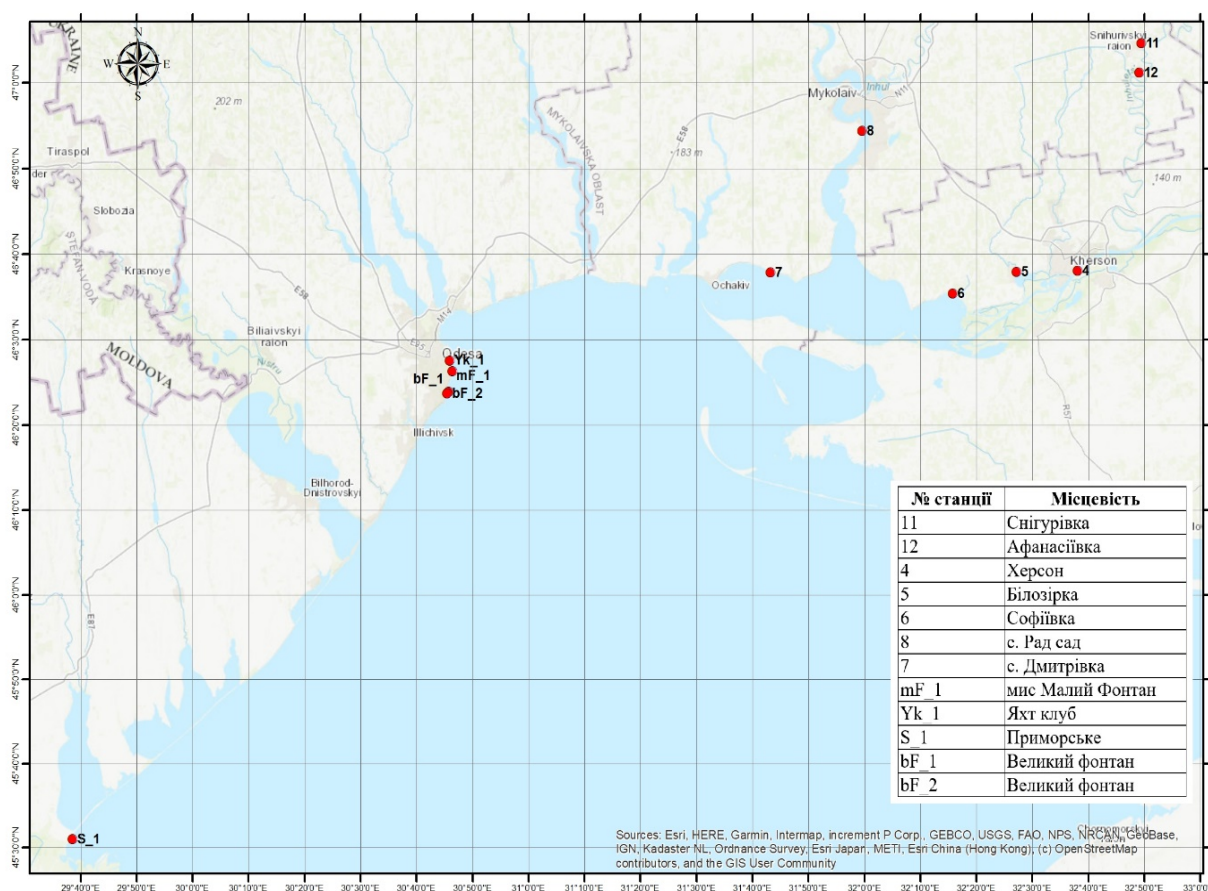


Рис. 2.2 -Розташування станцій моніторингу

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 2023 році.

Таблиця 2.4 – Середні концентрації токсичних металів в Чорному морі у 2023 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
CW2	0	0,04	0	0	0	1,08	0	27,2	55,3
CW5	0,32	0	0,57	1,61	0,32	0,23	0,17	3,22	32,2

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

За даними виконаного аналізу вмісту ТМ в морській воді у 2023 році, статус прибережного водного масиву CW2 та CW5 відповідають 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 прибережних водних масивів за показником Кз ТМ поверхневого шару морської води по районах у 2023 році.

Водний масив	Кз ТМ	Кз Cd	Кз Hg	Кз Pb	Кз Ni	Кз Cr	Кз As	Кз Co	Кз Cu	Кз Zn
CW2	158	0	0,63	0	0	0	1,8	0	1360	55,3
CW5	21,6	0,21	0	0,04	0,05	0,01	0,38	0,62	161	32,2

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

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

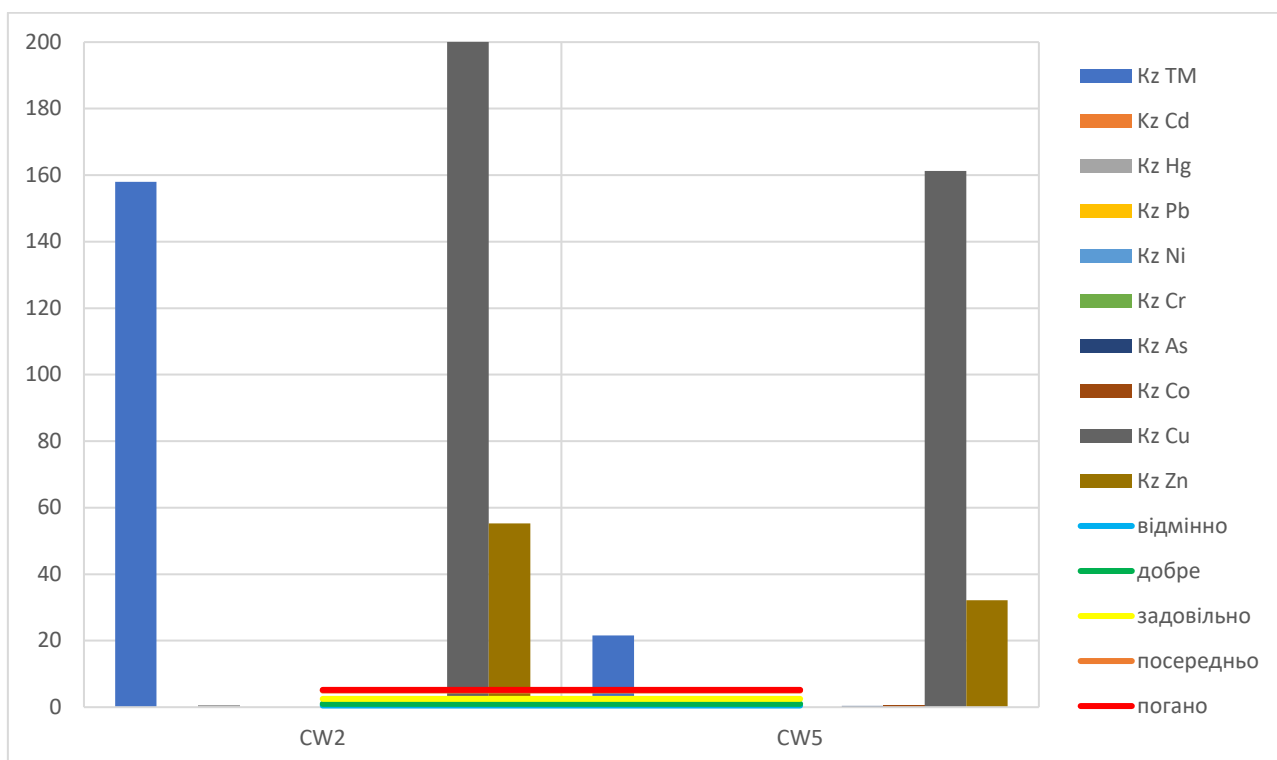


Рисунок 2.3 – Коефіцієнт забруднення Кз ТМ морської води в районах прибережних водних масивів ПЗЧМ в 2023 році

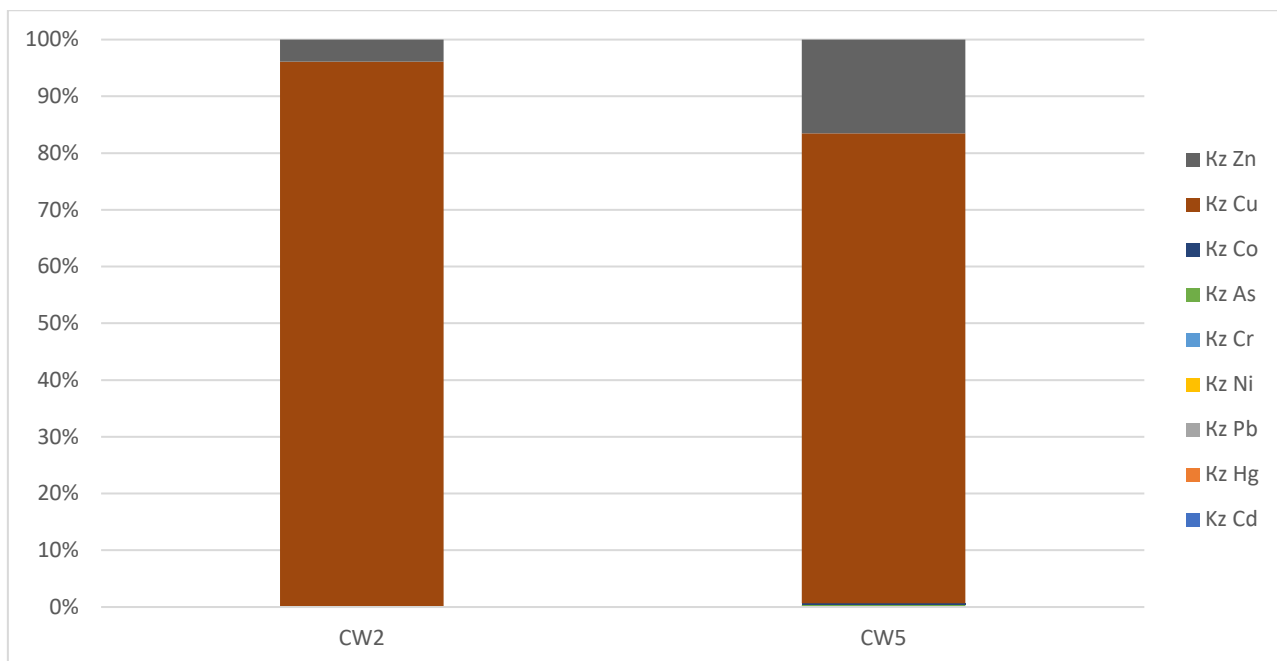


Рисунок 2.4 – Вклад Кз індивідуальних ТМ в загальну суму забруднення морської води ТМ в районі прибережних водних масивів ПЗЧМ у 2023 році

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 ОЗСП в досліджених водних тілах Чорного моря у 2023 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 2023 році.

Район	ДДТ ¹	ΣДДТ ²	β-НСН ³	γ-НСН ⁴	ΣНСН ⁵	Гексахлорбензол	Гептахлору	Σ Ціклодієнових ⁶
	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л	нг/л
CW2	1,64	1,64	0,4	0	0,76	0,31	0,16	0,88
CW5	2,16	3,92	0,41	0,21	1,23	1,07	0,46	2,31

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 2023 р. в районах CW2 та CW5 прибережних водних масивів за коефіцієнтом забруднення Кз органічними забруднювачами сільськогосподарського походження вказують, що їх стан варіює від дуже доброго до дуже поганого. 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 2023 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
CW2	0,73	0,16	0,07	0,02	0	0,04	0,01	5,33	0,18
CW5	2,06	0,22	0,16	0,02	0,10	0,06	0,02	15,5	0,46

Наведені сумарні характеристики екологічного стану водних масивів за показником Кз ОЗСП вказують що для CW2 екологічний стан відповідає ДЕС (добрий), для CW5 екологічний стан не відповідає ДЕС (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).

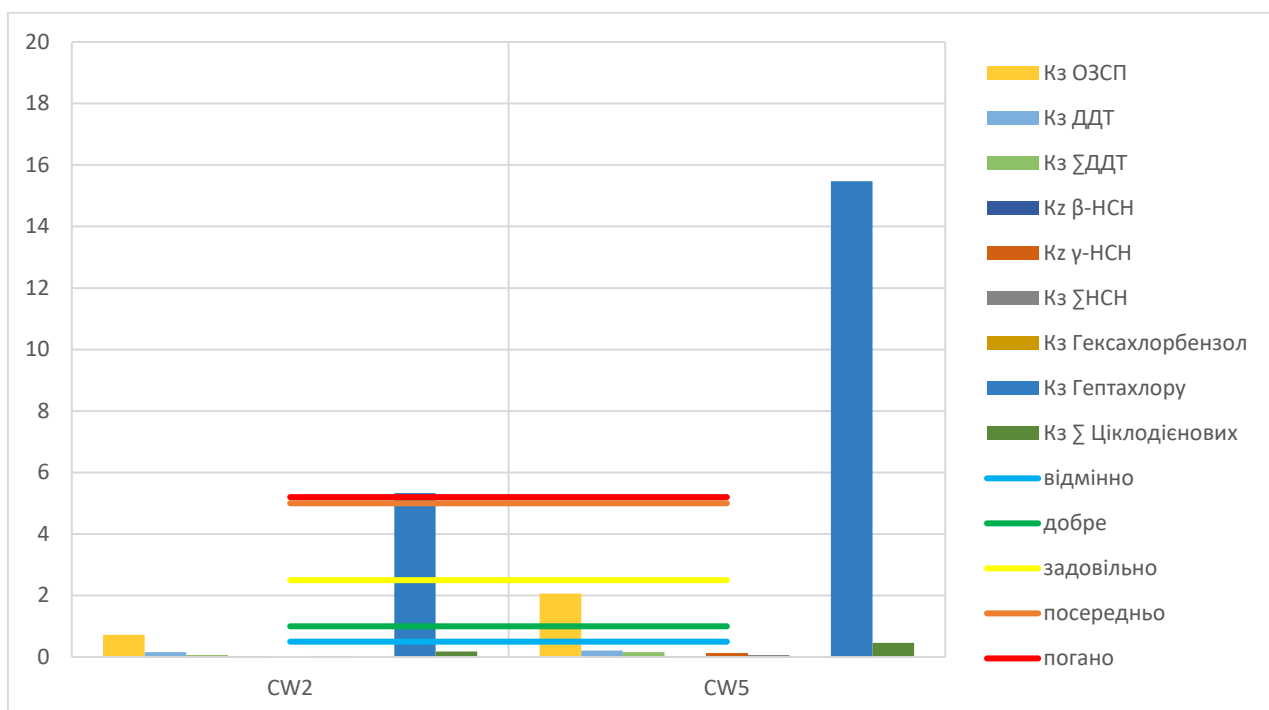


Рисунок 2.5– Розподіл коефіцієнту забруднення Кз ОЗСП морської води в районах прибережних водних масивів ПЗЧМ в 2023 році

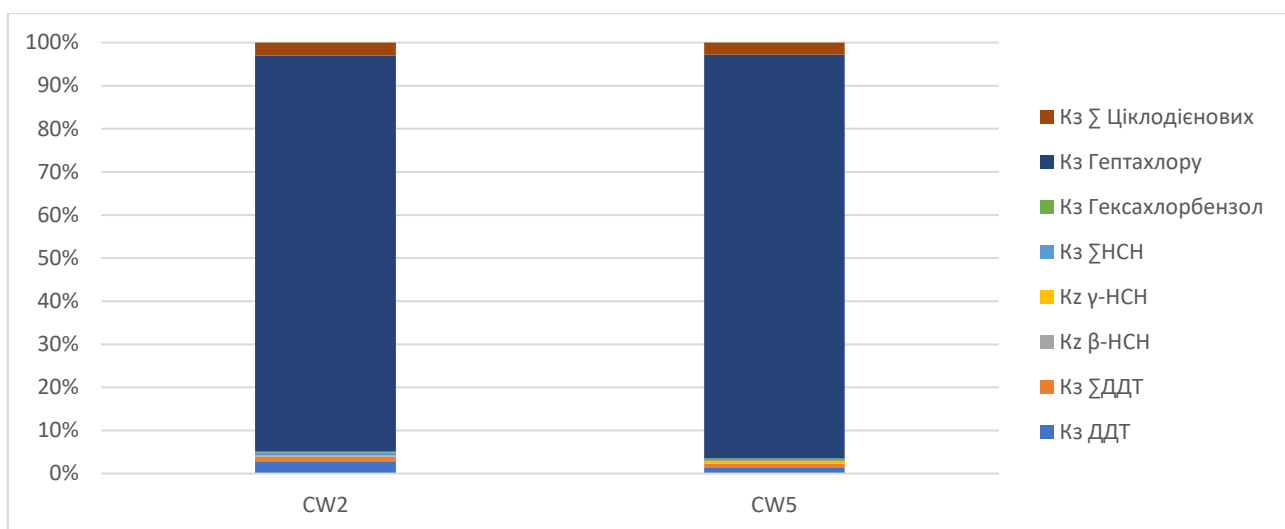


Рисунок 2.6 – Вклад Кз індивідуальних ОЗСП в загальну суму забруднення морської води ОЗСП в районах прибережних водних масивів ПЗЧМ у 2023 році

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 2023 році.

По середнім концентраціям ОЗПП видно що район CW5 знаходиться під впливом витоків антропогенного навантаження промислового походження, також цей район попав під більше навантаження після підриву греблі Каховської гідро електростанції (ГЕС).

Таблиця 2.8 – Середні концентрації ОЗПП в Чорному морі у 2023 році.

Район	PCB 101	PCB 118	PCB 153	PCB 138	PCB 180	Кз нафталіну	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
CW2	0	0	0	0	0	7,68	8,40	0,43	0,17	0,48	0,14	0,19
CW5	2,53	0	1,54	1,58	0,10	19,4	9,07	11,0	3,88	2,34	2,48	1,75

Оцінки екологічного стану морської води виконані в 2023 р. в районах CW2 та CW5 в прибережних водних масивах за коефіцієнтом забруднення Кз органічних забруднювачів промислового походження, в поверхневому шарі води відповідає: CW2 – «дуже доброму» екологічному стану, CW5 – «дуже поганому» екологічному стану. Найбільше на екологічний стан в прибережному водному масиві CW5 вплинули концентрації індивідуальних ПХБ 101 та 138, їх величина Кз значно перевищує пороговий рівень $>5,0$ «поганого» екологічного стану що наведено в таблиці 2.9 та на рисунку 2.7.

Також підвищені концентрації були зафіксовані в поверхневому шарі за показником Кз ПХБ 153 який відповідає «задовільному» екологічному стану.

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
CW2	0,03	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0,01	0,03	0,01	0,23
CW5	17,5	126	0	1,54	78,8	0,50	0	0,09	0,09	0,23	0,14	0,09	2,13

Оцінка сумарної характеристики екологічного стану водних масивів за показниками Кз ОЗПП надана по найгіршому їх показнику. У зв'язку з цим за рахунок дуже великої кількості вмісту ПХБ 101 та 138 в 2023 р. в районі CW5 відповідають «дуже поганому» екологічному стану.

Виконаний аналіз поліциклічних ароматичних вуглеводнів показав, що сума Σ ПАВ, бензо(а)піреновий еквівалент (B(a)Peq) та сума канцерогенних ПАВ (Σ carc ПАВ) в водному масиві CW2 знаходяться на значно нижчому рівні ніж в водному масиві CW5, що наведено в таблиці 2.10 та на рисунку 2.8. на рівень концентрацій ПАВ в водному масиві CW5 вплинула катастрофа після підриву греблі Каховської ГЕС.

Таблиця 2.10 – Сума ПАВ, бензо(а)переновий еквівалент та сума канцерогенних ПАВ в водних масивах ПЗШ ЧМ в поверхневому шарі морської води у 2023 році.

Водний масив	Σ ПАВ	B(a)Peq	Σ carc ПАВ
CW2	31,4	0,56	1,06
CW5	121	7,75	14,9

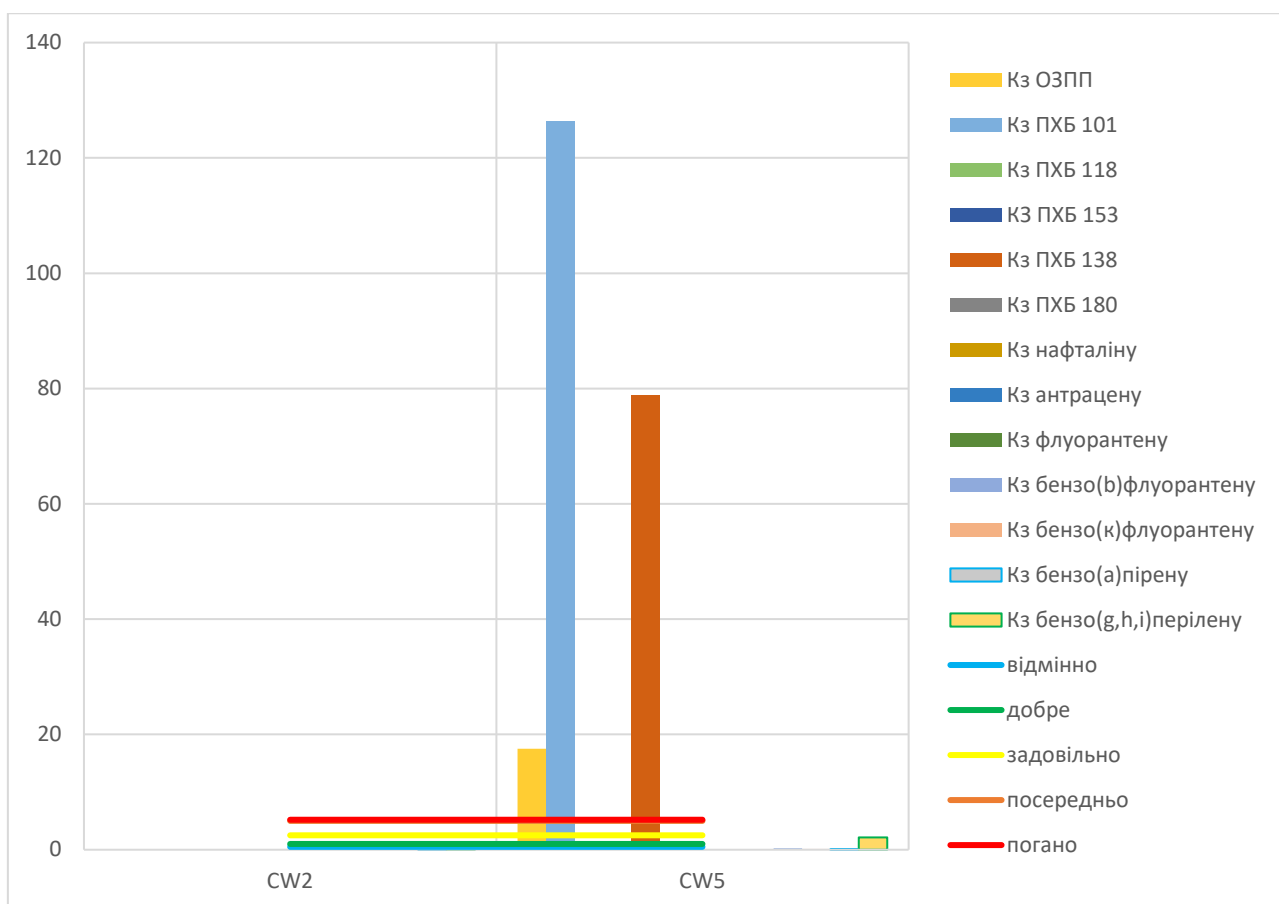


Рисунок 2.7 – Розподіл коефіцієнту забруднення Кз ОЗПП морської води по районах прибережних водних масивів ПЗЧМ в 2023 році

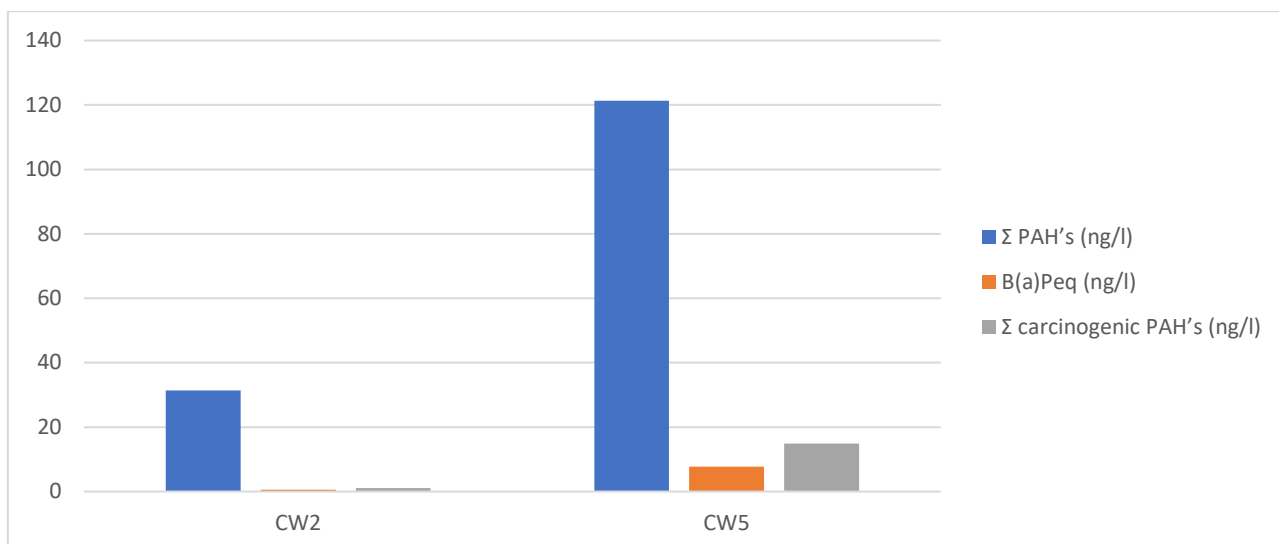


Рисунок 2.8 – Середні значення Σ ПАВ, B(a)P та Σ carc ПАВ у 2023 році

Найбільший вклад в забруднення морської води групою ОЗПП в 2023 році в водному масиві CW2 вносили бензо(g,h,i)перілен та антрацен, в CW 5 вносили ПХБ 101 та 138 (рис. 2.9), це також вказує на вплив витоків забруднення різного характеру.

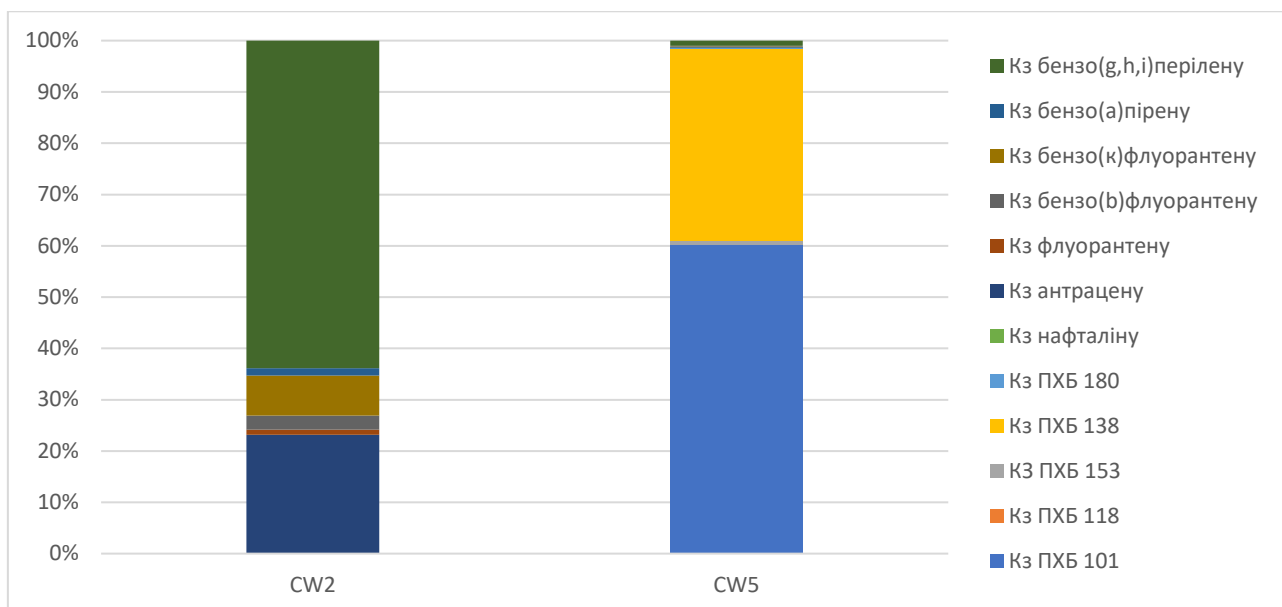


Рисунок 2.9 – Вклад Кз індивідуальних ОЗПП в загальну суму забруднення морської води ОЗПП прибережних водних масивів ПЗЧМ в 2023 році

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

Оскільки в Чорному морі суттєво на екологічний стан впливає проведення бойових дій викликаних агресією російської федерації, для оцінки наслідків війни потребується проведення додаткових досліджень специфічних забруднюючих речовин та суми нафтових вуглеводнів (НВ). В таблиці 2.11 наведені результати досліджень суми НВ в водному масиві CW2 та CW5 по

місяцях в 2023 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 2023 році.

Водний масив	Дата	Станція	Нафтопродукти, мг/л
CW5	16.01.1900	Yk 1	0,07
CW5	22.02.2023	Yk 1	0,28
CW5	15.03.2023	Yk 1	0,11
CW5	13.04.2023	Yk 1	0,18
CW5	10.05.2023	Yk 1	0,08
CW5	09.06.2023	mF 1	0,11
CW5	14.06.2023	Yk 1	0,10
CW5	14.06.2023	mF 1	0,08
CW2	16.06.2023	S 1	0,11
CW5	20.06.2023	bF 1	0,27
CW5	20.06.2023	bF 2	0,18
CW5	05.07.2023	bF 3	0,13
CW5	20.07.2023	Yk 1	0,11
CW5	20.07.2023	mF 1	0,11
CW5	15.08.2023	Yk 1	0,08
CW5	15.08.2023	mF 1	0,07
CW5	21.09.2023	Yk 1	0,26
CW5	11.10.2022	Yk 1	0,18
CW5	11.10.2023	mF 1	0,08
CW5	16.11.2023	Yk 1	0,22
CW5	16.11.2023	mF 1	0,05
CW5	19.12.2023	Yk 2	0,11

Як видно з таблиці 2.11 в водному масиві CW2 та CW5 ПЗШ ЧМ в поверхневому шарі морської води концентрації НВ перевищують ГДК, крім листопада на станції Міс Малий Фонтан.

Також проводиться спостереження за можливим забрудненням НВ морської води використовуючи супутникові знімки.

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

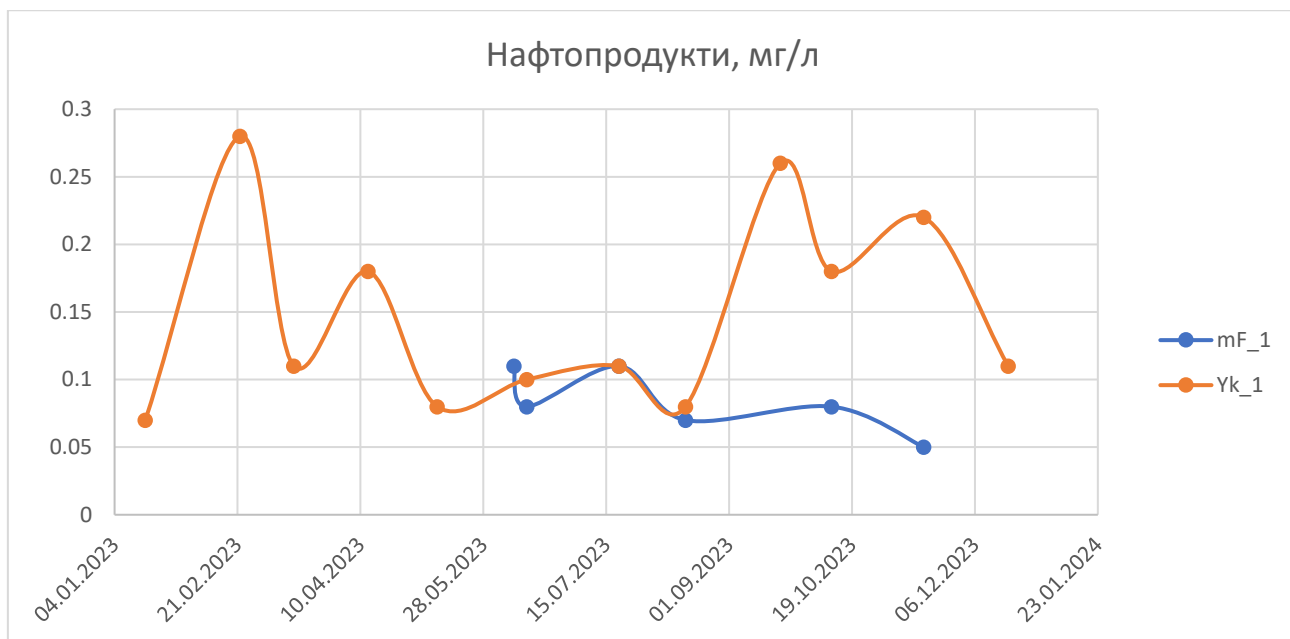


Рисунок 2.10 – Мінливість концентрації НВ на станціях відбору в водному тілі CW5.

Як видно з рисунку 2.10 в зимові та осінні місяці 2023 року концентрації НВ на станції відбору проб Yk_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). Також після підриву греблі Каховської ГЕС в червні місяці помітне підвищення концентрацій НВ як на станції відбору проб mF_1, де не має перешкод в водообміні з відкритим морем, так і на станції Yk_1. Після серпня місяця спостерігається поступове зниження концентрацій НВ на станції mF_1, забруднення принесене водою після підриву греблі спадає.

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

Після підриву греблі Каховської гідро електростанції 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. Загалом було проведено 3 експедиції.

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 2023 році.

Водний масив	Кз ТМ	Кз Cd	Кз Hg	Кз Pb	Кз Ni	Кз Cr	Кз As	Кз Co	Кз Cu	Кз Zn		Оцінка		
Річки Дніпро, Південний Буг та Дніпро-Бузький лиман	17,2	0,12	0,03	0,04	0,05	0,01	0,23	0,23	139	15,6		Погано		
	Кз ОЗСП	Кз ДДТ	Кз ΣДДТ	Кз β-НСН	Кз γ-НСН	Кз ΣНСН	Кз Гексахлорбензол	Кз Гептахлору	Кз Σ Циклодієнових					
	10,9	0,32	0,20	0,01	3,15	0,44	0,04	82,2	1,18					
	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(b)флуорантену	Кз бензо(k)флуорантену		Кз бензо(a)пірену	Кз бензо(g,h,i)перілену
	22,8	183	0	1,56	85,3	0,18	0	0,08	0,03	0,48	0,13		0,04	3,47

За даними виконаного аналізу вмісту ТМ, ОЗСП та ОЗПП в 2023 році вода яка надходила до Чорного моря після підриву Каховської ГЕС відповідала дуже поганому екологічному стану (табл. 2.12).

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

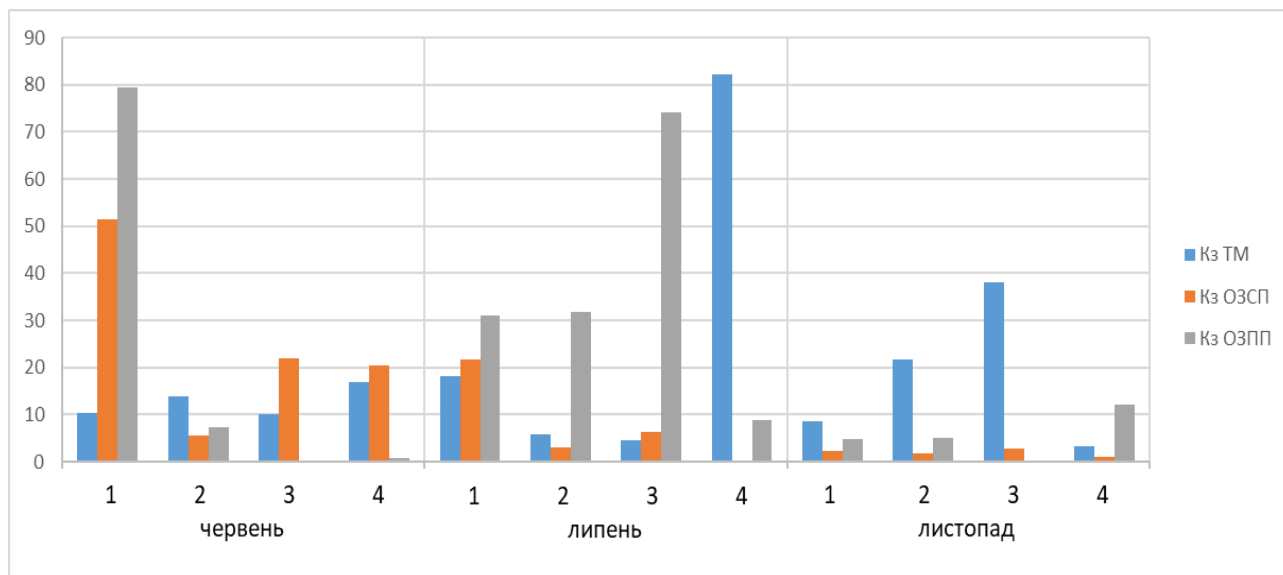
Район 1 – проби відібрані з притоку Дніпра, місце розташування саме вище за течією;

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

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

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

На рисунку 2.11 представлені Кз ТМ, ОЗСП, ОЗПП в воді у червні, липні та листопаді 2023 року в річках Дніпро, Південний Буг та в Дніпро-Бузькому лимані.



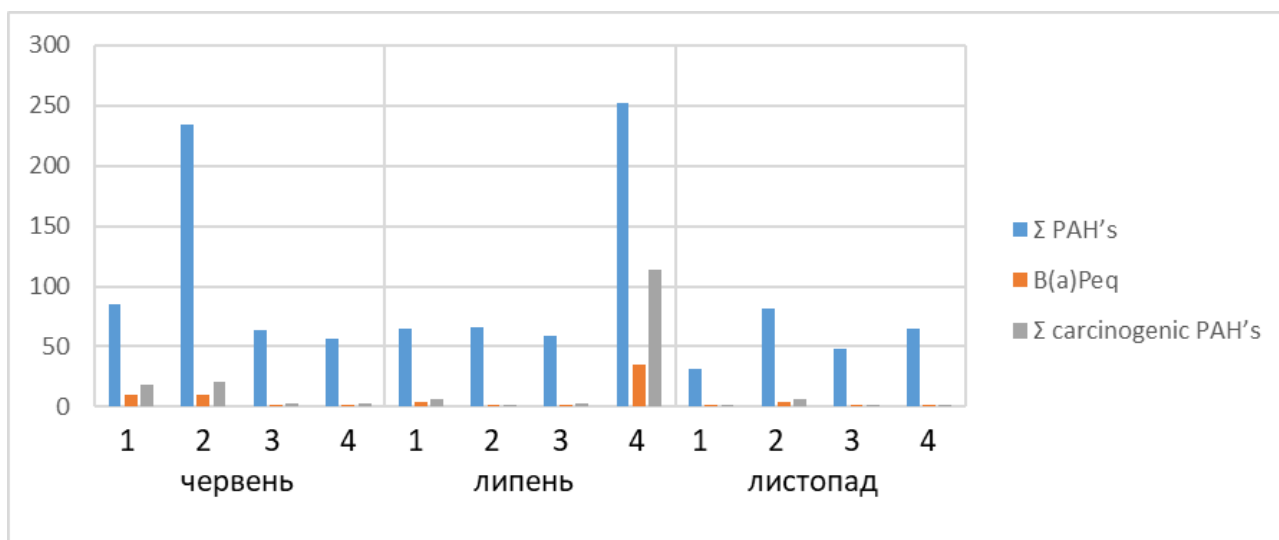
1, 2, 3, 4 – райони

Рисунок 2.11 – Кз ТМ, ОЗСП, ОЗПП води в річках Дніпро, Південний Буг та в Дніпро-Бузькому лимані в червні, липні та листопаді 2023 року.

Як видно з рисунку 2.11 в червні 2023 року, після підриву греблі Каховської ГЕС, забруднення в воді були сконцентровані в районах ближчих до водосховища, з часом забруднення почали переноситись нижче за течією, це помітно за показниками в липні 2023 року, при цьому перенос забруднюючих речовин не рівномірний. Досліджувані забруднюючі речовини погано розчинні в воді та відрізняються між собою в розчинності та швидкості осідання, це пояснює ці розбіжності в розподілах концентрацій груп забруднюючих речовин.

В листопаді загальний рівень концентрації забруднюючих речовин в воді спав, в районі 4 зниження концентрацій забруднюючих речовин прискорене за рахунок зустрічі прісної води з солоною морською водою, що прискорює седиментацію.

На рисунку 2.12 наведено результати виконаного аналізу поліциклічних ароматичних вуглеводнів, картина розподілу по районах та в часі суми Σ ПАВ, бензо(а)піренового еквіваленту (B(a)P_{eq}) та суми канцерогенних ПАВ (Σ carc ПАВ) ідентично, описаному висше, перенесенню забруднюючих речовин.



1, 2, 3, 4 – райони

Рисунок 2.12 – Середні значення Σ ПАВ, B(a)P_{eq} та Σ carc ПАВ в річках Дніпро, Південний Буг та в Дніпро-Бузькому лимані в червні, липні та листопаді 2023 року.

Також з рисунку 2.12 видно що в воді районів 1 та 2 концентрація канцерогенних речовин перевищують показник токсичності (B(a)Peq), це може негативно впливати на біологічні об'єкти, з точки розвитку ракових захворювань.

Оцінка вмісту нафтових вуглеводнів.

В таблиці 2.13 наведені результати досліджень суми НВ в воді річок Дніпро, Південний Буг та в Дніпро-Бузькому лимані у 2023 році. Гранично допустимі концентрації (ГДК) для НВ взяті з національного законодавства та дорівнюють 0,05 мг/дм³.

Таблиця 2.13 – Концентрація НВ в річках Дніпро, Південний Буг та в Дніпро-Бузькому лимані у 2023 році.

Місце відбору проб	Дата	Нафтопродукти, мг/л
Снігурівка	15.06.2023	0,125
Афанасівка	15.06.2023	0,2
Херсон	15.06.2023	0,12
Білозірка	15.06.2023	0,41
Софіївка	15.06.2023	0,09
с.Рад сад	15.06.2023	0,03
с.Дмитрівка	15.06.2023	0,09
Білозірка	04.07.2023	0,27
Софіївка	04.07.2023	0,05
Лупарево	04.07.2023	0,09
Миколаїв	04.07.2023	0,56
Очаків	04.07.2023	0,14
Снігурівка	04.07.2023	0,64
Афанасіївка	04.07.2023	0,15
Херсон	02.11.2023	0,25
Білозірка	02.11.2023	0,09
Софіївка	02.11.2023	0,11
Лупарево	02.11.2023	0,16
Рад.сад	02.11.2023	0,31
Очаків	02.11.2023	0,38
Снігурівка	02.11.2023	0,23
Афанасіївка	02.11.2023	0,07
Афанасіївка Колодязь	02.11.2023	0,15

Як видно з таблиці 2.13 концентрації НВ знаходяться на високому рівні, перевищення ГДК помічені на всіх станціях відбору проб в червні, липні та листопаді.

За досліджений проміжок часу води річок несли до моря НВ в небезпечних концентраціях.

Небезпечність для людини

В таблиці 2.14 приведені суми концентрацій небезпечних речовин, по класам небезпеки, в відібраних пробах, та рівень концентрацій цих речовин які є загрозою для людини.

Таблиця 2.14 – Сума концентрацій небезпечних речовин, по класам небезпеки, в відібраних пробах.

Місце відбору проби	Дата	Одиниці виміру	Сума речовин класу небезпеки 1 у воді	Сума речовин класу небезпеки 2 у воді	Сума речовин класу небезпеки 3 у воді
Доза при потраплянні якої до шлунку не гарантовано життя на 100%		мкг/кг ваги	5000	50000	300000
Снігурівка	15.06.2023	мкг/л	0,01	62,6	25,1
Афанасівка	15.06.2023	мкг/л	1,45	157	129
Херсон	15.06.2023	мкг/л	0,01	64,5	30,0
Білозірка	15.06.2023	мкг/л	2,23	71,0	46,1
Софіївка	15.06.2023	мкг/л	0,01	75,8	42,3
с.Рад сад	15.06.2023	мкг/л	0,09	63,3	21,1
с.Дмитрівка	15.06.2023	мкг/л	0,98	84,8	57,1
Херсон	04.07.2023	мкг/л	1,14	66,2	44,0
Білозірка	04.07.2023	мкг/л	1,22	55,3	35,1
Софіївка	04.07.2023	мкг/л	1,63	119	76,1
Лупарево	04.07.2023	мкг/л	1,08	80,5	69,4
Миколаїв	04.07.2023	мкг/л	0,02	114	99,1
Очаків	04.07.2023	мкг/л	0,01	83,0	52,1
Снігурівка	04.07.2023	мкг/л	1,25	424	393
Афанасіївка	04.07.2023	мкг/л	0,02	181	155
Свердловина Афанасіївка	04.07.2023	мкг/л	0,02	155	113
Херсон	02.11.2023	мкг/л	2,07	124	116
Білозірка	02.11.2023	мкг/л	1,67	23,3	0,07
Софіївка	02.11.2023	мкг/л	2,59	7,03	0,07
Лупарево	02.11.2023	мкг/л	0,89	99,9	58,1
Рад.сад	02.11.2023	мкг/л	0,05	97,7	67,0
Очаків	02.11.2023	мкг/л	0,01	26,2	25,1
Снігурівка	02.11.2023	мкг/л	0,0	126	120
Афанасіївка	02.11.2023	мкг/л	0,02	77,2	75,1
Афанасіївка Колодязь	02.11.2023	мкг/л	0,01	122	93,1
Афанасіївка Скважина	02.11.2023	мкг/л	0,01	10,4	0,11

Розподіливши речовини за класами небезпеки, і підсумувавши їх (табл. 2.14) видно, що присутність токсичних речовин, які були проаналізовані, в одному літрі води значно нижча за кількість, яка може мати летальний вплив на людину при випадковому попаданні в шлунок. Але небезпека полягає в тому, що токсичні речовини, досліджені в пробах води, потрапивши в живий організм, не виводяться з нього, накопичуються і з часом можуть призвести до згубних наслідків.

3. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ПО РАЙОНАМ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРЮДНЮЮЧИХ 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	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	
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 2023 році не проводилось.

3.1 Наслідки підриву греблі Каховської ГЕС, дослідження донних відкладень на вміст забруднюючих речовин.

3.1.1 Група токсичних металів

В таблиці 3.3 наведені Кз для ТМ в донних відкладеннях.

Концентрації всіх металів в досліджених пробах донних відкладень знаходяться на рівні дуже доброго та доброго екологічного статусу, це корелює з припущенням що метали дуже швидко біли перенесені з хвилю води після підриву dam at the Kakhovka HPS до чорного моря (табл. 3.3).

На рисунку 3.1 наведено розподіл групового Кз ТМ в донних відкладеннях досліджених районів в 2023 році. З рисунку видно що після підриву dam at the Kakhovka HPS в червні концентрації групи металів в більших по значенню концентраціях виявлені в районах 3,4, нижчих за течією. В районі 1 концентрації металів в донних відкладеннях з червня по липень зростали, це можна пояснити тим що цей район розташований ближче до дамби Каховської ГЕС але в притоці

рики Дніпро, і течією не переносились метали до Чорного моря достатньо швидко. В листопаді продовжився перенос металів з ріки до Чорного моря.

Таблиця 3.3 – Kz ТМ в досліджених пробах донних відкладень у 2023 році.

Date	Area	KzCd	KzCr	KzCu	KzAs	KzHg	KzPb	KzZn	KzNi	KzCo
червень	area1	0,21	0,21	0,14	0,11	0,11	0,08	0,25	0,23	0,18
	area2	0,06	0,07	0	0	0	0,03	0,10	0,12	0,01
	area3	0,14	0,42	0,06	0,14	0	0,17	0,39	0,53	0,37
	area4	0,26	0,70	0,49	0,04	0	0,20	0,93	0,76	0,37
липень	area1	0,14	0,20	0,09	0,17	0	0,16	0,35	0,30	0,36
	area2	0,05	0,06	0	0,02	0	0,07	0,16	0,04	0,04
	area3	0,04	0,04	0	0,08	0	0,09	0,15	0,44	0,02
	area4	0,09	0,04	0	0	0	0,15	0,17	0,33	0,05
листопад	area1	0,08	0,02	0,15	0,04	0,37	0,02	0,19	0,05	0,03
	area2	0,12	0,15	0,28	0,16	0,11	0,17	0,36	0,46	0,15
	area3	0,04	0,03	0,07	0,24	0,30	0,02	0,22	0,10	0,03
	area4	0,05	0,20	0,06	0,11	0	0,04	0,18	0,03	0,06

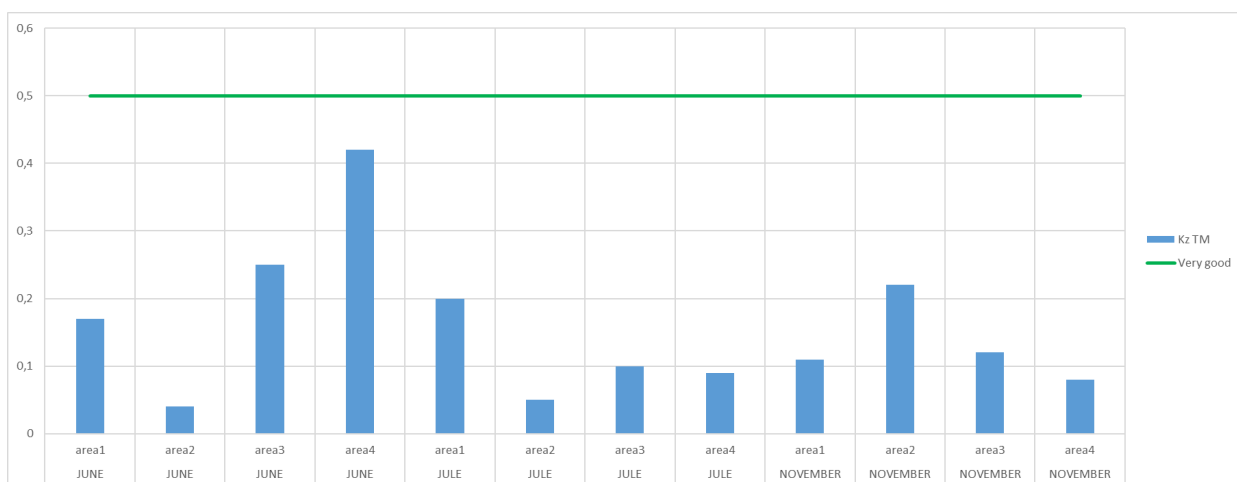


Рисунок 3.1 –Kz ТМ в досліджених районах в 2023 році

За показниками Kz індивідуальних металів групи ТМ, рисунок 3.2, найбільший вклад в рівень забруднення ТМ в донних відкладеннях досліджених районів припадає на концентрації:

після підриву дамби Каховської ГЕС в червні

- Кобальт, нікель, цинк, кадмій, хром в районі 1;
- Нікель, цинк, кадмій, хром в районі 2;
- Кобальт, нікель, цинк, кадмій в районі 3;
- Нікель, цинк, кадмій в районі 4;

в липні

- Кобальт, нікель, цинк, хром в районі 1;
- Цинк, свинець, кадмій, хром 2;
- Нікель, цинк в районі 3;
- Нікель, цинк, свинець в районі 4;

листопад

- Цинк, ртуть, мідь в районі 1;
- Нікель, цинк, мідь в районі 2;
- Цинк, ртуть, миш'як в районі 3;
- Цинк, хром в районі 4.

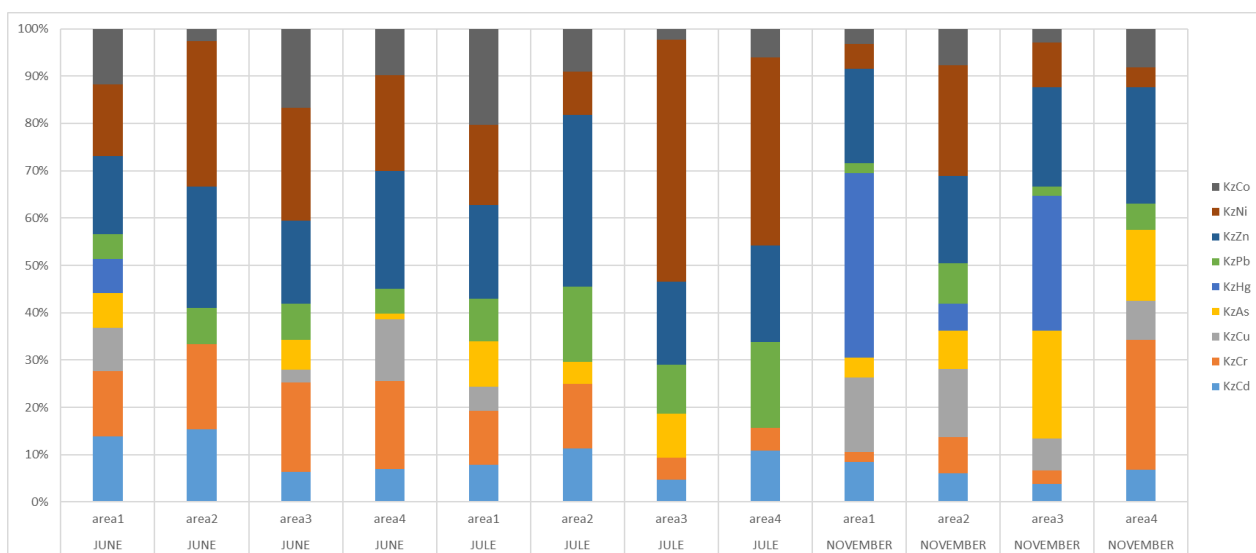


Рисунок 3.2 – Вклад Kz індивідуальних ТМ в загальну суму забруднення донних відкладень ТМ в досліджених районах у 2023 році

3.1.2 Група забруднюючих речовин сільськогосподарського походження

В таблиці 3.4 наведені Kz для ОЗСП в донних відкладеннях.

Концентрації індивідуальних ОЗСП в донних відкладеннях загалом спостерігались на низькому рівні. Зафіксовані перевищення:

- DDT total в area1 (червень, липень, листопад), area2 (червень, липень, листопад), area4 (червень, липень), area3 (липень, листопад);
- β -HCH в area1 (червень), area4 (липень, листопад), area2 (листопад);
- Lindane в area2 (листопад), area3 (листопад);
- HCH total в area4 (листопад);
- Hexachlorobenzene в area1 (липень), area4 (липень, листопад);
- Heptachlor в area2 (червень, липень), area1 (липень), area4 (липень, листопад).

На рисунку 3.3 наведено розподіл групового Kz ОЗСП в донних відкладеннях досліджених районів в 2023 році. З рисунку видно що ОЗСП знаходяться в донних відкладеннях в концентраціях які в більшому степені впливають на зниження оцінки екологічного стану ніж концентрації металів. Це підтверджує припущення, яке зроблено при аналізі результатів дослідження води, що перенос хвилюю води, після підриву дамби Каховської ГЕС, ОЗСП та до Чорного моря відбувався повільніше ніж перенос металів.

За показниками Kz індивідуальних сполук групи ОЗСП, рисунок 3.4, найбільший вклад в рівень забруднення РАО в досліджених районах припадає на концентрації:

після підриву dam at the Kakhovka HPS в червні

- DDT total, β -HCH в area1;
- DDT total, Heptachlor в area2;
- DDT total, Aldrin, Heptachlor в area3;
- DDT total в area;

в липні

- DDT total, Heptachlor in area1;
- DDT total, Heptachlor, β -HCH in area2;
- DDT total in area3;
- β -HCH, Hexachlorobenzene in area4;

листопад

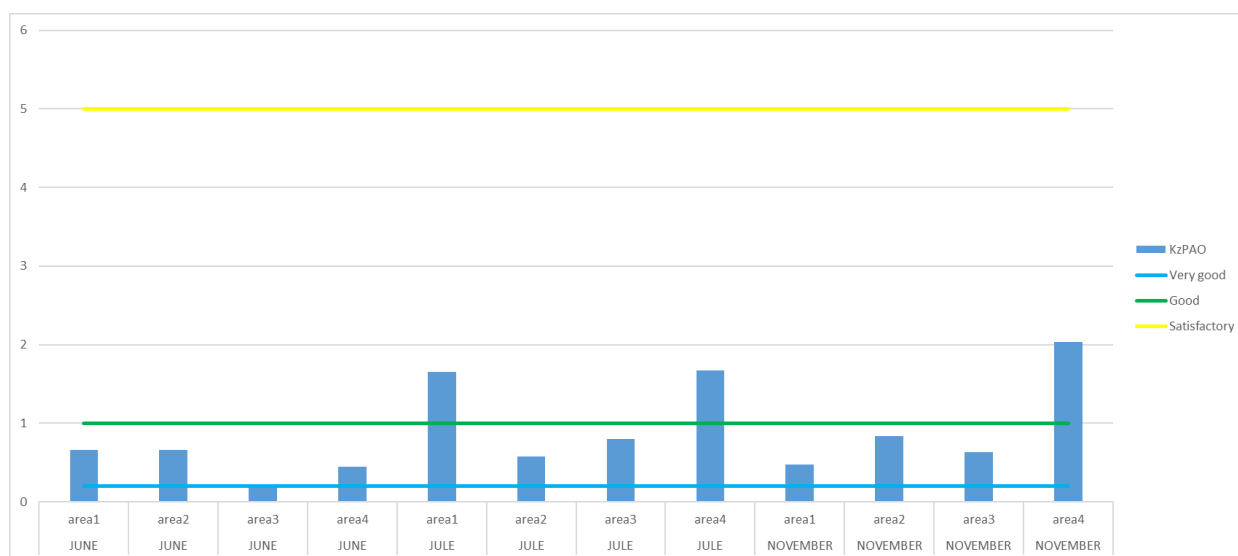
- DDT total в area1;

- DDT total, β -HCH, Lindane в area2;
- DDT total, Lindane в area3;
- β -HCH, Heptachlor в area;

З рисунку 3.4 видно що забруднення во всіх відібраних пробах донних відкладень різняться, можна припустити що це обумовлено місцевими специфічними джерелами забруднення.

Таблиця 3.4 – Kz PAO в досліджених пробах донних відкладень у 2023 році.

Date	Area	Kz DDT total	Kz α -HCH	Kz β -HCH	Kz γ -HCH (Lindane)	Kz HCH total	Kz Hexachlorobenzene	Kz Heptachlor	Kz Aldrin	Kz Dieldrin
червень	area1	3,04	0,37	1,21	0	0,43	0	0,64	0,29	0
	area2	3,03	0,15	0,39	0	0,15	0,52	1,34	0,40	0
	area3	0,67	0	0,31	0	0,06	0	0,30	0,44	0
	area4	3,81	0	0	0	0	0,13	0	0,12	0
липень	area1	3,34	0,10	0,61	0	0,17	1,96	8,64	0	0
	area2	2,43	0,22	0,93	0	0,30	0,03	1,31	0	0
	area3	4,63	0,37	0,56	0	0,30	0,06	1,00	0,25	0
	area4	1,66	0	4,93	0	0,99	5,96	1,46	0	0
листопад	area1	2,74	0,09	0,58	0	0,16	0,05	0,32	0,33	0
	area2	2,17	0,04	2,34	1,47	0,50	0,63	0,41	0	0
	area3	1,40	0,02	0,26	2,80	0,09	0,56	0,55	0	0
	area4	0,19	0,15	5,52	0	1,18	1,78	9,46	0	0



Позначка PAO – ОЗСП

Рисунок 3.3 – Kz ОЗСП в досліджених районах в 2023 році

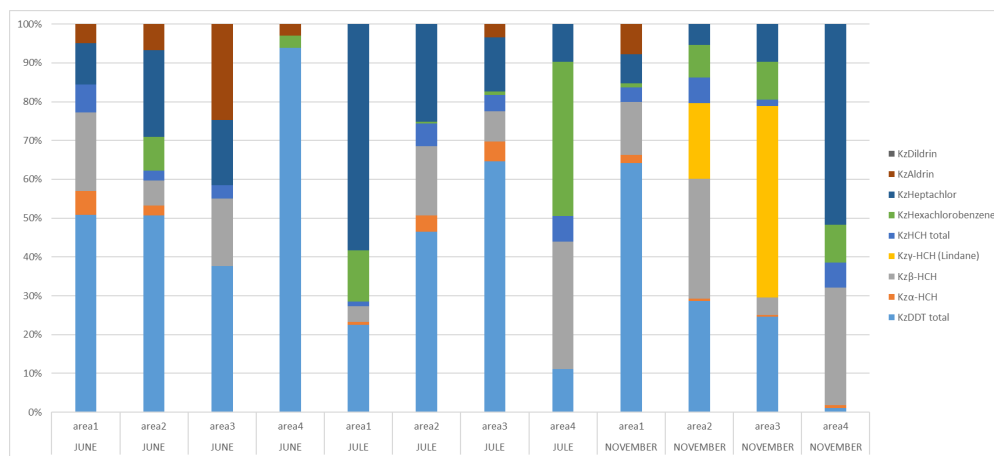


Рисунок 3.4 – Вклад Kz індивідуальних ОЗСП в загальну суму забруднення донних відкладень ОЗСП в досліджених районах у 2023 році

3.1.3 Група забруднюючих речовин промислового походження

В таблиці 3.5 наведені Kz для ОЗПП в донних відкладеннях.

Таблиця 3.5 – Kz ОЗПП в досліджених пробах донних відкладень у 2023 році.

Дата	Район	KzPCB 28	KzPCB 52	KzPCB 101	KzPCB 118	KzPCB 126	KzPCB 138	KzPCB 153	KzPCB 156	KzPCB 180	Kz Naphtalene	Kz Phenanthrene	Kz Anthracene	Kz Fluoranthene	Kz Chrysene	Kz Benzo(b)fluoranthrene	Kz Benzo(k)fluoranthrene	Kz Benzo(a)pyrene	Kz Indeno(1,2,3cd)pyrene	Kz Benzo(g,h,i)perylene
червень	area1	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0	1,22	2,62	2,77	7,85	0,20	0,12	0,43	1,04	1,75	1,18
	area2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,37	2,14	0,18	4,69	0,01	0,01	0,23	0,37	0,32	0,42
	area3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,74	1,10	0,23	2,16	0	0	0,24	0,45	0,43	0,53
	area4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,26	0,38	0,17	3,43	1,58	1,89	1,09	1,67	1,56	1,77

липень	area1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,66	1,35	0,30	7,59	1,65	2,13	0,99	1,66	1,33	1,56
--------	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Кінець таблиці 3.5

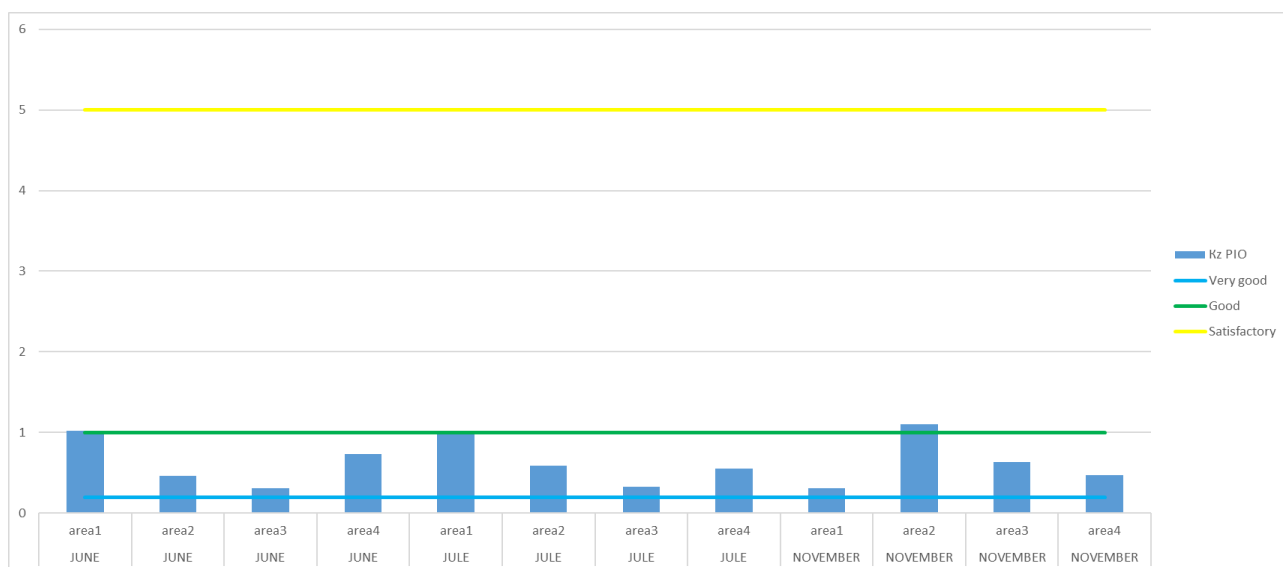
	area2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,80	2,16	0,20	5,49	0,09	0,10	0,37	0,71	0,59	0,75
	area3	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0,55	1,49	0,24	3,39	0	0	0,13	0,15	0,14	0,20
	area4	0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	2,24	0,32	5,36	0,04	0,10	0,47	0,13	0,12	0,24
	листопад	area1	0	0	0	0	0	0	0,01	0,94	1,24	0,19	2,47	0,01	0,02	0,20	0,24	0,22	0,29
	area2	0	0	0	0	0	0	0,01	0,41	1,14	0,35	8,32	1,85	2,34	1,14	1,99	1,53	1,76	
	area3	0	0	0	0	0	0	0	0,93	2,07	0,35	5,18	0,18	0,71	0,44	0,82	0,64	0,73	
	area4	0	0	0	0	0	0	0	0,74	1,54	0,21	5,36	0,02	0,03	0,23	0,26	0,22	0,36	

Як видно з таблиці 3.5 в донних відкладеннях концентрації індивідуальних поліхлорованих біфенілів (ПХБ) з групи ОЗСП були на низькому рівні і відповідали дуже доброму екологічному статусу. По концентраціям поліароматичних вуглеводнів (ПАВ) зафіксовані перевищення:

- Naphtalene в area1 (червень), area4 (липень);
- Phenanthrene в area1 (червень, липень, листопад), area2 (червень, липень, листопад), area3 (червень, липень, листопад), area4 (липень, листопад);
- Anthracene в area1 (червень);
- Fluoranthene в area1 (червень, липень, листопад), area2 (червень, липень, листопад), area3 (червень, липень, листопад), area4 (червень, липень, листопад);
- Chrysene в area4 (червень), area1 (липень), area2 (листопад);
- Benzo(b)fluoranthrene в area4 (червень), area1 (липень), area2 (листопад);
- Benzo(k)fluoranthrene в area4 (червень), area2 (листопад);

- Benzo(a)pyrene в area1 (червень, липень), area4 (червень), area2 (листопад);
- Indeno(1,2,3cd)pyrene в area1 (червень, липень), area4 (червень), area2 (листопад);
- Benzo(g,h,i)perylene в area1 (червень, липень), area4 (червень), area2 (листопад).

На рисунку 3.5 наведено розподіл групового Kz ОЗПП в донних відкладеннях досліджених районів в 2023 році. З рисунку видно що після підриву дамби Каховської ГЕС в червні концентрації ОЗПП в донних відкладеннях поступово переносяться з району ближчого до зруйнованої дамби до районів нижче за течією, таке саме явище спостерігається за результатами дослідження води в цих районах.



Позначка РІО – ОЗПП

Рисунок 3.5 – Kz ОЗПП в донних відкладеннях досліджених районів в 2023 році

За показниками Kz індивідуальних сполук групи ОЗПП, рисунок 3.6, найбільший вклад в рівень забруднення ОЗПП в донних відкладеннях досліджених районах припадає на концентрації :

після підриву дамби Каховської ГЕС в червні

- Fluoranthene, Anthracene, Phenanthrene в area1;

- Fluoranthene, Phenanthrene в area2;
- Fluoranthene, Phenanthrene, Naphtalene в area3;
- Fluoranthene в area4;

В ЛИПНІ

- Fluoranthene в area1;
- Fluoranthene, Phenanthrene в area2;
- Fluoranthene, Phenanthrene в area3;
- Fluoranthene, Phenanthrene, Naphtalene в area4;

ЛИСТОПАД

- Fluoranthene, Phenanthrene, Naphtalene в area1;
- Fluoranthene в area2;
- Fluoranthene, Phenanthrene в area3;
- Fluoranthene, Phenanthrene в area4;

З рисунку 3.6 видно що забруднення донних відкладень, по вкладу індивідуальних ОЗПП, з часом змінюються по всіх досліджених районах та основне забруднення вносять одні й ти самі метали.

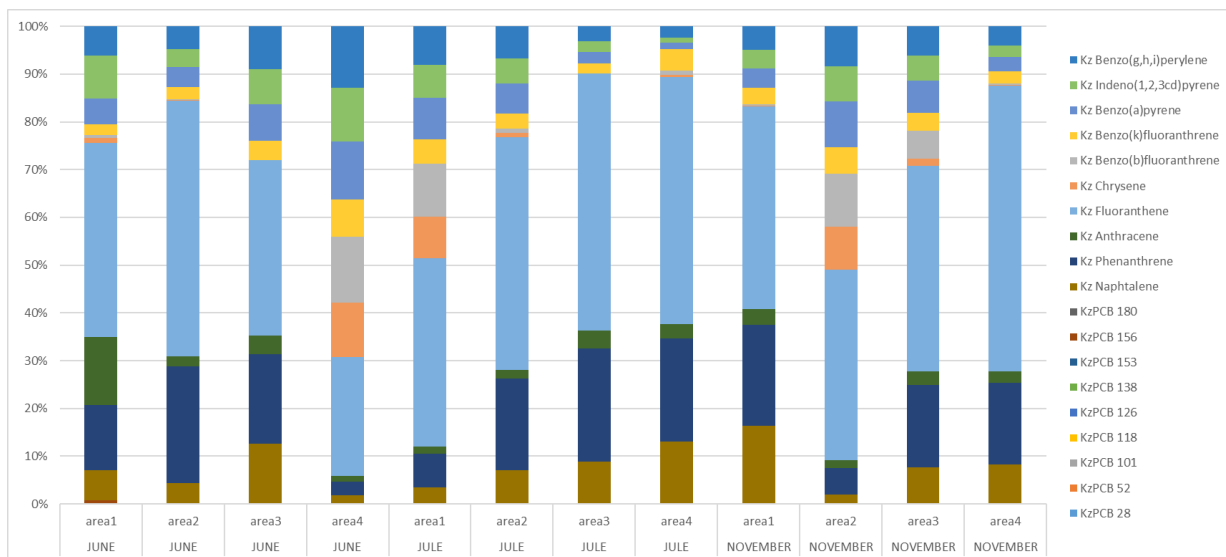


Рисунок 3.6 – Вклад Кз індивідуальних ОЗПП в загальну суму забруднення донних відкладень ОЗПП в досліджених районах у 2023 році

3.1.4 Загальна екологічна оцінка донних відкладень в досліджених районах

В таблиці 3.6 наведені Kz для ТМ, ОЗСП та ОЗПП в донних відкладеннях і загальна екологічна оцінка донних відкладень.

Таблиця 3.6 – Kz ТМ, ОЗСП та ОЗПП в досліджених пробах донних відкладеннях в 2023 році.

Дата	Район	Kz ТМ	KzPAO	Kz PIO	Загальна екологічна оцінка донних відкладень
June	area1	0,17	0,66	1,02	Задовільно
June	area2	0,04	0,66	0,46	Добре
June	area3	0,25	0,20	0,31	Добре
June	area4	0,42	0,45	0,73	Добре
July	area1	0,20	1,65	1,01	Задовільно
July	area2	0,05	0,58	0,59	Добре
July	area3	0,10	0,80	0,33	Добре
July	area4	0,09	1,67	0,55	Задовільно
November	area1	0,11	0,47	0,31	Добре
November	area2	0,22	0,84	1,10	Задовільно
November	area3	0,12	0,63	0,63	Добре
November	area4	0,08	2,03	0,47	Задовільно

3.1.5 Оцінка донних відкладень за концентраціями ПАВ

Поліциклічні (або поліядерні) ароматичні вуглеводні містять групу подібних органічних сполук, що складаються з принаймні двох бензольних кілець. Зазвичай вони виникають в результаті неповного згоряння органічних матеріалів (таких як вугілля, бензин, дизельне паливо та деревина). ПАВ токсичні та канцерогенні. Ступінь токсичності та канцерогенності залежить від типу (або конгенеру) ПАВ. ПАВ зазвичай містяться в сумішах, тому важко визначити ризик, який може становити суміш.

Основними джерелами викидів техногенних ПАВ в навколишнє середовище є підприємства енергетичного комплексу, автомобільного транспорту, хімічної та нафтопереробної промисловості, а з 2022 року в Україні

це бойові дії. Практично всі техногенні джерела ПАВ базуються на термічних процесах.

У статті [13], присвяченій біологічному та біохімічному контролю ПАВ при впливі на населення, зазначено наступне. ПАВ є всюдисущими канцерогенами, яким людина піддається в навколишньому середовищі та на певних робочих місцях. Тому оцінка ризику здоров'ю має велике професійно-медичне та еколого-медичне значення.

У роботі [14] зазначається, що ПАВ утворюються при неповному згорянні органічного матеріалу, наприклад, у вигляді компонентів у вихлопних газах і в димі лісових пожеж. Для визначення типу забруднення ПАВ та ступеню забрудненості донних відкладень розраховувались сума канцерогенних ПАВ [15] та геохімічні маркери по середнім значенням концентрацій ПАВ [16].

Геохімічні маркери, такі як відношення Phenanthrene to Anthracene (Ph/An), відношення суми Pyrene and Fluoranthene до суми Chrysene та Phenanthrene ((Py+Flu)/(Chr+Ph)), відношення Fluoranthene до Pyrene (Flu/Py), відношення Fluoranthene до суми Fluoranthene та Pyrene (Flu/(Flu+Py)), відношення Benzo(a)anthracene до суми сполук з молекулярною масою 228 (BaA/228).

Ступень забрудненості донних відкладень оцінювалась за класами [17]:

- незначно забруднені при сумі ПАВ $<250 \mu\text{g/kg}$;
- забруднені при сумі ПАВ ≥ 250 та $\leq 500 \mu\text{g/kg}$;
- сильно забруднені при сумі ПАВ $>500 \mu\text{g/kg}$.

В таблиці 3.7 наведені результати оцінки донних відкладень в досліджених районах в 2023 році, з таблиці видно що Σ carcinogenic PAH's перевищує B(a)Pec в досліджених пробах, це характеризує присутність сполук що не надають високий токсичний вплив на біологічні об'єкти але можуть накопичуватись в них та викликати не зворотні зміни в генетичного апарату.

Таблиця 3.7 – Σ PAH's, B(a)P_{eq}, Σ carcinogenic PAH's та класифікація проб донних відкладень.

Дата та місце	Σ PAH's	B(a)P _{eq}	Σ carcinogenic PAH's	Класифікація проб по забрудненості ПАВ
червень area1	1256,59	92,88	263,41	дуже забруднені
червень area2	487,89	43,66	70,09	забруднені
червень area3	283,75	38,77	91,64	забруднені
червень area4	509,81	137,4	389,93	дуже забруднені
липень area1	739,97	129,34	348,16	дуже забруднені
липень area2	589,11	67,4	134,21	дуже забруднені
липень area3	319,74	22,4	28,83	забруднені
липень area4	507,37	30,8	45,53	дуже забруднені
листопад area1	291,55	25,73	46,33	забруднені
листопад area2	858,98	159,47	410,25	дуже забруднені
листопад area3	557,75	65,6	146,23	дуже забруднені
листопад area4	486,95	39,41	48,74	забруднені

Геохімічні маркери наведені у таблиці 3.8. У таблиці 3.9 наведено оцінку можливих джерел надходження забруднень.

Таблиця 3.8 – Геохімічні маркери in sediments

Дата та місце	Ph/An	(Py+Flu)/(Chr+Ph)	Flu/Py	Flu/Flu+Py	BaA/228
червень area1	0,85	1,53	1,77	0,64	0,63
червень area2	10,47	3,06	0,31	0,24	0,63
червень area3	4,31	2,04	0,47	0,32	1,00
червень area4	1,97	2,42	0,64	0,39	0,46
липень area1	4,03	3,26	0,51	0,34	0,44
липень area2	9,74	3,24	0,34	0,26	0,47
липень area3	5,70	2,90	0,35	0,26	0,43
липень area4	6,37	2,90	0,37	0,27	0,31
листопад area1	5,79	2,82	0,30	0,23	0,19
листопад area2	2,97	4,17	0,44	0,31	0,44
листопад area3	5,36	2,43	0,42	0,30	0,2
листопад area4	6,69	4,91	0,31	0,23	0,48

Таблиця 3.9 – Оцінка можливих джерел надходження забруднень

Дата та місце	Ph/An (probability 66,7%)	(Py+Flu)/ (Chr+Ph) (probability 70,8%)	Flu/Py (probability 50%)	Flu/Flu+Py (probability 79,2%)	BaA/228 (probability 66,7%)
червень area1	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	петрогенні ПАВ	пірогенні ПАВ (спалювання гасу і трави, більшості вугілля і дров; креозот)	пірогенні ПАВ
червень area2	петрогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	петрогенні ПАВ	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	пірогенні ПАВ
червень area3	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	спалювання деревини	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	пірогенні ПАВ
червень area4	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	спалювання деревини	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	пірогенні ПАВ
липень area1	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	спалювання деревини	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	пірогенні ПАВ
липень area2	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	петрогенні ПАВ	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	пірогенні ПАВ
липень area3	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	петрогенні ПАВ	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	пірогенні ПАВ
липень area4	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	петрогенні ПАВ	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	-
листопад area1	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	петрогенні ПАВ	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	петрогенні ПАВ
листопад area2	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	спалювання деревини	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	пірогенні ПАВ
листопад area3	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	спалювання деревини	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	-
листопад area4	пірогенні ПАВ	пірогенні ПАВ	петрогенні ПАВ	петрогенні ПАВ (більшість нафтопродуктів)	пірогенні ПАВ

Як видно з таблиці 3.9 во всіх донних відкладеннях які були досліджені мають змішані джерела забруднення.

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 2023 році проводилось обмежено, досліджувались креветка (Shrimp), мідія (Mussel), кефаль (Mullet)

4.1 Екологічна оцінка стану біологічних об'єктів досліджених за вмістом токсичних металів

В таблиці 4.3 наведені Кз для ТМ в пробах біологічних об'єктів.

Концентрації металів в досліджених пробах біологічних об'єктів знаходяться на рівні дуже доброго екологічного статусу (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Кз ТМ в досліджених пробах біоти у 2023 році.

Дата	Біологічний об'єкт	КzCd	КzHg	КzPb
серпень	Shrimp	0,02	0	0,14
липень-серпень	Mussel	0,10	0,31	0,06
липень	Mullet	0,40	0,40	0

На рисунку 4.1 наведено розподіл ТМ групи Кз у пробах біологічних об'єктів, досліджених у 2023 році. З рисунку видно, що в досліджуваних об'єктах не виявлено концентрацій металів, здатних на них негативно впливати.

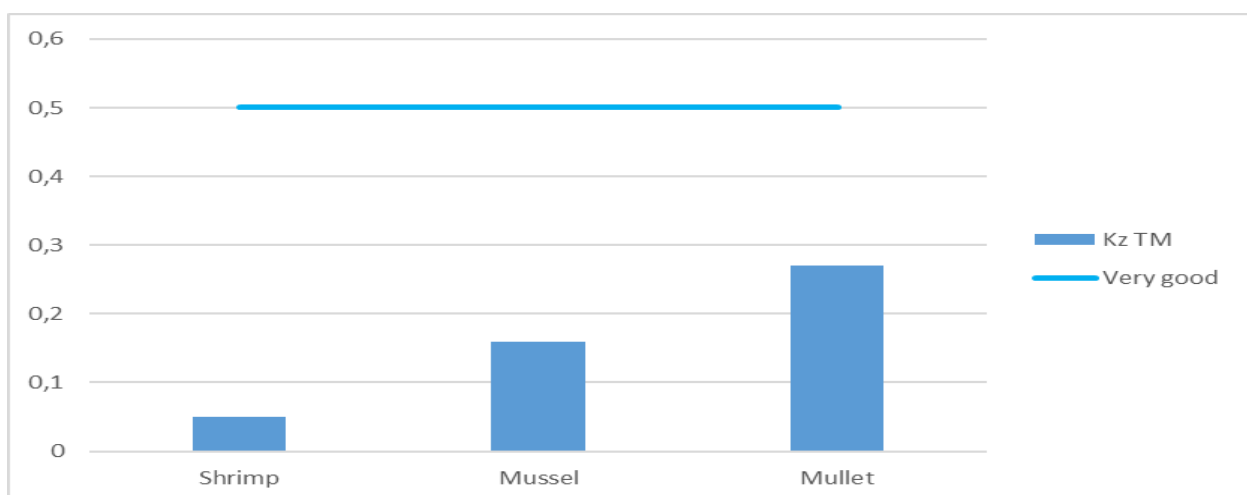


Рисунок 4.1 –Kz TM в пробах біологічних об’єктів досліджених в 2023 році

За показниками Kz індивідуальних металів групи ТМ, рисунок 4.2, найбільший вклад в рівень забруднення ТМ в досліджених пробах біологічних об’єктів припадає на концентрації в Shrimp – свинець; Mussel – ртуть; Mullet – кадмій та ртуть.

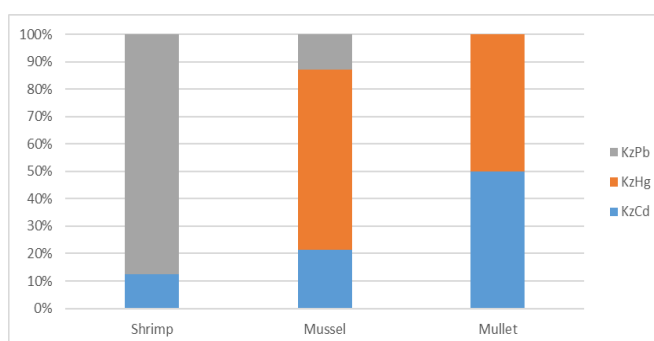


Рисунок 4.2– Вклад Kz індивідуальних ТМ в загальну суму забруднення біологічних об’єктів ТМ у 2023 році

4.2 Екологічна оцінка стану біологічних об’єктів досліджених за вмістом органічних забруднювачів сільськогосподарського походження

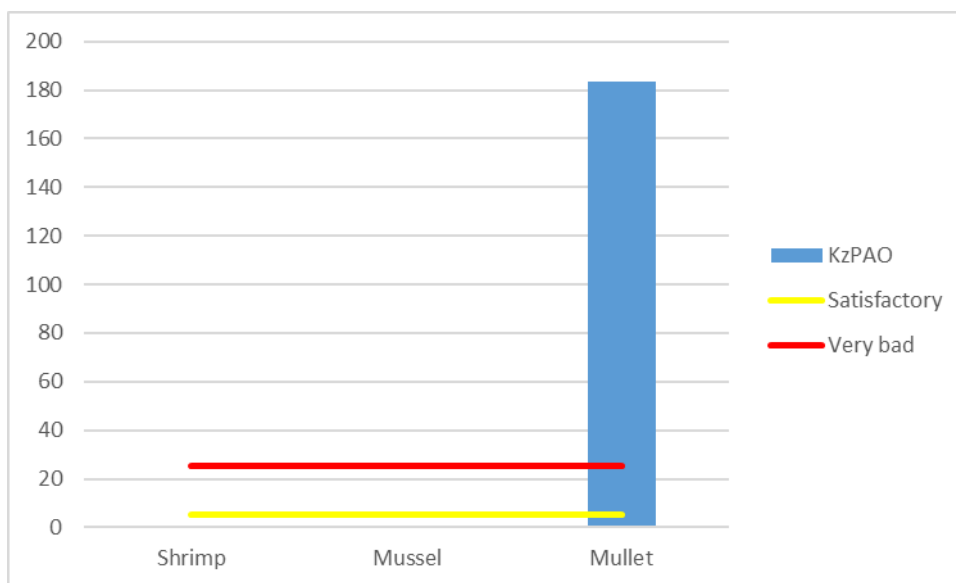
В таблиці 4.4 наведені Kz для ОЗСП в пробах біологічних об’єктів.

З таблиці 3 видно що концентрації індивідуальних речовин ОЗСП знаходяться на рівні дуже поганого та поганого екологічного статусу в пробі Mullet, а саме Heptachlor, HCH total, Lindane, в пробах Mussel рівень поганого екологічного статусу мають концентрації Heptachlor.

На рисунку 4.3 наведено розподіл групового Kz ОЗСП в пробах біологічних об'єктів досліджених в 2023 році. З рисунку видно що в пробах Mullet забруднення групи ОЗСП накопичені значно більше ніж в пробах інших біологічних об'єктів.

Таблиця 4.4 – Kz ОЗСП в досліджених пробах біологічних об'єктів у 2023 році.

Дата	Біологічний об'єкт	Kz DDE	Kz DDD	Kz DDT	Kz γ -HCH (Lindane)	Kz HCH total	Kz Heptachlor	Kz Hexachlorobenzene	Kz Aldrin	Kz Dieldrin
серпень	Shrimp	0	0,05	0	0	0	0	0	0,06	0
липень-серпень	Mussel	0	0,03	0,02	0,36	0,63	5,88	0,01	0,25	0
липень	Mullet	0,01	0	0	5,23	14,75	1627	0,25	2,05	0,11



Позначка PAO – ОЗСП

Рисунок 4.3–Kz ОЗСП в пробах біологічних об'єктів досліджених в 2023 році

За показниками Kz індивідуальних сполук групи ОЗСП, рисунок 4.4, найбільший вклад в рівень забруднення PAO в досліджених пробах біологічних об'єктів припадає на:

Shrimp – Aldrin and DDD;

Mussel – Heptachlor;

Mullet – Heptachlor.

З рисунку 4.4 видно що забруднення во всіх відібраних пробах біологічних об'єктів має різний характер, хоча й в пробах Mussel and Mullet основний вплив має Heptachlor.

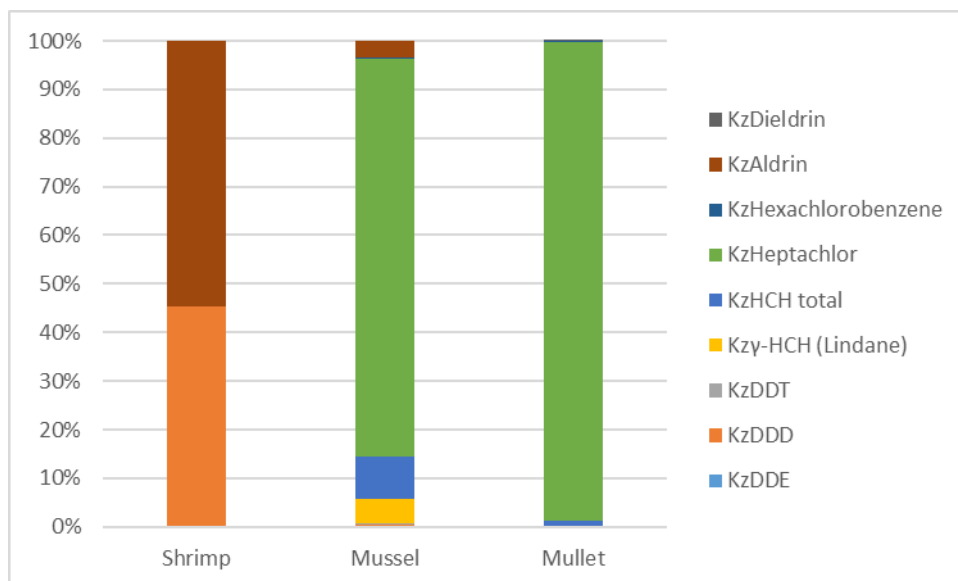


Рисунок 4.4 – Вклад Kz індивідуальних ОЗСП в загальну суму забруднення біологічних об'єктів ОЗСП у 2023 році

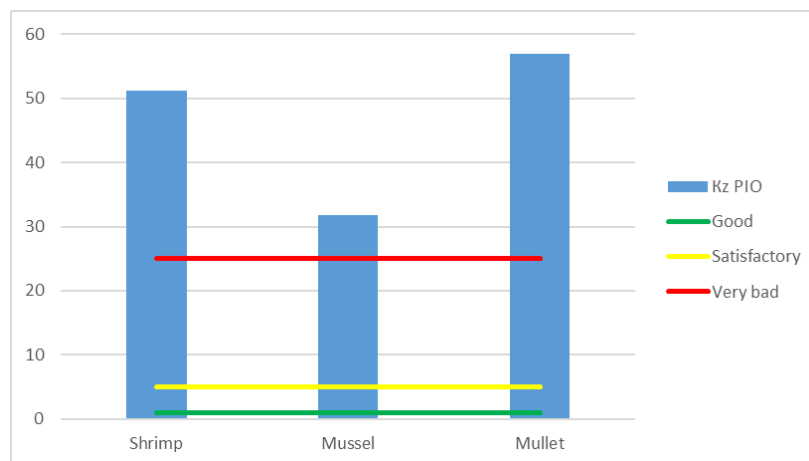
4.3 Екологічна оцінка стану біологічних об'єктів досліджуваних за вмістом органічних забруднювачів промислового походження

В таблиці 4.5 наведені Kz для ОЗПП в пробах біологічних об'єктів, з таблиці видно що всі проби біологічних об'єктів дуже забрудненні індивідуальними ОЗПП, концентрації їх знаходяться на рівні дуже поганого та поганого екологічного статусу.

Таблиця 4.5 – Кз ОЗПП в досліджених пробах біологічних об'єктів у 2023 році.

Дата	Біологічний об'єкт	Kz Sum of PCB28, 52, 101, 138, 153, 180	Kz Sum of dioxins and dioxin-like PCBs	Kz Naphthalene	Kz Phenanthrene	Kz Anthracene	Kz Fluoranthene	Kz Benzo(a)anthracene	Kz Chrysene	Kz Benzo(b)fluoranthrene	Kz Benzo(k)fluoranthrene	Kz Benzo(a)pyrene	Kz Indeno(1,2,3cd)pyrene	Kz Benzo(g,h,i)perylene
серпень	Shrimp	0,01	17,6	0,60	1,77	0,22	6,35	12,3	66,7	19,7	27,7	1,82	0	510
липень-серпень	Mussel	0	41,3	0,57	1,43	0,14	4,45	10,1	78,9	19,5	10,4	0,31	67,7	178
липень	Mullet	0,06	97,0	0,21	9,70	0,19	4,48	0	19,2	0	0	1,14	609	0

На рисунку 4.5 наведено розподіл групового Кз ОЗПП в пробах біологічних об'єктів досліджених в 2023 році. З рисунку видно що Кз групи ОЗПП во всіх досліджених біологічних об'єктах знаходиться на рівні дуже поганого екологічного статусу. Рівень забруднення в біологічних об'єктах рівнем розподілився Mullet > Shrimp > Mussel.



Позначка РІО – ОЗПП

Рисунок 4.5 –Кз ОЗПП в пробах біологічних об'єктів досліджених в 2023 році

За показниками Кз індивідуальних сполук групи ОЗПП, рисунок 4.6, найбільший вклад в рівень забруднення ОЗПП в пробах біологічних об'єктів припадає на концентрації:

Shrimp – Benzo(g,h,i)perylene;

Mussel – Benzo(g,h,i)perylene, Chrysene, Indeno(1,2,3cd)pyrene;

Mullet – Indeno(1,2,3cd)pyrene, Sum of dioxins and dioxin-like PCBs.

З рисунку 4.6 видно що забруднення індивідуальних РІО, в різних біологічних об'єктах накопичуються по різному.

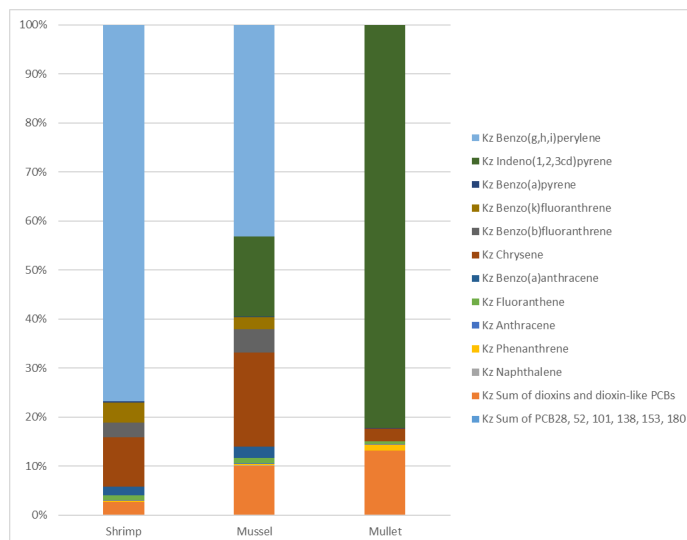


Рисунок 4.6 – Вклад Кз індивідуальних ОЗПП в загальну суму забруднення біологічних об'єктів ОЗПП у 2023 році

ВИСНОВКИ

В таблиці 5 наведені оцінки екологічного стану водних масивів за групами забруднюючих речовин в 2023 році.

Таблиця 5 – Оцінка екологічного стану прибережних водних масивів у 2023 році.

Водний масив	Кз ТМ	Кз ОЗСП	Кз ОЗПП	Загальна оцінка	Які сполуки вплинули на оцінку
CW2	Погано	Добрий	Відмінний	Погано	мідь, цинк, миш'як, гептахлор
CW5	Погано	Задовільний	Погано	Погано	мідь, цинк, гептахлор, ПХБ 101, ПХБ 153, ПХБ 138

Як видно з таблиці 5 загальна оцінка екологічного стану досліджених водних масивів відповідає поганому стану, оцінюється по найгіршій оцінці для груп забруднюючих речовин.

В 2023 р. на оцінку найбільш впливали:

Серед групи ТМ, в воді району CW2 – мідь, цинк, миш'як, в воді району CW5 – мідь та цинк.

Серед групи ОЗСП, в воді району CW2 та CW5 – гептахлор.

Серед групи ОЗПП, в воді району CW2 – група забруднюючих речовин ОЗПП не мала негативного впливу на екологічну оцінку, в воді району CW5 – ПХБ 101, ПХБ 153, ПХБ 138.

На досліджені райони значно вплинула катастрофа після підриву греблі Каховської ГЕС, наслідки якої будуть проявлятися в великому проміжку часу. Для оцінки всіх збитків нанесених екосистемі та оцінку наслідків катастрофи необхідно проводити розгорнуті наукові дослідження з обов'язковими морськими експедиціями.

Загальна екологічна оцінка досліджених біологічних об'єктів

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 PAH's), benzo(a)pyrene еквівалент токсичності (B(a)P_{eq}), сума канцерогенних ПАВ (Σ carcinogenic PAH's) [15].

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

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

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

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

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 гідрохімічні 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. Лоева. – 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 simples – In vitro evaluation using the PLH - 1 fish hepatoma cell line / L.Traven, R. Zaja, J. Loncar // Toxicology in vitro. – 2008. – Т. 22 – N 6. – P. 1648 – 1656