

УДК 504.064.2  
КП 072.19.19-00.00  
№ держреєстрації 0117U007156  
Інв.№

Міністерство екології та природних ресурсів України  
НДУ "Український науковий центр екології моря" ( УкрНЦЕМ )  
65009, м. Одеса, Французький бульвар, 89  
тел. (0482) 636–622, факс. (0482) 636–673, e-mail: aceem@te.net.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор УкрНЦЕМ  
канд. геогр. наук., старш. наук. співроб.  
\_\_\_\_\_ В. М. Коморін  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

ЗВІТ  
ПРО НАУКОВО–ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Комплексна оцінка впливу природних та антропогенних факторів на стан  
морського середовища України у 2017 році

Науковий керівник  
директор УкрНЦЕМ  
канд. геогр. наук., старш. наук. співроб.

\_\_\_\_\_ Коморін В. М.  
29 грудня 2018 р.

2017

Рукопис закінчено 29 грудня 2017 р.

Результати цієї роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол  
від 15 січня 2018 №1

## СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник,  
директор УкрНЦЕМ,  
канд. геогр. наук, старш. наук.  
співроб.

---

(підпис)

В. М. Коморін  
(вступ; розділи 1; 2; 3;  
висновки)

Відповідальний виконавець,  
наук. співроб. відділу наукових  
досліджень морського  
середовища

---

(підпис)

Г. О. Єрофєєв  
(підрозділ 3.1)

Начальник відділу аналітичних  
досліджень та організації  
моніторингу

---

(підпис)

Ю.М. Деньга  
(підрозділ 1.3)

Наук. співроб.,  
завідуючий сектору  
інформаційної підтримки та  
зв'язку з громадськістю МЕАЦ

---

(підпис)

Л. Г. Комарова  
(розділ 2)

Наук. співроб. відділу  
аналітичних досліджень та  
організації моніторингу

---

(підпис)

Т. В. Сібїлева  
(нормоконтроль)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: стор. – 72, рис. – 6; табл. – 20; джерел – 33.

ДИРЕКТИВА ЄС ПРО МОРСЬКУ СТРАТЕГІЮ, ЗАБРУДНЕННЯ ВОД,  
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, СТАН ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ, ЧОРНЕ МОРЕ

Метою НДР є підготовка рекомендацій щодо національної системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля відповідно до вимог Європейської директиви з морської стратегії. Особливу увагу приділено впливу токсичного забруднення.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- оцінка забрудненості екосистеми північно-західного шельф Чорного моря токсичними речовинами;
- аналіз існуючої системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля на її відповідність вимогам європейського законодавства до системи управління станом морського довкілля;
- комплексна оцінка впливу природних та антропогенних факторів на якість прибережних вод Чорного моря у 2017 р. на базі математичного моделювання;
- підготовка рекомендацій щодо національної системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля відповідно до вимог Європейської директиви з морської стратегії.

Об'єктами дослідження є екосистема прибережних вод Чорного моря та фактори впливу. Предметом дослідження показники стану морської екосистеми та показники факторів впливу. Методами дослідження є порівняльний аналіз та метод математичного моделювання динаміки стану морської екосистеми.

## ЗМІСТ

	С.
Перелік скорочень.....	6
Вступ.....	8
1 Забруднення морських шельфових вод.....	9
1.1 Види токсичних забруднюючих речовин, їх дія на морську екосистему.....	9
1.2 Джерела хімічного забруднення морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря.....	17
1.3 Оцінка забрудненості основних складових північно-західного шельфу Чорного моря.....	21
2 Система моніторингу факторів впливу на морське довкілля.....	30
2.1 Вимоги Директиви ЄС про морську стратегію до системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля.....	30
2.2 Аналіз існуючої системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля.....	35
2.3 Недоліки системи державного морського екологічного моніторингу.....	42
2.3.1 Проблемні питання системи моніторингу.....	43
3 Комплексна оцінка впливу природних та антропогенних факторів на якість прибережних вод Чорного моря у 2017 р. на базі математичного моделювання.....	45
3.1 Модель екосистеми північно-західного шельфу Чорного моря на базі AQUATOX.....	45
3.2 Аналіз впливу природних та антропогенних факторів на якість прибережних вод Чорного моря у 2017 р. на базі математичного моделювання.....	58
4 Рекомендації щодо національної системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля в межах імплементації Рамкової Директиви ЄС про морську стратегію.....	61

4.1 Пропозиції щодо гармонізації української системи морського екологічного моніторингу із європейською системою.....	62
Висновки.....	65
Перелік джерел посилання.....	68

**ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК**

БСК	–	Біологічне споживання кисню
ГДК	–	Гранично допустима концентрація
ГЕС	–	Гарний екологічний стан
ГМЦ	–	Гідрометеорологічний центр
Держводгосп	–	Державне агентство водних ресурсів України
Держгідромет	–	Державна гідрометеорологічна служба України
Держекоінспекція	–	Державна екологічна інспекція України
ДСМД	–	Державна система моніторингу довкілля України
ДДТ	–	Дихлордифенілтрихлоретан
ЕН	–	Екологічний норматив
ЄК	–	Європейська комісія
ЄС	–	Європейський Союз
ЗР	–	Забруднюючі речовини
Інсп.	–	Інспекція
Мінприроди	–	Міністерство екології та природних ресурсів України
НВ	–	Нафтові вуглеводні
НДР	–	Науково-дослідна робота
ПАВ	–	Поліциклічні ароматичні вуглеводні
ПАР	–	Поверхнево-активні речовини
ПЗЧМ	–	Північно-західна частина Чорного моря
ПнЗШ	–	Північно-західний шельф
ПХБ	–	Поліхлорбіфеніли (поліхлоровані біфеніли)
СБО	–	Станція біологічного очищення
СПАР	–	Синтетичні поверхнево-активні речовини
УкрНЦЕМ	–	Український науковий центр екології моря
ХОП	–	Хлорорганічні пестициди
ЧМ	–	Чорне море

- AG PMA – Консультативної групи з моніторингу та оцінки забруднення
- BSIMAP – Міжнародна програма моніторингу Чорного моря (Black Sea Integrated Monitoring and Assessment Program)
- EQS – Екологічний стандарт якості
- MSFD – Рамкова Директива з морської стратегії ЄС (EU Marine Strategy Framework Directive)
- WFD – Водна рамкова директива (EU Water Framework Directive)

## ВСТУП

Серед причорноморських держав найдовшу берегову лінію (1 628 км) має Україна, їй належить 57 % загальної площі чорноморського шельфу, у тому числі 87 % північно-західного шельфу (який є найбільш екологічно уразливою ділянкою Чорного моря). Антропогенні проблеми Чорного моря формуються і найбільш гостро проявляються, в прибережній і шельфовій зоні морів, де сконцентрована господарська діяльність, де зосереджені берегові і основні морські джерела забруднення (діяльність портів, днопоглиблення портів і підхідних каналів, дампінг ґрунтів, розвідка і видобування вуглеводневих ресурсів). Реалізація державної морської політики України потребує відповідного інформаційного забезпечення.

В рамках вимог Бухарестської конвенції, відповідно до рішення Консультативної групи з моніторингу та оцінки забруднення (AG PMA) з упровадженням нової міжнародної Комплексної програми моніторингу та оцінки Чорного моря (BSIMAP) – *Black Sea Integrated Monitoring and Assessment Program* – Україна як і інші країни-учасниці, має завдання розробити та прийняти до виконання національну програму екологічного моніторингу Чорного моря в зоні своєї відповідальності, як складову міжнародної Програми BSIMAP.

Проблема проведення регулярного екологічного моніторингу Чорного та Азовського морів повинна бути вирішена шляхом відкриття окремої постійно діючої бюджетної програми (далі Програма) з щорічним фінансовим забезпеченням виконання науково-експедиційних рейсів та утримання науково-дослідних суден.

Актуальність цієї науково-дослідної роботи (НДР) пов'язана, перш за все, необхідністю отримання обґрунтованої оцінки впливу антропогенних та природних факторів впливу на морське природне середовище в межах імплементації Рамкової Директиви ЄС про морську стратегію.



На теперішній час метою державної політики України у сфері охорони морського природного середовища є досягнення та стає підтримання «гарного екологічного стану» (ГЕС-екосистем Чорного та Азовського морів в межах виключної морської економічної зони України), в розумінні Рамкової Директиви ЄС про Морську Стратегію. В межах Директиви потребується визначення ГЕС за 11 дескрипторами до складу яких крім таких суто «екологічних» показників, як біорізноманіття водної товщі й донних біоценозів та стан оселища, є гідрологічні показники та показники шумового забруднення.

Метою НДР є підготовка рекомендацій щодо національної системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля відповідно до вимог Європейської директиви з морської стратегії. Особливу увагу приділено впливу токсичного забруднення.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- оцінка забрудненості екосистеми північно-західного шельфу Чорного моря токсичними речовинами;
- аналіз існуючої системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля на її відповідність вимогам європейського законодавства до системи управління станом морського довкілля;
- комплексна оцінка впливу природних та антропогенних факторів на якість прибережних вод Чорного моря у 2017 р. на базі математичного моделювання;
- підготовка рекомендацій щодо національної системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля відповідно до вимог Європейської директиви з морської стратегії.

Об'єктами дослідження є екосистема північно-західного шельфу Чорного моря та фактори впливу на неї. Предметом дослідження – показники стану морської екосистеми та показники факторів впливу. Методами дослідження є порівняльний аналіз та метод математичного моделювання динаміки стану морської екосистеми.

## 1 ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКИХ ШЕЛЬФОВИХ ВОД

### 1.1 Види токсичних забруднюючих речовин, їх дія на морську екосистему

Найбільш значущий вплив на екосистему північно-західного шельфу Чорного моря надають токсичні речовини, евтрофікація його акваторій, зміна біомаси живих організмів. До числа найпоширеніших видів токсичних речовин, що потрапляють у Чорне море, відносяться: нафта і нафтопродукти, пестициди, синтетичні поверхнево-активні речовини, важкі метали, а також всілякі з'єднання з канцерогенними властивостями.

Нафта і нафтопродукти представляють собою в'язку маслянисту рідину, що має темно-коричневий колір і володіє слабкою флуоресценцією. Найбільші втрати нафти пов'язані з її транспортуванням з районів видобутку. Аварійні ситуації, злив за борт танкерами промивних і баластових вод, все це обумовлює присутність забруднення на трасах морських шляхів. Великі маси нафти надходять у моря по ріках, з побутовими й зливовими стоками. Потрапляючи в морське середовище, нафта спочатку розтікається у вигляді плівки, утворюючи шари різної потужності. Нафтова плівка змінює склад спектру й інтенсивність проникнення у воду світла. Пропущення світла тонкими плівками сирової нафти становить 10 % (280 нм), 70 % (400 нм). Плівка товщиною 40 мкм повністю поглинає інфрачервоне випромінювання. Змішуючись із водою, нафта утворює емульсію двох типів: пряму «нафту у воді» і зворотну «вода в нафті». Прямі емульсії, складені крапельками нафти діаметром до 10,5 мкм, менш стійкі й характерні для нафти, яка містить поверхнево-активні речовини (ПАР). При видаленні летучих фракцій, нафта утворює в'язкі зворотні емульсії, які можуть зберігатися на поверхні, переноситися плином, викидатися на берег і осідати на дно.

Пестициди становлять групу штучно створених речовин, використовуваних для боротьби зі шкідниками та хворобами рослин.

Пестициди діляться на наступні групи:

- а) інсектициди – для боротьби зі шкідливими комахами;
- б) фунгіциди й бактерициди – для боротьби з бактеріальними хворобами рослин;
- в) гербіциди – проти бур'янів.

Встановлено, що пестициди знищуючи шкідників, завдають шкоди багатьом корисним організмам і підривають здоров'я біоценозів. У сільському господарстві давно вже стоїть проблема переходу від хімічних (забруднюючих середовище) до біологічних (екологічно чистих) методів боротьби зі шкідниками. У водному середовищі частіше інших зустрічаються концентрації інсектицидів, фунгіцидів і гербіцидів. Синтезовані інсектициди діляться на три основні групи: хлорорганічні, фосфорорганічні та карбонати. Хлорорганічні інсектициди отримують шляхом хлорування ароматичних і гетероциклічних рідких вуглеводнів. До них відносяться дихлордифенілтрихлоретан (ДДТ) і його похідні, в молекулах яких стійкість аліфатичних і ароматичних груп у спільній присутності зростає, усілякі хлоровані похідні хлородієну (елдрин). Ці речовини мають період піврозпаду до декількох десятків років і дуже стійкі до біодеградації. У водному середовищі часто зустрічаються поліхлорбіфеніли (ПХБ) похідні ДДТ без аліфатичної частини, що нараховують 1210 гомологів та ізомерів. За останні 140 років використано понад 11,2 млн. т ПХБ у виробництві пластмас, барвників, трансформаторів, конденсаторів. ПХБ попадають у навколишнє середовище в результаті скидань промислових стічних вод і спалювання твердих відходах на смітниках.

Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) належать до великої групи речовин, що знижують поверхневий натяг води. Вони входять до складу синтетичних миючих засобів, широко застосовуються в побуті та промисловості. Разом зі стічними водами СПАР попадають у материкові води й морське середовище. СПАР містять поліфосфати натрію, у яких розчинені детергенти, а також ряд додаткових інгредієнтів, токсичних для водних організмів: ароматизуючі речовини, відбілюючі речовини (персульфати, перборати),

кальцинована сода, карбоксиметилцелюлоза, силікати натрію. У залежності від природи й структури гідрофільної частини молекули СПАР поділяються на аніоноактивні, катіоноактивні, амфотерні й неіоногенні. Останні не утворюють іонів у воді. Найбільш поширеними серед СПАР є аніоноактивні речовини. На їх частку припадає більше 15 % всіх вироблених у світі СПАР. Присутність СПАР в стічних водах промисловості пов'язане з використанням їх у таких процесах, як флотаційне збагачення руд, поділ продуктів хімічних технологій, одержання полімерів, поліпшення умов буріння нафтових і газових свердловин, боротьба з корозією. У сільському господарстві СПАР застосовується в складі пестицидів.

Важкі метали (ртуть, свинець, кадмій, цинк, мідь, миш'як) відносяться до числа розповсюджених і досить токсичних забруднюючих речовин. Вони широко застосовуються в різних промислових виробництвах, тому, незважаючи на очисні заходи, вміст сполук важких металів у промислових стічних водах досить високий. Великі маси цих сполук надходять в океан через атмосферу. Для морських біоценозів найнебезпечніші – ртуть, свинець та кадмій. Ртуть переноситься в океан з материковим стоком і через атмосферу. При вивітрюванні осадових і вивержених порід щорічно виділяється 13,5 тис. т ртуті. У складі атмосферного пилу втримується близько 112 тис. т ртуті, причому значна частина антропогенного походження. Близько половини річного промислового виробництва цього металу (1910 тис. т/рік) різними шляхами потрапляє в океан. У районах, що забруднюються промисловими водами, концентрація ртуті в розчині й суспензіях сильно підвищується. При цьому деякі бактерії переводять хлориди у високотоксичну метилртуть. Зараження морепродуктів неодноразово приводило до ртутного отруєння прибережного населення. Свинець типовий розсіяний елемент, що міститься у всіх компонентах навколишнього середовища: у гірських породах, ґрунтах, природних водах, атмосфері, живих організмах. Нарешті, свинець активно розсіюється в навколишнє середовище в процесі господарської діяльності людини. Це викиди з промисловими і побутовими стоками, з димом і пилом промислових підприємств, з вихлопними газами двигунів внутрішнього

згоряння. Міграційний потік свинцю з суші в моря йде не тільки з річковими стоками, але й через атмосферу.

Сполуки з канцерогенними властивостями. Канцерогенні речовини – це хімічно однорідні сполуки, що проявляють активність до трансформації та здатні викликати канцерогенні, тератогенні (порушення процесів ембріонального розвитку) або мутагенні зміни в організмах. Залежно від умов впливу вони можуть призводити до інгібування росту, прискорення старіння, порушення індивідуального розвитку і зміни генофонду організмів. До речовин, що володіють канцерогенними властивостями, відносяться хлоровані аліфатичні вуглеводні, вінілхлорид, і особливо, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ). Загальні антропогенні джерела ПАВ в навколишньому середовищі це піроліз органічних речовин при спалюванні різних матеріалів, деревини й палива. Наявні дані щодо негативних змін у різних водних екосистемах показують, що цей вид забруднення впливає практично на всі рівні біологічної організації. Екологічні наслідки цього виду забруднень можна представити у вигляді схеми, зображеної на рис. 1.1 [1].

Небезпека кожної окремо взятої забруднюючої речовини визначається її стійкістю в середовищі, здатністю до біоаккумуляції і можливістю викликати негативні ефекти. Ступінь впливу забруднюючих речовин (ЗР) залежить також від умов середовища: температури, солоності, присутності інших ЗР. Небезпечний характер ЗР проявляється в їх токсичному, мутагенному або канцерогенному ефекті. Потенційними канцерогенами можуть бути ті хімічні сполуки, які викликають розрив хромосом, зокрема, важкі метали (свинець, миш'як), пестициди, поліциклічні і поліароматичні вуглеводні, радіоактивні речовини. Виходячи з теоретичних уявлень про механізми інтоксикації гідробіонтів, у відповідь реакція організму на інтоксикацію проявляється у вигляді зміни співвідношення пластичного і енергетичного обміну. В основі цього явища лежить порушення регуляторних механізмів метаболізму.



Рисунок 1.1 – Схема впливу забруднюючих речовин на структуру і функції морської екосистеми [1]

Період часу, по закінченню якого можуть проявитися негативні наслідки, є різним для кожного рівня біологічної організації. Час, необхідний для прояву біологічних реакцій на зміну навколишнього середовища, звичайно подовжується з кожним рівнем збільшення складності системи, як відображено в таблиці 1.1. В основі цього явища лежить біоаккумуляція.

Таблиця 1.1 – Рівні біологічної організації й час, необхідний на їх вивчення

<b>Рівень</b>	<b>Біологічна організація</b>	<b>Час, необхідний для вивчення ефекту</b>
I	Клітинно-біохімічний	Хвилини-години
II	Організменний	Години-місяці
III	Модельні співтовариства (макрокосм)	Дні-роки
IV	Популяційна динаміка	Місяці-декади
V	Динаміка і структура співтовариств	Роки-десятиліття

Відповідна реакція організму на інтоксикацію проявляється у вигляді зміни співвідношення пластичного і енергетичного обміну. В основі цього явища лежить порушення регуляторних механізмів метаболізму. Інтоксикація розвивається фазово: у початковий період гостре отруєння оборотне і характеризується, поряд з гнітючим впливом, стимуляцією деяких функцій, пізніше фаза порушення змінюється фазою глибокого пригнічення, і якщо токсичний вплив триває, організм гине. Таким чином, вплив отруйних речовин можна звести до наступних наслідків на рівні організму:

- а) загибель організмів, викликана гострою токсичністю;
- б) смертність гідробіонтів, викликана хронічно тривалим впливом;
- в) негативні зміни параметрів наступних типів:
  - 1) морфологічних (запалення, дегенерація, регенерація, неоплазія, генетичні перебудови);
  - 2) фізіологічних (зміна росту і виживання організмів, внаслідок чого відбувається зниження можливості збереження генетичного фонду популяції);
  - 3) етологічних (придушення хеморецепторів, за допомогою яких контролюється пошуково-харчова поведінка, залицяння, розмноження, симбіотичні, паразитичні зв'язки та ін.);
  - 4) біохімічних.

Для окремих речовин токсичність проявляється на всіх видах морських організмів, що видно з таблиці 1.2, інші ж забруднюючі речовини шкідливо впливають лише на окремі види або на організми на певній стадії їх розвитку.

Таблиця 1.2 – Міра токсичності основних забруднюючих воду речовин

Забруднююча речовина	Планктон + інвертована личинка	Личинка в початковій стадії інверсії	Ракоподібні	Молюски	Риби
Метал					
Мідь	+++		+++	+++	+++
Свинець			+		+++
Цинк	+		++	++	++
Ртуть	++++		+++	+++	+++
Кадмій					++++
Неорганічна речовина		++	+++	++	+++
Хлор					++++
CNCI					++++
Ціанід			+++	++	++++
Фтор					++
Сульфід					+++
Органічне речовина					
Меркаптан					+++
Фенол	+++		++	+	++
Крезол			++	++	++
Формальдегід			+		+
Гербіциди		+++	+++	+++	+++
Хлор і фосфор органічні пестициди					
Нафта і нафто-продукти:			++++		++++
Сирі нафти, рідке паливо нижчі ароматичні вуглеводні	++	0	0	0	+
Легкі фракції нафти	+		++		+++
ПАР	+++	+++	++	++	++

**Примітка.** + + + + – П'ятдесятивідсотковий летальний результат при концентрації менше 0,3 мг/л за 24 год.; 0 – при концентраціях більше 1 мг/л.

На основі аналізу численного експериментального матеріалу, встановлено, що в порядку зниження токсичності органічні ЗР розташовуються в такий спосіб:



хлорорганічні пестициди (ХОП) – нафтові вуглеводні (НВ) – СПАР. Діапазони мінімально діючих цих ЗР складають відповідно: 0,00001 – 0,01; 0,01 – 0,1 та 0,1 – 1 мг/л. Метали в порядку зниження токсичності розташовуються так: ртуть (0,0001 – 0,01 мг/л) > мідь (0,0001 – 0,01 мг/л) > кадмій (0,001 – 0,1 мг/л) > свинець (0,01 – 0,1 мг/л) > цинк (0,01 – 0,1 мг/л).

Багато ЗР діють синергічно, наприклад, суміш міді та цинку в 8 разів більш токсична, ніж така ж кількість кожного з елементів окремо. Сучасні гербіциди (симазин і атразин) швидко вбивають рибу при концентраціях 0,5–10 мг/л і мають антисептичний вплив на водні рослини.

Комбінована дія кількох токсикантів істотно різниться в залежності від складу сполучень. Дія ртуті і нафтопродуктів, цинку та нафтопродуктів не відрізняється від дії одних металів. Кадмій і нафтопродукти, кобальт і нафтопродукти в поєднанні знижують токсичний вплив. Вплив важких металів виявляється (внаслідок надмірного накопичення в органах і тканинах) насамперед у прямому токсичному впливі на ферментативні системи, що приводить до враження фізіологічних систем організмів. Наприклад, ртуть у залежності від дози і способу потрапляння в організм може викликати затримку росту, зменшення маси, порушення рухливості та смерть.

## 1.2 Джерела хімічного забруднення морського середовища північно-західного шельфу Чорного моря

Найбільш небезпечним антропогенним чинником, який впливає на стан морського середовища, є хімічне забруднення екосистеми відходами, що містять токсичні органічні сполуки, важкі метали та біогенні речовини [2]. Навіть невеликі концентрації токсичних речовин у морській воді можуть призвести до значних негативних наслідків. Морські організми здатні накопичувати токсичні

речовини, концентрації яких можуть бути летальними для більш високих трофічних рівнів, включаючи людину.

Основними постійними джерелами антропогенного впливу на акваторії північно-західного шельфу (ПнЗШ) Чорного моря є річковий стік і точкові джерела забруднення, що містять стічні води різних суб'єктів господарювання розташованих у прибережній смузі моря. Після річок за обсягом та спектром надходження речовин, небезпечних для морських екосистем, йдуть точкові джерела забруднення (промислово-побутові підприємства), стічні води яких надходять з приморських територій і формують зони локального забруднення важкими металами, синтетичними ПАВ, нафтопродуктами, органічними речовинами.

У рамках виконання міжнародної Програми «Black Sea Environmental Programme» в Українському науковому центрі екології моря (УкрНЦЕМ) проведено аналіз характеристик основних джерел забруднення Чорного моря всіх причорноморських країн. Основні результати даного аналізу наведені в роботі «Транскордонний діагностичний аналіз Чорного моря» [3]. Найбільш потенційно небезпечні джерела забруднення були названі «гарячими точками».

Для України було виділено десять «гарячих точок»:

- а) станція біологічного очищення (СБО) «Північна», СБО «Південна» (м. Одеса);
- б) очисні споруди м. Балаклава, м. Євпаторія, м. Ялта, м. Гурфуз, «Севміськводоканал» (м. Севастополь);
- в) Камиш–Бурунський залізорудний комбінат;
- г) Красноперекопський бромний завод;
- д) Іллічівський морський торговельний порт.

Останнім часом урядом України проведено ряд заходів, спрямованих на запобігання забрудненню морського середовища. Проведена реконструкція очисних споруд СБО «Південна», запроваджений викид СБО «Північна» в глибинну частину моря і т.д. Найбільш небезпечні точкові джерела забруднення в межах прибережної смуги Чорного моря України детально були досліджені

УкрНЦЕМ в ході виконання науково-дослідної роботи на замовлення Мінприроди України [4], де були визначені масштаби і наслідки впливу точкових джерел забруднення, проведено їх ранжування за ступенем впливу на морську екосистему та запропоновано першочергові заходи природоохоронної діяльності, спрямованої на поетапне поліпшення стану Чорного моря.

Поряд з евтрофікацією, актуальною є проблема хімічного і, у першу чергу, нафтового забруднення Чорного моря. Цей процес пов'язаний з надходженням у морське середовище великої групи токсичних, небезпечних хімічних речовин. Реальний збиток Чорному морю від хімічних забруднюючих речовин поступається хіба, що збитку від антропогенної евтрофікації та мікробіологічного забруднення, але це не означає, що він є більш безпечним. На Чорному морі потужності по перевантаженню нафти «приймаючих» портів оцінюються в даний час до 50 млн. т/рік, з яких 40 млн. т приходить на порти України. Потужності ж «випускаючих» портів оцінюються величиною 150 млн. т. Світова практика показує, що в морське середовище надходить близько 0,23 % перевезеної нафти, отже, у перспективі можна чекати надходження в Чорне море до 350 тис. т нафтопродуктів. Для порівняння – відомо, що в даний час у Чорне море щорічно надходить близько 110 тис. т нафтопродуктів.

Особливе місце в ПнЗШ посідає Одеський регіон, значну частину якого займає міська агломерація – найбільш велика на Чорному морі (три потужних порти України – Одеса, Іллічівськ, Южний). Тут сходяться транспортні шляхи, ведеться будівництво нафтотерміналу, розрахованого на перевантаження 40 млн. т нафтопродуктів у рік, що є чималою цифрою. Одеська затока характеризується постійно високим рівнем забруднення. У 1991 році її води оцінювалися, як «надзвичайно брудні», у 1992-1995 рр. – як «дуже брудні», у наступні роки – як «брудні». Крім Одеської затоки, до найбільш забруднених районів чорноморських територіальних вод України відносяться севастопольські бухти, придунайське узмор'я.

Спектр виявлених у морському середовищі токсичних ЗР дуже широкий і включає велику частину речовин, контроль за вмістом яких у Чорному морі

передбачений Бухарестською конвенцією (нафтопродукти, хлоровані вуглеводні, важкі метали, радіонукліди).

Крім перелічених основних ЗР у екосистемі ПнЗШ виявлений широкий спектр індивідуальних високотоксичних нафтових і хлорованих вуглеводнів, таких як: (3,4)–бенз(а)пірен, фенантрен, пірен, хризен, коронен, флуорантен, аценафтен, індивідуальних ПХБ та інші стійкі органічні ЗР. Загальний (сумарний) рівень забрудненості основних районів Чорного моря токсичними речовинами збільшується в напрямку: Каркінітська затока; Філофорне поле «Зернова»; Керченська протока; узбережжя Криму; придністровський та придунайський райони; Одеська затока і Дніпро-Бузький лиман.

Практично на всіх гідрологічних станціях у районах впливу на ПнЗШ, високий вміст ароматичних вуглеводнів у морському середовищі вказує на хронічний характер нафтового забруднення. Разом з тим, на Чорному морі нафтове забруднення поки ще не досягло масштабів екологічних катастроф, але імовірність значних аварій постійно збільшується.

У морському середовищі Чорного моря присутні такі токсичні метали як: ртуть, свинець, кадмій, миш'як, мідь, цинк, хром та інші. В Одеській затоці і в придунайському районі виявлені максимальні концентрації для всього спектру токсичних металів. Значні концентрації кадмію і ртуті виявлені також у районі Кримського узбережжя, Керченської протоки.

У чорноморській екосистемі присутні радіонукліди штучного походження, такі як стронцій-90 і цезій-137, концентрації яких в період Чорнобильської аварії досягали небезпечного рівня забруднення. Однак у подальшій період рівень забруднення, як показали результати моніторингових досліджень УкрНЦЕМ, знизився. Встановлено, що починаючи з 1996 року, рівень радіаційної забрудненості морського середовища Чорного моря виявляє тенденцію до зниження. Значення концентрації цезію-137 наприкінці минулого століття у водах ПнЗШ майже повернулися до значень доаварійного періоду ( $\sim 15$  Бк/м<sup>3</sup>).

### 1.3 Оцінка забрудненості основних складових північно-західного шельфу Чорного моря

Оцінка морського довкілля України на наявність забруднення морських вод, донних відкладень та біоти була проведена УкрНЦЕМ у рамках експедицій 2016-2017 рр.

Токсичні метали (миш'як, кадмій, мідь, хром, ртуть, свинець, нікель, цинк) поступають у морське середовище при активній промисловій діяльності. Основними місцями їх акумуляції є басейни рік Дунай, Дніпро, Південний Буг. Потенціальними джерелами забруднення також є судноплавство, експлуатація газу й нафти на шельфі та дампінг.

Транспорт токсичних металів через повітря – ще один шлях забруднення морського середовища.

Токсичні метали акумулюються у донних відкладеннях та можуть залишатися там довгий період, що може загрожувати нормальній життєдіяльності морської екосистеми.

Аналіз морської води на двох горизонтах (поверхневий та придонний) показав низький рівень забруднення токсичними металами (табл. 1.3-1.4). Їх концентрації значно нижче екологічного стандарту якості (EQS), які рекомендовані Європейською комісією (ЄК) у Директиві 2013/39/ЄС.

Таблиця 1.3. – Концентрація токсичних металів у морських водах на поверхневому горизонті у травні 2016 р.

Метали	Одиниці вимірювань	Середнє значення серед усіх проб води	Мінімальне значення	Максимальне значення	ГДК-EQS Директива 2013/39/EU
As	мкг/дм <sup>3</sup>	0,43	0	3,47	
Cd	мкг/дм <sup>3</sup>	0,00	0	0	1,50
Co	мкг/дм <sup>3</sup>	0,00	0	0	
Cu	мкг/дм <sup>3</sup>	0,32	0	1,39	
Hg	мкг/дм <sup>3</sup>	0,03	0,018	0,039	

Кінець таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6
Pb	мкг/дм <sup>3</sup>	0,20	0	1,60	14,0
Zn	мкг/дм <sup>3</sup>	3,56	0	26,3	
Ni	мкг/дм <sup>3</sup>	5,25	0	21,9	34,0
Cr	мкг/дм <sup>3</sup>	5,33	0	27,3	
Fe	мкг/дм <sup>3</sup>	12,5	0	86,0	
Mn	мкг/дм <sup>3</sup>	0,38	0	3,00	

Таблиця 1.4 – Концентрація токсичних металів у морських водах у придонному шарі в травні 2016 р.

Метали	Одиниці вимірювань	Середнє значення серед усіх проб води	Мінімальне значення	Максимальне значення	ГДК-EQS Директива 2013/39/EU
As	мкг/дм <sup>3</sup>	0,26	0	2,09	
Cd	мкг/дм <sup>3</sup>	0	0	0	1,50
Co	мкг/дм <sup>3</sup>	0,26	0	2,09	
Cu	мкг/дм <sup>3</sup>	0,26	0	2,09	
Hg	мкг/дм <sup>3</sup>	0,056	0,018	0,260	
Pb	мкг/дм <sup>3</sup>	0	0	0	14,0
Zn	мкг/дм <sup>3</sup>	0,14	0	1,10	
Ni	мкг/дм <sup>3</sup>	0	0	0	34,0
Cr	мкг/дм <sup>3</sup>	3,72	0	10,7	
Fe	мкг/дм <sup>3</sup>	0	0	0	
Mn	мкг/дм <sup>3</sup>	3,25	0	26,0	

Як показали спостереження, основним джерелом ртуті у морській воді є р. Дунай.

*Хлорорганічні пестициди (ХОП) та поліхлоровані біфеніли (ПХБ).* Концентрації ХОП та ПХБ представлені у таблиці 1.5. Концентрації ХОП коливались від 0,05 нг/дм<sup>3</sup> до 6,52 нг/дм<sup>3</sup>. Концентрації ПХБ коливались від 1,29 нг/дм<sup>3</sup> до 139 нг/дм<sup>3</sup>. Основними компонентами ХОП були гексахлорбензол, ДДТ, β-ГХЦГ. Найбільші концентрації були 6,52 нг/дм<sup>3</sup> по гексахлорбензолу; 3,02 нг/дм<sup>3</sup> по ДДТ; 2,16 нг/дм<sup>3</sup> по дільдрину; 1,76 нг/дм<sup>3</sup> по β-ГХЦГ; 1,27 нг/дм<sup>3</sup> по ДДЕ; 0,79 нг/дм<sup>3</sup> по α-ГХЦГ; 0,29 нг/дм<sup>3</sup> по ліндану. Гептахлор та альдрін були нижче границі визначення.

Таблиця 1.5 – Концентрації ХОП (нг/дм<sup>3</sup>) у морській воді у травні 2016 р.

Станція	Гексахлор-бензол <sup>1</sup>	Ліндан <sup>1</sup>	Гептахлор <sup>1</sup>	Сума циклодієнових <sup>2</sup>	р-р'ДДТ <sup>2</sup>	Сума ДДТ <sup>2</sup>
1	0,82	0,06	< 0,05	0,21	0,56	0,83
2	0,33	0,06	< 0,05	0,11	0,50	0,67
7	0,18	0,15	< 0,05	0,27	0,80	1,20
8	0,48	0,06	< 0,05	< 0,05	0,48	0,64
9	0,82	0,15	< 0,05	2,16	1,19	2,46
10	1,84	0,10	< 0,05	0,20	3,02	3,74
13	0,47	0,09	< 0,05	0,08	0,61	0,84
15	0,39	0,05	< 0,05	< 0,05	0,58	0,80
EQS (Директива 2013/39/ЄС)	50	20 <sup>3</sup>	0,03 <sup>4</sup>	5	10	25

**Примітка 1.** Гексахлорбензол, ліндан та гептахлор оцінювалися по ГДК-EQS.

**Примітка 2.** Сума циклодієнових, ДДТ, сума ДДТ оцінювалися по середньо-річному EQS.

**Примітка 3.** ГДК в Директиві 2013/39/ЄС відноситься до гексахлорциклогексану, не до ліндану.

**Примітка 4.** ГДК у Директиві 2013/39/ЄС відноситься до гептахлору та гептахлор епоксиду.

З таблиці 1.5 видно, що випадків перевищення Директиви не було.

*Сума нафтових вуглеводнів (НВ).* Концентрації НВ коливалися від 0,04 мг/дм<sup>3</sup> до 0,28 мг/дм<sup>3</sup> та у середньому склали 0,172 мг/дм<sup>3</sup>.

Максимальна концентрація була на станції 2, а мінімальна на станції 13 на поверхневому горизонті.

Концентрація суми НВ, яка могла б нашкодити морським організмам (ГДК) становить 0,05 мг/дм<sup>3</sup>. Наші результати показують, що у 93 % проб води, концентрація суми НВ перевищує ГДК до 5 разів.

*Поліциклічні ароматичні вуглеводні.* Сума 16 поліциклічних ароматичних вуглеводнів (нг/дм<sup>3</sup>) у пробах варіювала від 1,5 нг/дм<sup>3</sup> до 14,2 нг/дм<sup>3</sup>. ПАВ з 2-3 кільцями та 4-6 кільцями були у 50 %. Фенатрен, нафталін та флуорантен були домінантними. Перевищення ГДК зафіксовано не було.

*Токсичні метали в донних відкладеннях.* Донні відкладення були відібрані на 8 станціях в акваторії України.

Середні концентрації токсичних металів у донних відкладеннях коливалися від 0,09 мг/кг до 57,0 мг/кг (табл. 1.6).

Результати наших аналізів показали зменшення концентрацій токсичних металів у наступній послідовності: Zn, Cr, Ni, Cu, Pb, Co, As, Cd та Hg.

Таблиця 1.6 – Концентрації токсичних металів у донних відкладеннях у травні 2016 р.

Метали	Одиниці вимірювання	Середнє значення серед усіх проб донних відкладень	Мінімальне значення	Максимальне значення
Al	мг/кг	31550	1710	79100
As	мг/кг	6,23	1,46	15,2
Cd	мг/кг	0,26	0	0,63
Co	мг/кг	8,88	0	23,1
Cu	мг/кг	23,4	0	68,6
Hg	мг/кг	0,09	0	0,409
Pb	мг/кг	15,7	4,39	28,8
Zn	мг/кг	57,0	5,49	180
Ni	мг/кг	24,5	0	63,4
Cr	мг/кг	39,1	0	159
Fe	мг/кг	9672	1530	24000
Mn	мг/кг	383	139	890

*Хлорорганічні пестициди та поліхлоровані біфеніли.* Концентрації ХОП варіювали від < 0,05 мкг/кг по альдріну та гептахлору до 28,2 мкг/кг по ДДД. Найбільші концентрації були:

- 28,2 мкг/кг по ДДД;
- 18,7 мкг/кг по гексахлорбензолу;
- 2,78 мкг/кг по ДДЕ.

Інші ХОП були у концентрації нижче 1 мкг/кг.

Сума нафтових вуглеводнів у донних відкладеннях знаходиться у межах від 0,03 мкг/кг до 243 мкг/кг, середнє значення склало 48,2 мкг/кг. Максимальне значення зафіксоване на станції 13, що знаходиться на виході з Дніпро-Бузького лиману, мінімальне значення – на станції 9, що знаходиться на Філофорному полі.

У порівнянні з Екологічним нормативом (ЕН) якість донних відкладень (50 мкг/кг), наші результати показали, що 25 % проб перевищували його до 5 разів.

Концентрації фенолів були вище ЕН у 3-8 разів.



Сума 16 ПАВ (мкг/кг) у пробах донних відкладень варіювалась від 28,2 мкг/кг до 467 мкг/кг. ПАВ з 2-3 кільцями складали менш ніж 10 % від суми ПАВ, окрім станції 7 недалеко від р. Дунай (48 %). ПАВ з 4-6 кільцями були присутні у значенні близькому до 90 % у кожній пробі. Індено(1,2,3-сд)пірен, флуорантен та бензо(б)флуорантен були доміантними. Перевищення ГДК зафіксовано на станції 7 по нафталіну у 4,5 разів, бензо(а)антрацену та хрізену; на станції 1 по флуорантену у 5 разів, бензо(а)антрацену, хрізену (у 2 рази), бензо(к)флуорантену, індено(1,2,3-сд)пірену (у 3,7 разів), бензо(г,х,і)перілену. Станція 1 відзначається значним забрудненням донних відкладень на канцерогенні ПАВ.

За час експедиції було відібрано 6 проб з молюсками – *Mytilus galloprovincialis* та *Rapana venosa* (на станції 2 і станції 10), рапана була відібрана також на станціях 3, 6, 10 і 13 та 2 проби водоростей (філофора на станції 10 та зелені водорості на станції 13). Для відбору використовували драгу та черпак.

Усі відомості про місце відбору представлені у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Розташування станцій відбору проб біоти у травні 2016 р.

Станція	Широта, °N	Довгота, °E	Глибина, м	Дата	Місце відбору
02	45° 59,393'	30° 42,667'	19	17.05.16	біля Дністровського лиману
03	45° 49,308'	30° 18,518'	17	18.05.16	біля Тузловських лиманів
06	45° 18,676'	29° 51,200'	22	18.05.16	біля р. Дунай
10	45° 49,121'	31° 07,452'	31	20.05.16	Філофорне поле «Зернова»
13	46° 27,722'	31° 20,618'	13	21.05.16	біля Дніпро-Бузького лиману

Концентрації токсичних металів, визначені у м'яких тканинах молюсків та у водоростях представлені у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Концентрація токсичних металів у біоти, травень 2016 р.

Види	Станція	Концентрація токсичних металів (мг/кг мокрої ваги)					
		As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	2	0,90	0,15	1,24	0,012	0,13	42,7

Продовження таблиці 1.8							
Mytilus galloprovincialis	10	0,85	0,20	0,96	0,016	0,15	18,5
Rapana venosa	3	0,59	1,07	5,26	<b>0,024</b>	1,61	13,5
Rapana venosa	6	0,88	0,80	6,80	<b>0,053</b>	0,14	31,5
Rapana venosa	10	0,91	0,54	4,55	<b>0,025</b>	0,09	15,2
Rapana venosa	13	0,93	0,09	8,73	0,018	< 0,1	7,00
Філофора	10	6,34	0,68	31,7	< 0,010	3,00	75,3
Зелені водорості	13	10,6	0,61	30,0	0,044	4,92	62,8
ГДК для молюсків, UA		2,0	2,0	30,0	0,2	10	200
Директива ЄС 2013/39/EU		0,020					

**Примітка.** Жирним шрифтом виділені перевищення норм Директиви ЄС.

Як показано у таблиці 1.8 випадків перевищення ГДК України не має. Слід відзначити, що українські норми орієнтовані більше на охорону здоров'я людини, ніж гідробіонтів. Але якщо ми порівняємо присутність ртуті у біоті зі стандартами ЄС, то ми бачимо, що у рапані ртуть перевищує норми у 75 % проб.

Рівень накопичення токсичних металів у м'яких тканинах молюсків був близьким до перевищення норм. У філофорі і зелених водоростях знайдено підвищені концентрації миш'яку, міді, свинцю та цинку, що є підтвердженням результатів 2012 р.

Середні концентрації металів у м'яких тканинах молюсків були у діапазоні від 0 мг/кг до 61,7 мг/кг (табл. 1.9) та зменшувалися у послідовності Fe, Zn, Mn, Cu, As, Cr, Co, Cd, Pb та Hg. Нікель був нижче границі визначення.

Таблиця 1.9 – Концентрації токсичних металів у м'яких тканинах мідій у травні 2016 р.

Метали	Одиниці вимірювання*	Середні значення у м'яких тканинах мідій	Min	Max	ГДК/EQS
As	мг/кг	0,88	0,85	0,90	2,0
Cd	мг/кг	0,18	0,15	0,20	2,0
Co	мг/кг	0,19	0,16	0,22	-
Cu	мг/кг	1,10	0,96	1,24	30,0
Hg	мг/кг	0,014	0,012	0,016	0,2/0,02
Pb	мг/кг	0,14	0,13	0,15	10
Zn	мг/кг	31,0	18,5	42,7	200
Ni	мг/кг	0,0	0,0	0,0	-
Cr	мг/кг	0,62	0,44	0,80	-
Fe	г/кг	61,7	25,2	98,1	-

Продовження таблиці 1.9

Mn	мг/кг	3,8	2,13	5,47	-
----	-------	-----	------	------	---

\* - Мокра вага

Середні концентрації токсичних металів у тканинах рапани були у діапазоні від 0,03 мг/кг до 70,0 мг/кг (табл. 1.10) та зменшувались у наступному порядку: Fe, Zn, Cu, Mn, As, Cd, Cr, Pb, Co, Ni та Hg.

Таблиця 1.10 – Концентрації токсичних металів у тканинах рапани у травні 2016 р.

Метали	Одиниці вимірювання*	Середні значення у тканинах рапани	Min	Max	ГДК/EQS
As	мг/кг	0,83	0,59	0,93	2,0
Cd	мг/кг	0,63	0,09	1,07	2,0
Co	мг/кг	0,09	0	0,22	-
Cu	мг/кг	6,30	4,55	8,73	30,0
Hg	мг/кг	<b>0,030</b>	0,018	<b>0,053</b>	0,2/0,02
Pb	мг/кг	0,46	0	1,61	10
Zn	мг/кг	16,8	7,0	31,5	200
Ni	мг/кг	0,08	0	0,30	-
Cr	мг/кг	0,61	0	1,22	-
Fe	г/кг	70,0	14,4	203	-
Mn	мг/кг	4,80	0,69	10,4	-

**Примітка.** Жирним шрифтом виділено перевищення EQS.

\* - Мокра вага

Середні концентрації токсичних металів у водоростях були у діапазоні від 0,022 мг/кг до 1629 мг/кг (табл. 1.11). та зменшувалися у наступному порядку: Mn, Ni, Zn, Cu, Fe, Co, As, Cr, Pb, Cd та Hg. Високі концентрації магнію зафіксовані у філофорі (1629 мг/кг) та зелених водоростях (682 мг/кг).

Таблиця 1.11 – Концентрації токсичних металів у філофорі та зелених водоростях у травні 2016 р.

Метали	Одиниці вимірювання*	Середні значення у філофорі та зелених водоростях	Min	Max
As	мг/кг	8,47	6,34	10,6
Cd	мг/кг	0,645	0,61	0,68
Co	мг/кг	9,23	4,76	13,7
Cu	мг/кг	30,9	30,0	31,7
Hg	мг/кг	0,022	0	0,044
Pb	мг/кг	3,96	3	4,92
Zn	мг/кг	69,1	62,8	75,3
Ni	мг/кг	76,4	20,7	132
Cr	мг/кг	5,15	0	10,3
Fe	г/кг	13,0	10,1	15,9
Mn	мг/кг	1156	682	1629

\* - Мокра вага

ХОП в тканинах мідій варіювались від 0,05 мкг/кг до 48,9 мкг/кг. Сума ПХБ варіювалась від 15,6 мкг/кг до 116 мкг/кг.

Основними компонентами ХОП були гексахлорбензол,  $\beta$ -ГХЦГ та ДДД. Найвищі концентрації в 48,9 мкг/кг були для гексахлорбензолу; 17,8 мкг/кг для  $\beta$ -ГХЦГ; 14,7 мкг/кг для р,р'ДДЕ; 14,3 мкг/кг для альдріну; 14,4 мкг/кг для ліндану; 3,78 мкг/кг для  $\alpha$ -ГХЦГ; 2,91 мкг/кг р,р'ДДД; 2,27 мкг/кг для дільдріну; 2,91 мкг/кг для р,р'ДДТ та 0,73 мкг/кг для гептахлору.

Гексахлорбензол та гептахлор знайдені у концентраціях вище EQS (10 та 0,067 відповідно).

ХОП в тканинах рапани варіювались від 0,05 мкг/кг до 21,8 мкг/кг. Сума ПХБ варіювалась від 6,05 мкг/кг до 637 мкг/кг.

Основними компонентами ХОП були  $\beta$ -ГХЦГ, ліндан та ДДЕ. Найвищі концентрації в 21,8 мкг/кг були для  $\beta$ -ГХЦГ; 15,4 мкг/кг для ліндану та 11,1 мкг/кг для дільдріну; 10,7 мкг/кг для р,р'ДДЕ; 7,32 мкг/кг для  $\alpha$ -ГХЦГ; 5,03 мкг/кг для гексахлорбензолу, 2,32 мкг/кг для р,р'ДДТ; 1,56 мкг/кг для гептахлора; 1,37 мкг/кг для р,р'ДДД. Альдін у рапані був відсутній.

Гептахлор був знайдений у концентрації більше  $EQS = 0,0067$ .

ХОП у водоростях варіювались від 0,05 мкг/кг до 49,6 мкг/кг. Сума ПХБ варіювалась від 39,8 мкг/кг до 152 мкг/кг.

Основними компонентами ХОП були  $\alpha$ -ГХЦГ, ліндан та ДДЕ. Найвищі концентрації в 49,6 мкг/кг були для  $\alpha$ -ГХЦГ; 36,0 мкг/кг для р,р'ДДД; 32,8 мкг/кг для гептахлору; 26,8 мкг/кг для альдріну; 15,6 мкг/кг для ліндану; 9,09 мкг/кг для  $\beta$ -ГЦГХ; 6,81 мкг/кг для р,р'ДДЕ; 3,10 мкг/кг для р,р'ДДТ; 2,27 мкг/кг для дільдрину. Гексахлорбензол у водоростях не знайдений.

Сума 16 ПАВ (мкг/кг) у пробах біоти варіювалась від 56,1 мкг/кг (ст. 6, рапана) до 197 мкг/кг (ст. 10, мідія). Із усіх ПАВ в мідіях та водоростях ПАВ із 2-3 кільцями склали 77 %, із 4-6 кілець – 23 %. В рапані ПАВ з 2-3 кільцями займали 55 %, 4-6 кілець – 45 %.

Низькомолекулярні ПАВ (нафталін та антрацен) були доміантними.

У 2 пробах були знайдені перевищення  $EQS$ :

– бензо(а)пірен в концентрації 5,58 мкг/кг на станції 3 у рапані ( $EQS = 5$  мкг/кг);

– флуорантен у концентрації 44,0 мкг/кг на станції 13 у рапані ( $EQS = 30$  мкг/кг).

## 2 СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА МОРСЬКЕ ДОВКІЛЛЯ

2.1 Вимоги Директиви ЄС з морської стратегії до системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля

Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та ЄС Мінприроди з метою імплементації Директиви ЄС з морської стратегії необхідно:

- здійснити заходи для визначення базового екологічного стану та статусу екосистем Чорного та Азовського морів в межах виключної морської економічної зони України;

- визначити та затвердити критерії ГЕС для екосистем Чорного та Азовського морів в межах територіальних вод та виключної морської економічної зони України;

- визначити природоохоронні цілі та індикатори, досягнення яких має забезпечити наближення екологічного стану та статусу екосистем Чорного та Азовського морів в межах територіальних вод України та виключної морської економічної зони України до ГЕС.

Все це повинно увійти до Морської Стратегії України.

Таким чином, Морська стратегія України має містити наступні складові:

- базову оцінку екологічного стану Чорного та Азовського морів в межах територіальних вод України та виключної морської економічної зони України, яка включає комплексну оцінку впливу природних та антропогенних факторів на стан морського довкілля;

- визначення ГЕС Чорного та Азовського морів в межах територіальних вод України та виключної морської економічної зони України;

- визначення екологічних цілей та індикаторів, досягнення яких має забезпечити наближення екологічного стану Чорного та Азовського морів в межах територіальних вод України та виключної морської економічної зони України до ГЕС;

– систему Державного екологічного моніторингу морів України.

Відповідно до ст. 11 Директиви ЄС 2008/56/ЄС – Рамкова директива з морської стратегії (MSFD) - *Marine Strategy Framework Directive*, Україна повинна на основі базової оцінки, здійсненої відповідно до частини 1 статті 8, розробити і застосовувати програму екологічного моніторингу для постійної оцінки екологічного стану морських вод, базуючись на переліках характеристик, видів тиску та впливу, зазначених у Додатках III і V MSFD.

Система екологічного моніторингу, взагалі, та підсистеми моніторингу факторів впливу на морське довкілля, зокрема, повинні бути гармонізовані із вимогами до національної та регіональної (міжнародної) систем моніторингу та охоплювати всі показники факторів впливу, що наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік показників факторів впливу на стан морського довкілля

Індекс фактору $e_i$	Фактори впливу
1	2
1	Гідрофізичні показники водної товщі в залежності від метеорологічних умов та інших природніх факторів впливу (Т, S, густина, хвилі, течії, рівень моря)
2	Надходження біогенних речовин – з наземних джерел
3	Надходження біогенних речовин – з атмосфери
4	Надходження біогенних речовин – з джерел, розташованих в морі
5	Надходження забруднюючих речовин – з атмосфери
6	Надходження забруднюючих речовин – з наземних джерел
7	Надходження забруднюючих речовин – з джерел, розташованих в морі
8	Надходження забруднюючих речовин – аварійні ситуації, включаючи розливи нафти
9	Надходження сміття – від наземних джерел (річкове сміття)
10	Види вселенці – чисельність і/або біомаса
11	Рівні біогенних речовин – у водній товщі
12	Фізичні втрати – протяжність та розподіл (наприклад, від інфраструктурних об'єктів, прибережного захисту)
13	Фізичні порушення – від придонного тралення
14	Фізичні порушення – від днопоглиблювальних робіт та дампіну
15	Фізичні порушення - від видобутку піску і щебню
16	Рівні забруднюючих речовин - у воді та донних відкладах
17	Рівні забруднюючих речовин - в біоті, у тому числі в морепродуктах
18	Сміття - характеристики і чисельність/обсяг
19	Мікрочастинки сміття - кількість/обсяг
20	Підводний шум – просторовий розподіл, частота і рівні

Для побудови ефективної системи управління якістю морського довкілля відповідно до вимог MSFD необхідно виділити квазіоднорідні райони, характеристики яких залежать від відомих факторів впливу як природного, так і антропогенного походження. В роботі [8] в межах акваторії Північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) виділено 7 таких квазіоднорідних районів для цієї найбільш обширної акваторії чорноморського шельфу. Окремо були виділені одномильні зони прибережних вод відповідно до Водної рамкової Директиви ЕС. Дане районування зображено на рис. 2.1. Окремо виділена акваторія глибоководної зони Чорного моря, яка відокремлюється ізобатою 200 м.

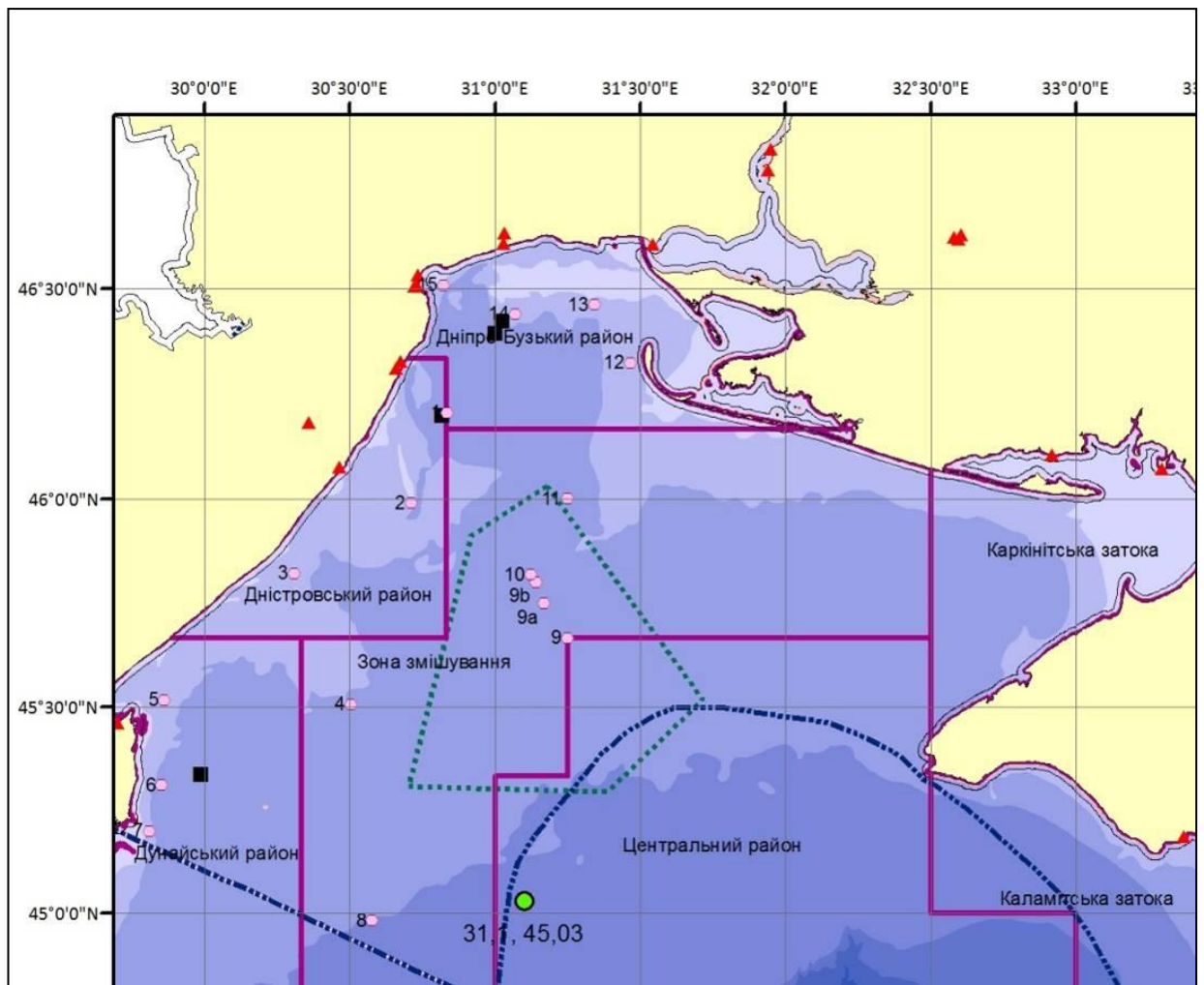


Рисунок 2.1 – Квазіоднорідні райони Північно-західної частини Чорного моря [8]



Відповідно до рекомендацій Робочої групи ЄС з інформаційного забезпечення MSFD [32] є необхідним запровадити 20 підпрограм спостережень державного морського екологічного моніторингу відповідно до 11 дескрипторів MSFD (див. табл. 2.2). Деякі з них можуть бути об'єднані.

Таблиця 2.2 – Перелік підпрограм спостережень за факторами впливу на морську екосистему відповідно до 11 дескрипторів MSFD

№	Підпрограми	Об'єкт / предмет моніторингу		Параметри	Дескриптор и*
1	2	3		4	5
1.	Надходження організмів - вселенців - з конкретних джерел	Джерела впливу	Біогенні речовини , забруднюючих речовин, патогенні і організми, організми - вселенці, сміття, шум	Надходження кількості на одиницю площі (або об'єму) в одиницю часу	D2
2.	Надходження біогенних речовин – з наземних джерел				D5
3.	Надходження біогенних речовин - з атмосфери				D5
4.	Надходження біогенних речовин – з джерел, розташованих в морі				D5
5	Надходження забруднюючих речовин - з атмосфери				D8
6.	Надходження забруднюючих речовин – з наземних джерел				D8
7.	Надходження забруднюючих речовин - з джерел, розташованих в морі				D8
8.	Надходження забруднюючих речовин – аварійні ситуації, включаючи розливи нафти				D8
9.	Надходження сміття – від наземних джерел (річкове сміття)				D10
10.	Види вселенці - чисельність і/або біомаса	Рівень впливу в морському середовищі	Біогенні речовини , забруднюючі речовини , патогенні і організми, фізичні	Протяжність/ розподіл в просторі і часі, концентрації	D2
11.	Рівні біогенних речовин – у водній товщі				D5
12.	Фізичні втрати - протяжність та розподіл (наприклад, від інфраструктурних об'єктів, прибережного захисту)				D6
13.	Фізичні порушення - від придонного тралення				D6
14.	Фізичні порушення - від днопоглиблювальних робіт та				D6, D8

№	Підпрограми	Об'єкт / предмет моніторингу	Параметри	Дескриптори*
1	2	3	4	5
	дампінгу			
15.	Фізичні порушення - від видобутку піску і щебню	втрати, фізична шкода, [видобуток видів, у т. ч. шляхом вилову], сміття, шум		D6
16.	Рівні забруднюючих речовин - у воді та донних відкладах			D8
17.	Рівні забруднюючих речовин - в біоті, у тому числі в морепродуктах			D8, D9
18.	Сміття - характеристики і чисельність/обсяг			D10
19.	Мікрочастинки сміття - кількість/обсяг			D10
20.	Підводний шум – просторовий розподіл, частота і рівні			D11

\* Нижче в табл. 2.3 наведений перелік кодів та назв програм спостережень відповідно до дескрипторів MSFD

Таблиця 2.3 – Перелік кодів та назв програм спостережень відповідно до дескрипторів MSFD

Код програми	Назва програми спостережень
D1, 4 Fish	Біорізноманіття – риба
D1, 4 Mammals	Біорізноманіття - ссавці
D1, 4 Birds	Біорізноманіття – птахи
D1, 4 Water column habitats	Біорізноманіття - біоценози водної товщі
D1, 4, 6 Seabed habitats	Біорізноманіття – біоценози морського дна
D2 NIS	Види-вселенці
D3 Commercial fish/ and shellfish	Промислові види риб і молюсків
D5 Eutrophication	Евтрофікація
D7 Hydrographical changes	Гідрографічні зміни
D8 Contaminants	Забруднюючі речовини
D9 Contaminants in seafood	Забруднюючі речовини в морепродуктах
D10 Marine litter	Сміття
D11 Energy, incl. underwater noise	Енергія, у тому числі підводний шум

Відповідно до наведених таблиць 2.2 та 2.3 необхідно і формувати базу даних морського екологічного моніторингу України.

## 2.2 Аналіз існуючої системи моніторингу факторів впливу на морське довкілля

З огляду на басейновий принцип система моніторингу факторів впливу на морське довкілля передбачає спостереження за факторами, що впливають безпосередньо на морське довкілля та за факторами, що впливають опосередковано через вплив на якість вод річок.

На теперішній час єдиної державної системи моніторингу факторів впливу на морське середовище не існує. Однак, існують суб'єкти, у завданнях діяльності яких, передбачається спостереження за окремими факторами впливу на морське довкілля, це такі як: Державна екологічна інспекція (Держекоінспекція) та її територіальні підрозділи, Український гідрометеорологічний центр Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Державне агентство водних ресурсів України (Держводгосп). Окремо необхідно відмітити УкрНЦЕМ, який, в межах завдань міжнародного гранту EMBLAS II по імплементації Директиви ЄС з морської стратегії, здійснює спостереження за такими факторами впливу, як рівні забруднюючих речовин у воді, донних відкладеннях і біоті моря; сміття у морі, в річках та на пляжах. Ведеться робота по налагодженню спостережень за підводним шумом.

*Держекоінспекція* діє відповідно до покладених на неї завдань про охорону, раціональне використання вод та відтворення водних ресурсів, зокрема щодо використання, відтворення і охорони морського середовища та природних ресурсів внутрішніх морських вод, територіального моря, виключної (морської) економічної зони України та континентального шельфу України, додержання норм екологічної безпеки.

Держекоінспекція для виконання покладених на неї завдань серед всього іншого має право здійснювати відбір проб та інструментально-лабораторні вимірювання показників складу та властивостей викидів стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря, вод лляльних, баластних, зворотних, поверхневих, морських.

До територіальних органів Держекоінспекції України, що контролюють вплив на морське довкілля є:

- а) Державна екологічна інспекція Північно-Західного регіону Чорного моря;
- б) Державна Азовська морська екологічна інспекція;
- в) Державна екологічна інспекція в Одеській області;
- г) Державна екологічна інспекція у Миколаївській області;
- д) Державна екологічна інспекція у Херсонській області.

Держекоінспекція:

- проводить перевірки (у тому числі документальні) із застосуванням інструментально-лабораторного контролю;

- складає відповідно до законодавства акти за результатами здійснення державного нагляду (контролю) за додержанням вимог законодавства з питань, що належать до її компетенції;

- надає обов'язкові до виконання приписи щодо усунення виявлених порушень вимог законодавства;

- здійснює контроль за виконанням приписів і здійснює лабораторні вимірювання (випробування).

До мережі моніторингу Держекоінспекції відносяться 81 пункт спостережень якості морських вод. 19 пунктів розташовані у ПЗЧМ: на підходах до Одеського, Херсонського, Іллічівського та Очаківського портів і до порту Південний, а також в зонах впливу різних скидів зворотних вод (Північної та Південної СБО м. Одеса, Іллічівського судноремонтного заводу, Одеської ТЕЦ та ін.). До окупації Криму 62 пункти були розташовані поблизу узбережжя Криму: в зонах впливу різних комунальних скидів зворотних вод.

Показники якості води, які вимірюються при проведенні морського екологічного моніторингу наведено у табл. 2.4 - 2.5.

Таблиця 2.4 – Показники якості води, які вимірюються в мережі моніторингу Держекоінспекції [33]

Назва показника	Населені пункти, в яких розшташовані станції моніторингу якості поверхневих вод								
	Херсон	Миколаїв	Ізмаїл	Одеса	Феодосія	Керч	Севастополь	Ялта	Красноперекоск
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
алюміній		+							
амоній солевий	+	+		+	+	+	+	+	+
АПАР	+	+	+		+	+	+	+	+
БСК	+	+	+	+	+	+	+	+	+
водневий показник рН	+	+	+	+	+	+	+	+	+
жорсткість	+	+	+	+			+	+	
завислі речовини	+	+	+	+	+	+	+	+	+
залізо загальне	+	+	+	+	+	+	+	+	+
запах	+	+	+				+		+
кальцій	+	+	+	+			+		
кисень розчинний	+	+	+	+	+	+	+	+	+
кольоровість	+	+					+		
Магній	+	+	+	+			+		
марганець	+	+							
мідь	+	+					+		
нафтопродукти	+	+	+		+	+	+	+	+
нікель	+	+							
нітрати	+	+	+	+	+	+	+	+	+
нітрити	+	+	+	+	+	+	+	+	+
прозорість	+	+	+				+		
сульфати	+	+	+	+		+	+	+	+
сухий залишок	+	+	+	+				+	+
феноли	+	+			+	+	+	+	
фосфати	+	+				+	+	+	+
хімічне споживання кисню	+	+	+				+	+	+
хлориди	+	+	+	+		+	+	+	+
хром (III)		+							
хром (VI)		+							
цинк	+	+					+		
температура	+	+	+				+		+
лужність	+	+	+	+					
свинець		+					+		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
хром загальний	+								
кадмій		+					+		
азот амонійний			+						
залізо(II)			+						
залізо(III)			+						
мініралізація			+				+		
сульфіди	+								
сірководень	+								
БСК20			+						
вуглець органічний			+						
гідрокарбонати			+	+					
калій+натрій			+	+					
солоність			+						
фосфор загальний			+						
фосфор мінеральний			+	+					
фосфор органічний			+						
окислюваність перманганатна	+	+	+						
насичення киснем	+						+		
eH			+						
сума іонів				+					
хлор активний						+		+	
мутність								+	

*Український гідрометеорологічний центр Державної служби України з надзвичайних ситуацій.* Відповідно до Статті 4. «Напрями гідрометеорологічної діяльності» Закону України Про гідрометеорологічну діяльність основними напрямками гідрометеорологічної діяльності є:

- провадження спостережень за гідрометеорологічними умовами, геофізичними процесами в атмосфері та базових спостережень за рівнем забруднення навколишнього природного середовища;
- збір, обробка, передача та зберігання даних спостережень;
- розроблення гідрометеорологічних прогнозів, гідрометеорологічне забезпечення органів державної влади, органів місцевого самоврядування і населення;
- гідрометеорологічне обслуговування та надання гідрометеорологічних послуг зацікавленим юридичним та фізичним особам;
- здійснення активних впливів на гідрометеорологічні процеси.

Український гідрометеорологічний центр (колишня Державна гідрометеорологічна служба України - Держгідромет) – державна установа в складі Державної служби України з надзвичайних ситуацій, що проводить метеорологічні та гідрологічні спостереження на території України.

Виходячи з цього, основним функціональним завданням Українського гідрометцентру є і залишається:

- збір, обробка і аналіз результатів спостережень за станом погоди; гідрологічним режимом річок, озер, водосховищ, Чорного та Азовського морів; станом і розвитком сільськогосподарських культур, забрудненням довкілля;
- прогнозування змін погодних умов, водності річок, притоку води до водосховищ, умов вегетації та врожайності сільськогосподарських культур;
- попередження про загрозу виникнення небезпечних і стихійних погодних явищ, паводків, селів, снігових лавин;
- оперативне і своєчасне забезпечення населення і галузей економіки прогнозами погоди.

Система спостережень дає змогу отримувати понад 70 різних видів інформації, зокрема: метеорологічної, аерологічної, озонметричної, метеорологічної, радіолокаційної, агрометеорологічної, гідрологічної; а також комплексні дані про стан хімічного і радіаційного забруднення повітря, поверхневих і морських вод у пунктах базової мережі спостережень, та в районах функціонування спеціальних програм спостережень в рамках об'єктового моніторингу у зонах впливу АЕС, промислових підприємств, транскордонних пунктах спостережень тощо.

До мережі моніторингу Гідрометцентру відносяться 50 пунктів спостережень якості морських вод, з яких 22 пункти розташовані у Північно-західній акваторії Чорного моря: на підходах до Дніпро-Бузького, Дністровського та Сухого лиманів (9 пунктів) і морській частині дельти Дунаю (13 пунктів). До окупації Криму було 50 пунктів, розташованих поблизу узбережжя Криму: на акваторіях Алупкінської, Ялтинської, Гурзуфської та Феодосійської заток, в районі м. Алушта, західніше мису Херсонес і в Керченській протоці.

Таблиця 2.5 – Показники якості води, які вимірюються в мережі моніторингу гідрометеорологічної служби України [33]

Назва показника	Населені пункти, в яких розташовані станції моніторингу якості поверхневих та морських вод				
	Миколаїв	Ялта	Дунайська ГО (м. Ізмаїл)	ГМБ Іллічівськ	МГ «Опасне» (м. Керч)
1	2	3	4	5	6
азот амонійний	+	+	+	+	+
азот заг.	+	+		+	+
азот нітратний	+	+	+	+	+
азот нітритний	+	+	+	+	+
АПАР	+	+	+	+	
БСК			+		
pH	+	+	+	+	+
жорсткість	+				
діоксид вуглецю			+		
завислі речовини			+	+	
запах			+		
кальцій	+		+		
кисень розчинний	+	+	+	+	+
кольоровість			+	+	
кремній	+	+	+	+	+
лужність	+	+		+	+
магній			+		
нафтопродукти	+	+	+	+	+
окислення біхроматне			+		
окислюванність перманг.			+		
прозорість			+	+	
насичення киснем			+		
сірководень	+	+	+	+	
солоність	+	+		+	+
сульфати	+		+		
сума азотних сполук			+		
сума іонів			+		
стронцій-9	+				
твердість			+		
температура			+		
феноли	+	+	+	+	+
фосфати	+	+	+	+	+
фосфор загальний	+	+	+	+	+
хлориди	+		+		
хром (VI)			+		
ХОП		+	7	+	+
ХСК			+		
цезій-+37	+				
альфа-ГХЦГ			+		
бета-ГХЦГ			+		



1	2	3	4	5	6
гама-ГХЦГ			+		
ГХБ			+		
ДДЕ			+		
ДДС			+		
ДДТ			+		
натрій+калій			+		
важкі метали			+		

Перелік показників, що вимірюються лабораторіями відомчої мережі моніторингу Держводгоспу такий же як перелік показників, що вимірюються лабораторіями Державної екоінспекції та Держгідрометцентру. Існують певні відмінності в завданнях та режимі спостережень, як представлено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Аналіз мереж моніторингу Держгідрометцентру та Держводгоспу [33]

Показники	Мережа Держгідрометцентру	Мережа Держводгоспу
Призначення мережі моніторингу	Систематичні спостереження за рівнем фонових концентрацій забруднюючих речовин	Постійний контроль хімічного складу
Сезон відбору проб	Залежно від категорії пункту від 4-36 разів на рік	Відповідно до програми від 2-6 разів на рік
Як контролюють якість проведених лабораторних аналізів і обробки результатів	Внутрішньо-лабораторний і зовнішній контроль під час лабораторних аналізів; семантичний та синтаксичний контроль під час обробки даних	Внутрішньо-лабораторний і зовнішній контроль під час лабораторних аналізів
Що відбирають	Вода, біота	Вода
Який аналіз даних проводять	Усереднення (місяць, півріччя й рік), аналіз трендів — 10 років	Усереднення 1 раз на рік

### 2.3 Недоліки системи державного морського екологічного моніторингу

За роки проведення спостережень суб'єктами системи морського моніторингу накопичено певний досвід і великі обсяги інформації щодо стану об'єктів довкілля та джерел їх забруднення. Інформація міститься у відомчих базах даних, які за своєю структурою не відповідають потребам до використання в єдиній системі моніторингу. Відсутні стандартизовані формати та системи збереження первинних даних спостережень. Ретроспективна інформація накопичена на паперових носіях. Низький рівень використання геоінформаційних систем для оцінки та представлення екологічної інформації. Крім того, до недоліків морського екологічного моніторингу відносяться:

- розосередження даних по різних суб'єктам моніторингу та відсутність загальної бази даних;
- відсутність оперативності доступу користувачів до екологічної інформації;
- труднощі в аналізі первинних даних моніторингу для практичного використання при вирішенні задач щодо оцінки екологічних ризиків;
- недосконалі системи кризового морського екологічного моніторингу.

Головними недоліками системи морського моніторингу в Україні є:

- а) організаційна недосконалість системи моніторингу та технічна зношеність мережі спостережень державної системи моніторингу довкілля взагалі та точкових джерел забруднення;
- б) недостатні обсяги фінансування забезпечення функціонування системи моніторингу та проведення досліджень;
- в) недостатній рівень планування та координації діяльності суб'єктів системи, відомчий характер проведення спостережень за точковими джерелами забруднення;

г) неповна відповідність нормативно-технічного та нормативно-правового забезпечення системи моніторингу точкових джерел забруднення сучасним вимогам.

### 2.3.1 Проблемні питання системи моніторингу

Основними проблемами системи моніторингу є наступні:

а) кожний суб'єкт моніторингу має свою мережу, а координація роботи суб'єктів моніторингу є слабкою;

б) місцезоташування та кількість пунктів спостережень було визначено декілька десятків років тому. Протягом цього часу відбулися значні зміни, отже і досі не існує оптимізованої (просторово та за програмами спостережень) єдиної мережі;

в) мережі спостережень у системі Державної системи моніторингу довкілля України (ДСМД) побудовано без урахування вимог щодо створення Європейської мережі спостережень та інформації про стан навколишнього природного середовища, зокрема мереж EuroWaterNet;

г) кожна мережа проводить вимірювання параметрів за своїми методиками. Уніфікацію науково-методичного та метрологічного забезпечення і досі не проведено. Нажаль, методи й методики, використовувані в системах спостережень ДСМД, не завжди можуть забезпечити потрібну чутливість обчислень і рівень достовірності результатів спостережень, що відповідають вимогам до інформаційного забезпечення користувачів;

д) технічне забезпечення мереж спостереження є застарілим, зношеним та потребує оновлення;

е) інформація, отримана в результаті моніторингу довкілля, розміщена у відомчих базах даних, які є не структурованими. Ретроспективну інформацію нагромаджено на паперових носіях. Цей стан не дає можливості в повному обсязі

використовувати масиви даних для комплексної оцінки екологічного стану довкілля, окремих його складових, екосистем, прогнозування змін їх екологічного стану;

є) підходи та методи оцінки окремих складових об'єктів довкілля також не узгоджені між собою. Неможливість зіставлення даних, у свою чергу, ускладнює прогнозування та підготовку науково обґрунтованих рекомендацій щодо створення моделей розвитку ситуацій, прогнозування та прийняття оптимальних управлінських рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища та раціонального природокористування.

ж) не існує єдиної інформаційної системи забезпечення моніторингу за факторами впливу на морську екосистему відповідно до суб'єктів моніторингу.

### **3 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА ЯКІСТЬ ПРИБЕРЕЖНИХ ВОД ЧОРНОГО МОРЯ У 2017 Р. НА БАЗІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

#### **3.1 Модель екосистеми Північно-західного шельфу Чорного моря на базі AQUATOX**

Структура хіміко-біологічної моделі якості морських вод складається з двох блоків:

– блоку самоочищення, у якому розраховується зменшення концентрації забруднюючої речовини в кожній локальній точці простору в результаті сукупної дії різного роду фізико-хімічних, хімічних, біохімічних і біологічних процесів, що протікають у морському середовищі;

– блоку евтрофікації, що представляє собою систему взаємообумовлених диференціальних рівнянь, які описують біогеохімічні цикли біогенних елементів, продукцію і деструкцію органічної речовини, трофічні зв'язки і динаміку кисню в локальній точці водного середовища.

Блок самоочищення вод застосовується для ЗР, що не властиві морському середовищу, тобто надходять до екосистеми з зовнішніх, як правило, антропогенних джерел і не мають у морському середовищі істотних вагомих джерел. Цій умові задовольняють, у загальному випадку, токсиканти: нафтопродукти, СПАР, патогенні бактерії, феноли, важкі метали тощо [22].

При вирішенні задачі самоочищення вод враховуються лише ті природні процеси, які приводять до дифузії, руйнування і трансформації забруднюючих речовин у водному середовищі досліджуваної акваторії моря, або сприяють виведенню цих речовин за її межі. Вторинними джерелами ЗР у водному середовищі при розв'язанні задачі самоочищення, як правило,

нехтують, вважаючи, що вони відсутні або їх інтенсивність незрівнянно мала у порівнянні з процесами деградації і розпаду.

У першому наближенні, при побудові блоку самоочищення вод від неконсервативних ЗР припускають, що їхня деструкція описується кінетичним рівнянням реакції 1-го порядку. Оскільки в умовах водного середовища хімічні, біологічні, біохімічні і фізико-хімічні процеси розпаду ЗР тісно взаємопов'язані і протікають одночасно, то найбільш доцільним для практичних розрахунків є визначення і використання сумарних питомих швидкостей трансформації (коефіцієнтів неконсервативності) ЗР. Їх значення для конкретних типів ЗР можуть бути взяті з літературних джерел, або визначені в натурних чи, у максимально наближених до натурних, лабораторних умовах. При цьому не виконується диференційований кількісний облік окремих процесів. В окремих випадках, при наявності необхідної інформації, коефіцієнт неконсервативності ЗР може бути представлений у мультиплікативній формі як функція від визначаючих його характеристик водного середовища.

Блок евтрофікації має більш складну математичну структуру, оскільки фактично являє собою модель функціонування водної екосистеми з високим ступенем агрегованості її біологічних елементів. У ньому розглядаються як прямі, так і зворотні зв'язки між біотичними і абіотичними елементами екосистеми при обов'язковій умові виконання законів збереження речовин та енергії. У якості елементів блоку евтрофікації розглядаються показники якості вод морських екосистем, що характеризують рівень їхньої трофності і сапробності. До числа таких показників відносяться: концентрації мінеральних і органічних форм біогенних речовин, біомаса фітопланктону і бактерій, вміст кисню [23].

Біолого-хімічний блок будується на принципі усереднення і агрегування з наступною ієрархічною декомпозицією. Верхній, або початковий, рівень в ієрархії структури моделі утворюють компоненти,

концентрації яких слугують фоновими факторами, що визначають існування біологічних видів і протікання процесів зв'язаних з ним [24].

Таких компонент виявилось вісім:

- сумарні фіто- і зоопланктон;
- водорості-макрофіти;
- азот;
- фосфор;
- завислі і розчинені органічні речовини;
- риби двох видів (хамса і шпрот).

Можливість агрегування багатьох видів в одну компоненту базується на тому, що водне середовище являється природним інтегратором, в якому сумується дія окремих видів, що виступають у вигляді джерел або стоку речовин. На верхньому ієрархічному рівні моделювання агреговані компоненти  $u_i^{(0)}$ , біолого-хімічного блоку вважаються просторово опосередкованими. Таким чином, цей блок являє собою «ящикову» або «бокс-модель» підсистеми. Агрегування застосовується і до речовин, роль яких в системі однакова по відношенню до компонентів що враховуються. Агреговані просторово опосередковані компоненти зв'язані з концентраціями відповідних вихідних живих і неживих речовин наступним співвідношенням:

$$u_i^{(0)} = \int_V \sum_{j=1}^{N_i} u_{ji} dV, \quad (3.1)$$

де  $u_{ji}$  – концентрація біомас окремих видів організмів, або неживих речовин;

$N$  – об'єм середовища, зайнятого екосистемою;

$N_i$  – число вихідних компонент, об'єднаних в  $i$ -й агрегованій компоненті.

В моделі підсистеми «риби» описується  $n$  видів риб, розділених на стадії: ікра, личинки, мальки і дорослі особини різного віку. Число дорослих стадій риби дорівнює максимальній тривалості життя риб даного виду, вираженій в роках. Для екологічних прогнозів, орієнтованих на вирішення

задач управління рибними ресурсами, вихідними параметрами блоку «риби» приймається сумарна чисельність дорослих стадій риб  $i$ -го виду в момент часу  $t$ :

$$N_i(t) = \sum_{j=t-T}^t N_{ij}(t), \quad (3.2)$$

де  $j$  – вік риби в роках;

$T$  – максимальна тривалість життя риб  $i$ -го виду;

$N_{ij}$  – чисельність риб, що входять в групу, і відносяться до  $j$ -го віку.

Величини  $N_{ij}$  можуть тільки спадати. Рівняння, що їх описують повинні відображати основні особливості зміни поведінки риб у часі. При цьому кінцевий стан якої-небудь життєвої стадії являється початковим станом для іншої. Співвідношення, що описують сукупність змінних, повинні враховувати нерест, виживання ікринок, личинок і малька в період їх розвитку в залежності від наявності харчування, хижаків, зміни смертності під впливом забруднення та інших факторів. Повинна враховуватись плодовитість організмів в залежності від харчування в період, що передуює розмноженню.

Для мігруючих риб, як і для інших організмів, зміна деяких відбувається за межами акваторії розташування екосистеми, що вивчається. Фізичні, хімічні та інші умови в цих зонах, наприклад зонах зимування, включаються в модель як зовнішні фактори.

Вагомим являється період «нагулу» риб, коли вони в основному нарощують свою біомасу. Чисельність риб позначають як  $N_{ij1}$  – на початку періоду нагулу, а  $N_{ij2}$  – в кінці цього періоду. Після закінчення нагульного періоду деякі види риб ідуть на зимівлю і після цього повертаються в ареал нагулу постарілими на рік. При цьому риби з віком вищим від граничного виключаються з розгляду. Початкова чисельність риб з віком  $j = 1$  визначається за формулою:



$$N_{i11}(t) = \beta_{i1}^{(4)} [\beta_i^{(3)} \beta_i^{(2)} \beta_i^{(1)} G_1 \delta_i N_i^*(t-1) + J_i], \quad (3.3)$$

Тут:

$$N_i(t) = \sum_{j^*}^t N_{ij}(t); j^* = t - T_i + T_i^*, \quad (3.4)$$

де  $N_i^*$  – чисельність статевозрілих риб;

$T_i^*$  – вік статевої зрілості;

$\delta_i$  – доля самок;

$G_1$  – чисельність ікри на одну самку;

$\beta_i^{(1)}, \beta_i^{(2)}, \beta_i^{(3)}$  – коефіцієнти виживання ікринок, личинок, мальків;

$J_i$  – чисельність життєздатних мальків, що вводяться в систему шляхом марикультури;

$\beta_{i1}^{(4)}$  – виживання мальків на зимівлі.

Зимівля дорослих риб описується рівнянням:

$$N_{ij1}(t) = \beta_{ij}^{(5)} N_{i,j-1}(t-1) \quad (3.5)$$

де  $\beta_{ij}^{(5)}$  – виживання дорослих риб на зимівлі ( $j > 1$ ).

$$\beta_{ij}^{(5)} = 1 - \alpha_{ij2} - c_{ij2}, \quad (3.6)$$

де  $\alpha_{ij2}$  – природна смертність на зимівлі;

$c_{ij2}$  – спад від промислу на зимівлі.

Припускається, що природна смертність риб (не пов'язана з дією хижаків та промислу) може збільшуватися під впливом голоду і забруднень [24]. Ступінь голоду охарактеризується інтегральним дефіцитом раціону  $D_{ij}$  (рівняння 3.7):

$$D_{ij} = \int_0^{T_n} (R_{ij} - r_{ij}) dt, \quad (3.7)$$

де  $T_n$  – період нагулу;

$R_{ij}$  – нормальний раціон;

$r_{ij}$  – реальний раціон.

Значенням реального раціону є функція від наявності їжі:

$$r_{ij} = r_{ij}(P_{ij}), \quad (3.8)$$

де  $P_{ij}$  – сумарна їжа.

$$P_{ij} = \sum_k \sum_l a_{kl} N_{kl} + \sum_k b_k z_k. \quad (3.9)$$

В даному рівнянні сумування поширене на всі види риб і планктонних організмів (з концентрацією  $z_k$ ), що споживається рибами  $i$ -го виду  $j$ -го віку. Масові коефіцієнти  $a_{kl}, b_k$  переводять чисельність організмів в деяку еквівалентну біомасу з урахуванням калорійності їжі.

Природну смертність риб на зимівлі охарактеризуємо лінійною залежністю як зазначено в рівнянні 3.10:

$$\alpha_{ij2} = \alpha_{ij2}^{(0)} \alpha_{ij2}^{(1)} D_{ij} + \alpha_{ij2}^{(2)} \varepsilon, \quad (3.10)$$

де  $D_{ij}$  – дефіцит раціону за нагульний період, перед зимівлею;

$\varepsilon$  – узагальнений параметр забруднень.

Модель підсистеми «Зоопланктон» будується згідно з цілями моделювання підсистеми «Риби». З цією метою зоопланктон групується на фракції по відношенню до  $i$ -го виду риб:  $Z_{1i}$  – хижак ікри;  $Z_{2i}$  – хижак личинок;  $Z_{3i}$  – корм для личинок;  $Z_{4i}$  – корм для малька;  $Z_{5i}$  – корм для

дорослих риб. До складу компонент зоопланктону входять різноманітні його види. Зокрема в даній моделі враховується кормовий зоопланктон.

Оскільки розмноження риб відбувається в нерестові періоди і в моделі фігурує біомаса дорослих особин, приріст біомаси риби за рахунок розмноження враховується заданням початкової умови у вигляді показаному в рівнянні 3.11:

$$U_6(t_{0k}) = U_6(t_{1(k-1)}) + \beta_3 [b_6 \beta_2 \beta_1 G_6 U_6(t_{2(k-1)}) + J_6], \quad (3.11)$$

де  $t_{0k}$  – момент початку  $k$ -го року;

$t_{1(k-1)}$  – момент закінчення  $(k-1)$ -го року;

$t_{2(k-1)}$  – середина періоду нересту  $(k-1)$ -го року;

$G_6$  – кількість ікринок на одну рибу;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$  – виживання ікринок, личинок, малька;

$b_6$  – характерна біомаса малька;

$J_6$  – біомаса малька риб, що вводяться в систему за рахунок штучного розведення – марикультури.

Аналогічно підсистема «Фітопланктон» також може бути розділеною на більш мілкі структурні частини з урахуванням її взаємодій з блоками «Зоопланктон» та «Риби».

Усі основні компоненти екосистеми являються концентраціями відповідних речовин. Позначають концентрації біомас через  $X_{1к}$  – для кормового і  $X_{1н}$  – для не кормового фітопланктону. Далі вводять концентрації біомас і речовин:  $X_2$  – водоростей-макрофітів;  $X_3$  – зоопланктону;  $X_4, X_5$  – засвоєваних сполук азоту та фосфору;  $X_6$  – органічних речовин в неживій фазі;  $X_7$  – риб. Зоопланктон може підрозділятися на три фракції:  $X_{3т}$  – травоядні;  $X_{3х}$  – хижаки;  $X_{3м}$  – ті що харчуються макрофітами. В якості поживних речовин приймають сполуки

азоту та фосфору які лімітують фотосинтез. До них в ряді випадків можуть додаватися сполуки кремнію. Органічні речовини підрозділяються на дві фракції:  $X_{6p}$  – розчинені органічні речовини і  $X_{6d}$  – тверді завислі (детрит). Риби можуть підрозділятися на планктоноідні та хижі з концентраціями біомас відповідно  $X_{7п}$  і  $X_{7х}$ . Деталізація описання компонент екосистеми проводиться шляхом введення додаткових фракцій, але для кожного конкретного випадку потрібно зводити число основних компонент до мінімуму. Перераховані компоненти описуються системою звичайних диференціальних рівнянь наступного виду:

$$\frac{dX_i}{dt} = \sum_k a_{ik} X_k + F_i, \quad (3.12)$$

де перший доданок справа обумовлений внутрішніми взаємодіями в системі, а  $F_i$  – впливом зовнішніх меж.

Величина  $F_i$  для всіх компонент що переносяться течією, тобто для всіх компонент, крім водоростей-макрофітів, зоопланктону і риб, визначається на основі розрахунку водообміну на границях області. Нехай величина  $Q$  – сумарний потік глибинних вод, що надходять;  $Q_2$  – потік поверхневих вод, що надходять;  $Q_1$  – сумарний потік вод, що витікають;  $W$  – потік річних вод, а  $V$  – загальний об'єм шельфу. В такому випадку отримують:

$$VF_i = Q_2 X_{is} + Q X_{ib} + W X_{id} - Q_1 X_i, \quad (3.13)$$

де  $X_{is}$  – концентрація  $i$ -ї компоненти в поверхневих водах відкритого моря;

$X_{ib}$  - в глибинних зонах;

$X_{id}$  – в річних водах.

Далі розглянемо вираз першого доданка для компонент системи. Коефіцієнт  $a_{11}$ , що відноситься до фітопланктону, має вигляд:

$$a_{11} = P_1 + M_{61} - E_1(T), \quad (3.14)$$

де  $P_1$  – швидкість фотосинтезу фітопланктону, що визначається за принципом Лібіха.

$$P_1 = \min(P_{10}, P_{14}, P_{15}), \quad (3.15)$$

де  $P_{10}$ ,  $P_{14}$ ,  $P_{15}$  – швидкості фотосинтезу, що лімітуються відповідно освітленням сонячним світлом, концентраціями біогенних сполук азоту та фосфору.

В експериментах зазвичай встановлюється число ділення клітин фітопланктону за добу, тобто константа ділення –  $k_{ij}$ , де  $j = 0,4,5$ , відноситься до випадків, коли в ролі лімітуючих факторів виступають окремо світло, азот або фосфор. Величини  $P_{ij}$  можуть виражатися через константи ділення:

$$P_{ij} = \frac{\ln 2}{t_c} k_{ij}, \quad (3.16)$$

де  $t_c$  – час рівний добі.

Коефіцієнти рівнянь для концентрацій біогенних сполук азоту  $X_4$  та фосфору  $X_5$  обумовлені споживанням цих сполук при фотосинтезі фітопланктону і водоростей-макрофітів, а також вивільненням при розкладі неживої органічної речовини:

$$a_{i1} = -D_{i1}P_1, \quad a_{i2} = -D_{i2}P_2, \quad (3.17)$$

$$a_{i6} = D_{i6}E_6(T), \quad i = 4,5, \quad (3.18)$$

де  $D_{i1}, D_{i2}, D_{i6}$  – доли азоту ( $i = 4$ ) і фосфору ( $i = 5$ ) в біомасі фітопланктону, водоростей-макрофітів та неживій органічній речовині.

Рівняння для агрегованої компоненти  $X_7$ , яка характеризує концентрацію біомаси риб, складається наступним чином: її позначають через  $\delta_7$  – долю хижих риб в їх загальній біомасі. При цьому для планктоноїдних риб буде  $(1-\delta_7)$ , а коефіцієнти будуть мати наступний вигляд:

$$a_{71} = x_{17}(1 - \delta_7)M_{17}, \quad a_{73} = x_{37}(1 - \delta_7)M_{37}, \quad (3.19)$$

$$a_{77} = -(1 - x_{77})(1 - \delta_7)\delta_7 M_{77} - E_7 - C_7, \quad (3.20)$$

де  $C_7$  – промислова і  $E_7$  - природня смертність риб [30].

AQUATOX добре підходить для аналізу причин та протікання евтрофікації. Можливе застосування включає розгляд критеріїв якості води по органічних речовинах та аналізу управлінських альтернатив. AQUATOX моделює багаточисельні взаємопов'язані змінні, важливі в динаміці розчиненого кисню і їх вплив на водне середовище (рис. 3.10):

- азот (загальна кількість, нітратіонів та сполук аміаку);
- фосфор (загальна кількість, фосфати);
- розчинений кисень;
- біомаса водоростей, хлорофіл;
- біомаса перифітону;
- макрофіти;
- прозорість.

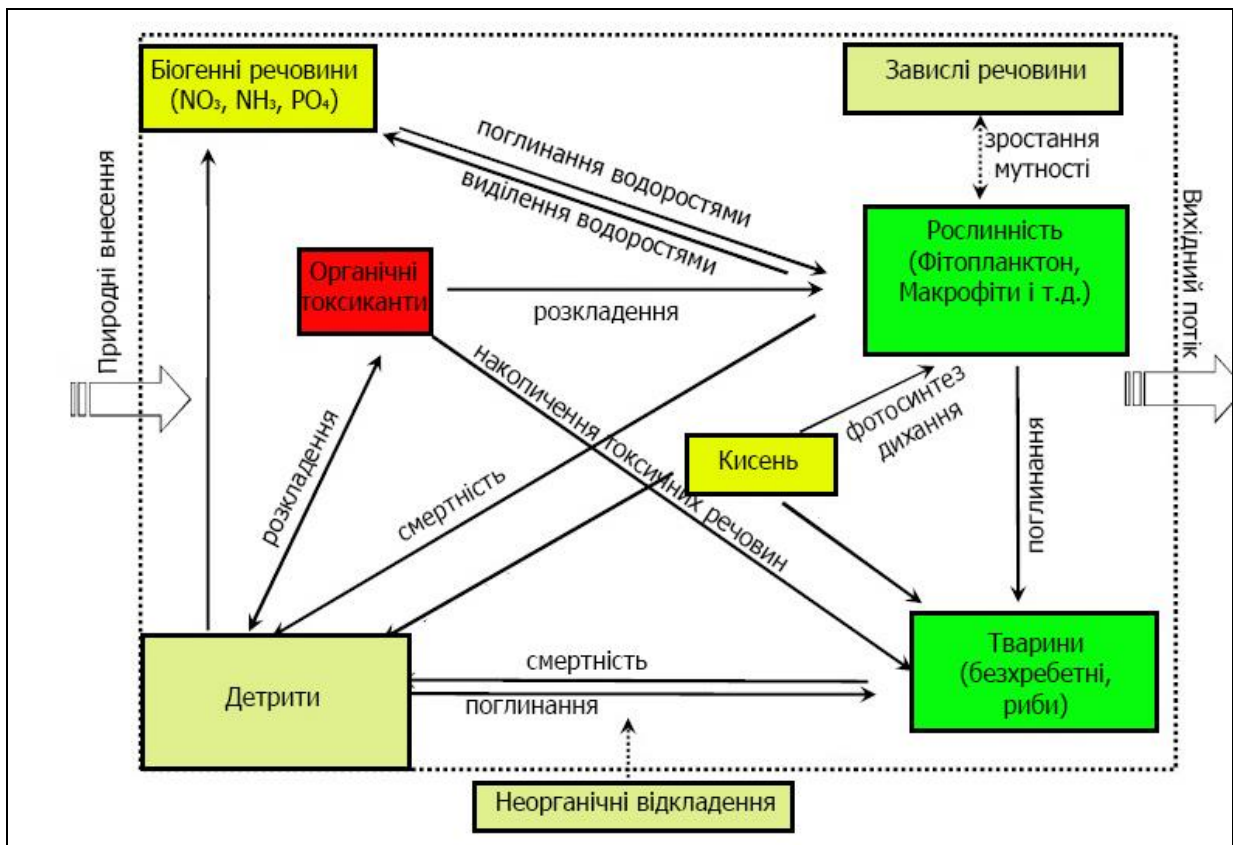


Рисунок 3.1 – Екологічні процеси що моделює AQUATOX [20]

AQUATOX можна застосовувати для вертикально стратифікованих водних об'єктах (озера, моря, лимани):

- моделює стратифікацію та змінні умови у кожному шарі;
- моделює різні типи фітопланктону, так, щоб можна було передбачити послідовні зміни протягом сезону.

*Моделювання відносного надлишку водоростевих груп.* На відміну від більшості моделей оцінки якості води, AQUATOX розглядає біоматерію як інтеграл хімічно-фізичної системи.

AQUATOX враховує практично весь цикл обігу біогенних речовин у водному середовищі (рис. 3.2 – 3.3) [26].

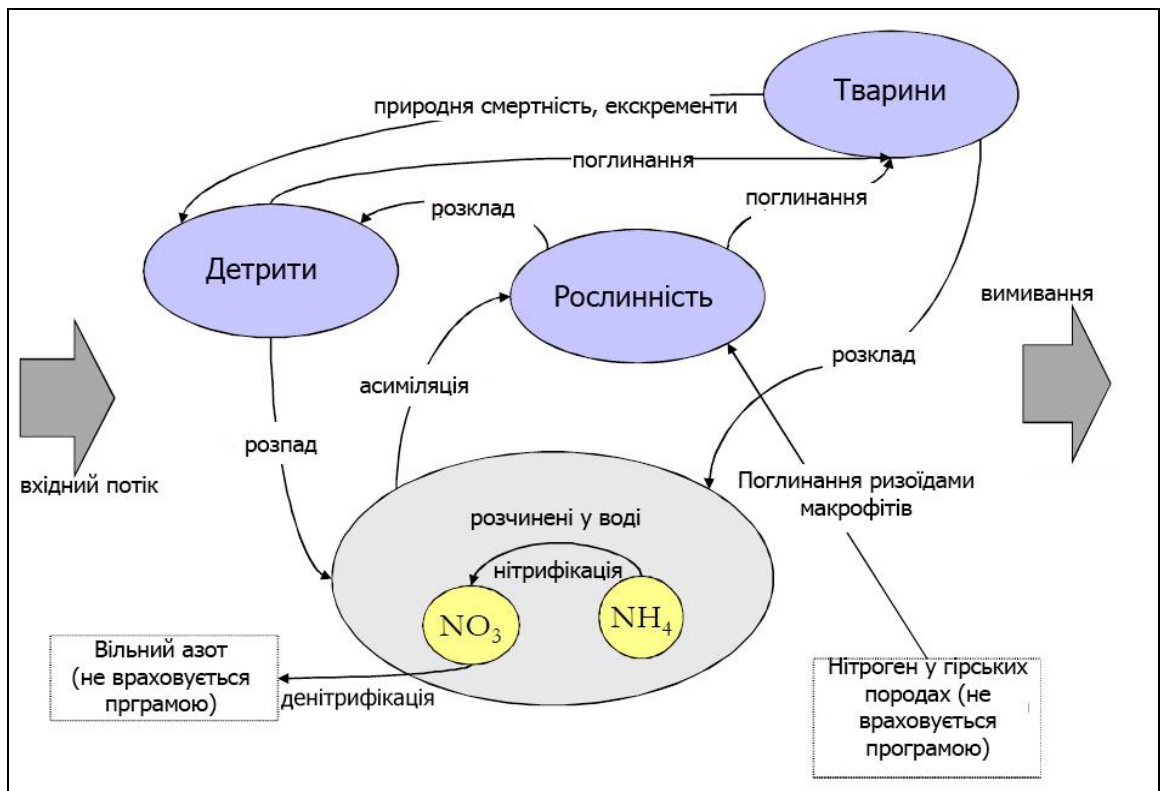


Рисунок 3.2 – Цикл циркуляції азоту в AQUATOX

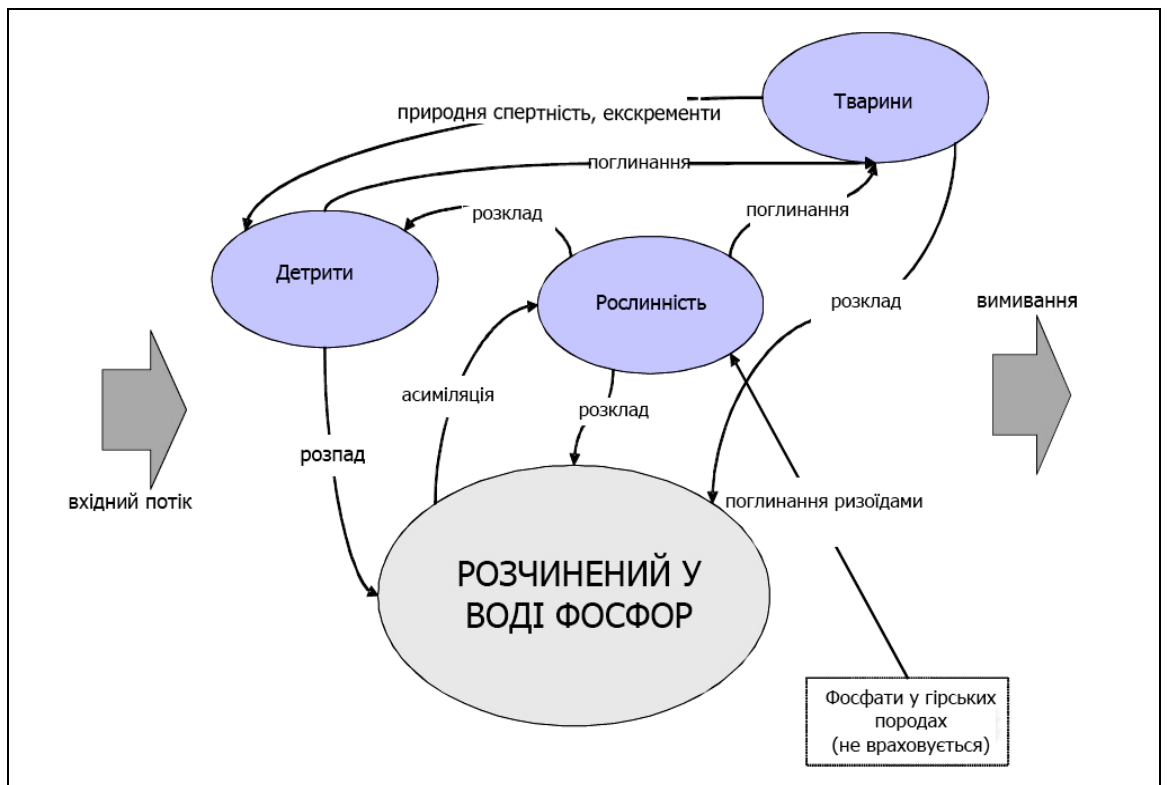


Рисунок 3.3 – Цикл циркуляції фосфору в AQUATOX



Розрахунки сезонної мінливості біоценозу філофори виконані на базі математичної моделі, побудованої в програмі AQUATOX.

AQUATOX являється останньою із серії моделей водних екосистем розроблених в межах Міжнародної біологічної програми, яка об'єднала алгоритми роботи моделі CLEAN та PEST призначення яких – прогнозування та аналіз екологічного стану водного середовища. У табл. 3.1 наведені основні види організмів, що враховані в моделі.

Таблиця 3.1 – Основні види організмів, врахованих в математичній моделі екосистеми Північно-західної частини Чорного моря

	<b>Назва організму характерного для ПЗЧМ</b>	<b>Назва організму, або його аналогу у бібліотеці AQUATOX</b>
Фітопланктон	Діатомові водорості	Diatom
	Зелені водорості	Greens
	Синьо-зелені водорості	Bl-Greens
	Дінофітові водорості	Dinoflagellate
	Золотисті водорості	Chrysophyta
Зоопланктон	Веслоногі рачки	Copepoda
	Гіллястовусі рачки	Cladocera
	Коловертки	Rotifera
	Хижий зоопланктон	Predatory Zooplankton
Бентос	Поліхети	Polychaete
	Амфіподи	Amphipod
	Мідії	Mussel
	Гастроподи	Gastropod
Риби	Хамса	Anchovy (Hamsa)
	Шпрот	Sprats
	Ставрида	Horse-mackerel
	Бичок	Bullhead

У таблиці 3.2 за результатами роботи [30] наведені результати оцінки якості модельних розрахунків.

Таблиця 3.2 - Параметри оцінки якості модельних розрахунків

Показники	$\sigma$	S	S/ $\sigma$
1	2	3	3
Нітрати	0.0505	0.0050	0.21
Солоність	2.39	0.5258	0.22
Фосфати	0.0131	0.0004	0.23
Кисень	2.15	0.516	0.24
Амонійний азот	0.0382	0.0092	0.25
Дінофітові водорості	1.6060	0.2409	0.35
Зелені водорості	0.3266	0.1176	0.56
Блакитно-зелені водорості	0.6802	0.4081	0.60
Діатомові водорості	0.6877	0.5226	0.70
Сумарний зоопланктон	0.0808	0.0574	0.71

3.2 Аналіз впливу природних та антропогенних факторів на якість прибережних вод Чорного моря у 2017 р. на базі математичного моделювання

Для кількісної оцінки впливу природних та антропогенних факторів на стан екосистем морського шельфу у 2017 р. використаємо показник екосистемного ризику, який може бути вираженим функцією взаємозв'язку факторів впливу з параметрами стану екосистеми у евклідовому просторі, який використовується в роботі [30]:

$$R = \sqrt{E^2 + C^2}, \quad (3.23)$$

де E – інтегральний фактор впливу;

C – інтегральний показник стану екосистеми.

Інтегральний фактор впливу в загальному виді визначається:

$$E = \frac{\sum_i^N e_i}{N}, \quad (3.24)$$

де  $e_i$  – показник  $i$ -го фактору впливу, що є нормованою величиною відхилення фактору від норми на максимальну амплітуду коливань;  
 $N$  – кількість факторів впливу (відповідно до табл. 3.1).

У якості інтегрального показника стану екосистеми  $S$  використовуємо безрозмірну величину: відхилення характеристики ( $p/r$ ), розрахованої окремо для кожного фактору впливу, від розрахунку «норма», нормовану на амплітуду коливань характеристики ( $p/r$ ).

Моделювання екосистеми прибережних вод Чорного моря проведено в діагностичному режимі. При цьому, природні фактори впливу на стан екосистеми відображає часова динаміка температури та солоності морської води, які визначалися протягом 2017 р. щонеділі УкрНЦЕМ в Одеській затоці (м. Малий Фонтан). Антропогенні фактори впливу – часова динаміка біогенних речовин у тій же точці та в ті ж терміни.

Результати розрахунку екосистемного ризику у площині залежності стану екосистеми від факторів впливу представлено на рис. 3.4. Значення ризику, які розташовані у червоній зоні є критичними.

Як видно з рисунку 3.4 до червоної зони критичного ризику потрапили точки, які відповідають весняному періоду.

Відмінності, які спостерігаються між значеннями екосистемного ризику у 2017 р. та середньобаторічними значеннями, спричинені як природними факторами (різницею у динаміці температури та солоності), так і антропогенними (різницею кількості біогенних речовин у морській воді).

Таким чином, результати, отримані для 2017 р., показують, що морська екосистема Одеської затоки знаходилась в кризовому стані наприкінці зими та в літку. В попередні роки кризовий стан спостерігався на весні та наприкінці літа.

Окремо стоїть питання щодо системи екологічного моніторингу, яка б дозволила повністю контролювати всі зміни в екосистемі, як результат дії природних та антропогенних факторів.

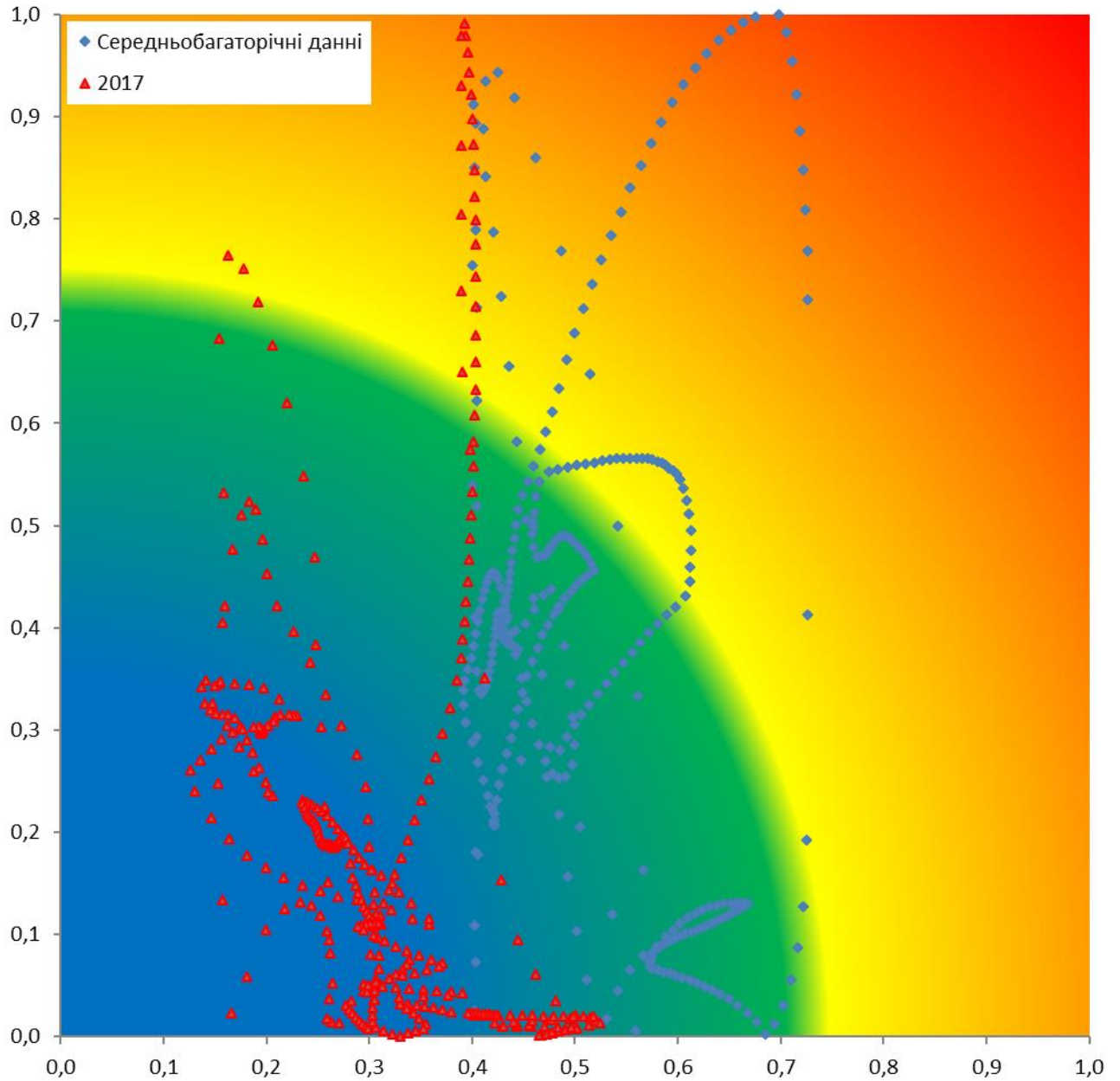


Рисунок 3.4 – Розрахункова річна динаміка екосистемного ризику у площині залежності стану екосистеми від суми факторів впливу

#### **4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА МОРСЬКЕ ДОВКІЛЛЯ В МЕЖАХ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ РАМКОВОЇ ДИРЕКТИВИ ЄС ПРО МОРСЬКУ СТРАТЕГІЮ**

Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та ЄС Мінприроди з метою імплементації Директиви ЄС з морської стратегії необхідно:

– здійснити заходи для визначення базового екологічного стану та статусу екосистем Чорного та Азовського морів в межах виключної морської економічної зони України;

– визначити та затвердити критерії ГЕС для екосистем Чорного та Азовського морів в межах територіальних вод та виключної морської економічної зони України;

– визначити природоохоронні цілі та індикатори, досягнення яких має забезпечити наближення екологічного стану та статусу екосистем Чорного та Азовського морів в межах територіальних вод України та виключної морської економічної зони України до ГЕС.

Все це повинно увійти до Морської стратегії України.

Таким чином, Морська стратегія України має містити наступні складові:

– базову оцінку екологічного стану Чорного та Азовського морів в межах територіальних вод України та виключної морської економічної зони України, яка включає комплексну оцінку впливу природних та антропогенних факторів на стан морського довкілля;

– визначення ГЕС Чорного та Азовського морів в межах територіальних вод України та виключної морської економічної зони України;

– визначення екологічних цілей та індикаторів, досягнення яких має забезпечити наближення екологічного стану Чорного та Азовського морів в

межах територіальних вод України та виключної морської економічної зони України до ГЕС;

- Програму Державного екологічного моніторингу морів України.

4.1.Пропозиції щодо гармонізації української системи морського екологічного моніторингу із європейською системою

Основними напрямками реформування державної системи екологічного моніторингу має бути:

- оптимізація існуючої організаційно-інформаційної структури системи морського екологічного моніторингу;
- налагодження координації між існуючими системами морського екологічного моніторингу точкових джерел забруднення;
- технічне переоснащення системи моніторингу, поступовий перехід до здійснення спостережень в автоматичному режимі;
- перехід від відомчої спрямованості проведення морського екологічного моніторингу та оцінки стану об'єктів довкілля до проведення комплексних оцінок стану ресурсів та морського природного середовища в цілому;
- виконання міжнародних зобов'язань з питань надання екологічної інформації;
- застосування сучасних інформаційних технологій оброблення інформації.

З метою розбудови системи морського екологічного моніторингу відповідно до національних інформаційних потреб та з урахуванням міжнародних зобов'язань, пропонується забезпечити:

- перегляд організаційно-структурної схеми інформаційного забезпечення з урахуванням європейської моделі звітності по екологічних питаннях та міжнародних зобов'язань України;
- створення державних реєстрів системи моніторингу;
- оптимізація відомчих мереж спостережень або створення єдиної загальнодержавної мережі спостережень;
- розроблення та впровадження стандартів Європейського Союзу у сфері моніторингу;
- удосконалення системи державного морського екологічного моніторингу на усіх рівнях шляхом гармонізації її європейськими системами морського екологічного моніторингу.

Зони можливої відповідальності суб'єктів моніторингу в системі моніторингу за факторами впливу на морську екосистему наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Перелік підпрограм спостережень за факторами впливу на морську екосистему відповідно до суб'єктів моніторингу

№	Підпрограми	Суб'єкти моніторингу
1.	Надходження організмів-вселенців – з конкретних джерел	УкрНЦЕМ
2.	Надходження біогенних речовин – з наземних джерел	Інсп.
3.	Надходження біогенних речовин - з атмосфери	ГМЦ
4.	Надходження біогенних речовин – з джерел, розташованих в морі	Інсп.
5.	Надходження забруднюючих речовин – з атмосфери	ГМЦ
6.	Надходження забруднюючих речовин – з наземних джерел	Інсп.
7.	Надходження забруднюючих речовин – з джерел, розташованих в морі	Інсп.
8.	Надходження забруднюючих речовин – аварійні ситуації, включаючи розливи нафти	Інсп.

9.	Надходження сміття – від наземних джерел (річкове сміття)	УкрНЦЕМ
10.	Види вселенці – чисельність і/або біомаса	УкрНЦЕМ
11.	Рівні біогенних речовин – у водній товщі	УкрНЦЕМ
12.	Фізичні втрати – протяжність та розподіл (наприклад, від інфраструктурних об'єктів, прибережного захисту)	Інсп.
13.	Фізичні порушення – від придонного тралення	УкрНЦЕМ
14.	Фізичні порушення – від днопоглиблювальних робіт та дампіngu	УкрНЦЕМ
15.	Фізичні порушення – від видобутку піску і щебню	УкрНЦЕМ
16.	Рівні забруднюючих речовин – у воді та донних відкладеннях	УкрНЦЕМ
17.	Рівні забруднюючих речовин - в біоті, у тому числі в морепродуктах	УкрНЦЕМ
18.	Сміття – характеристики і чисельність/обсяг	УкрНЦЕМ
19.	Мікрочастинки сміття – кількість/обсяг	УкрНЦЕМ
20.	Підводний шум – просторовий розподіл, частота і рівні	УкрНЦЕМ



## ВИСНОВКИ

В роботі здійснена комплексна оцінка впливу природних та антропогенних факторів на стан морських вод України у 2017 р. Методом дослідження є математичне моделювання. Для кількісної оцінки впливу всіх факторів на стан екосистем морського шельфу використано показник екосистемного ризику, який є функцією взаємозв'язку факторів впливу з параметрами стану екосистеми у евклідовому просторі.

Відмінності, які спостерігаються між значеннями екосистемного ризику у 2017 р. та середньо-багаторічними значеннями, спричинені як природними факторами (різницею у динаміці температури та солоності), так антропогенними (різницею кількості біогенних речовин у морській воді).

Таким чином, результати, отримані для 2017 р., показують, що морська екосистема Одеської затоки знаходилась в кризовому стані наприкінці зими та в літку. В попередні роки кризовий стан спостерігався на весні та наприкінці літа.

Для імплементації в Україні Рамкової Директиви ЄС про морську стратегію (2008/56/ЄС) необхідно вирішити низку завдань в межах розробки та реалізації Морської стратегії України. До основних з них відносяться:

- а) первинна оцінка стану морського довкілля, яка включає, у тому числі, комплексну оцінку впливу природних та антропогенних факторів;
- б) розробка показників гарного стану Чорного моря;
- в) розбудова системи екологічного моніторингу;
- г) розробка та впровадження Програми заходів, направлених на досягнення ключових критеріїв стану морського довкілля.

Всі завдання здійснюються відповідно до 11 дескрипторів, які характеризують стан морського довкілля.

З метою розбудови системи морського екологічного моніторингу відповідно до національних інформаційних потреб та з урахуванням міжнародних зобов'язань, пропонується забезпечити:

- перегляд організаційно-структурної схеми інформаційного забезпечення з урахуванням європейської моделі звітності по екологічних питаннях та міжнародних зобов'язань України;

- створення державних реєстрів системи моніторингу;

- оптимізація відомчих мереж спостережень або створення єдиної загальнодержавної мережі спостережень;

- розроблення та впровадження стандартів Європейського Союзу у сфері моніторингу.

- удосконалення системи державного морського екологічного моніторингу на усіх рівнях шляхом гармонізації її європейськими системами морського екологічного моніторингу.

Перелік підпрограм спостережень за факторами впливу на морську екосистему відповідно до суб'єктів моніторингу включає:

- a) надходження організмів-вселенців – з конкретних джерел;

- б) надходження біогенних речовин – з наземних джерел;

- в) надходження біогенних речовин – з атмосфери;

- г) надходження біогенних речовин – з джерел, розташованих в морі;

- д) надходження забруднюючих речовин – з атмосфери;

- е) надходження забруднюючих речовин – з наземних джерел;

- є) надходження забруднюючих речовин – з джерел, розташованих в морі;

- ж) надходження забруднюючих речовин – аварійні ситуації, включаючи розливи нафти;

- з) надходження сміття – від наземних джерел (річкове сміття);

- і) види вселенці – чисельність і/або біомаса;

- ї) рівні біогенних речовин – у водній товщі;

- к) фізичні втрати – протяжність та розподіл (наприклад, від інфраструктурних об'єктів, прибережного захисту);
- л) фізичні порушення – від придонного тралення;
- м) фізичні порушення – від днопоглиблювальних робіт та дампінгу;
- н) фізичні порушення – від видобутку піску і щебню;
- о) рівні забруднюючих речовин – у воді та донних відкладах;
- п) рівні забруднюючих речовин – в біоті, у тому числі в морепродуктах;
- р) сміття – характеристики і чисельність/обсяг;
- с) мікрочастинки сміття – кількість/обсяг;
- т) підводний шум – просторовий розподіл, частота і рівні.

Основними суб'єктами моніторингу факторів впливу на морське довкілля є: УкрНЦЕМ, структурні підрозділи Державної екологічної інспекції України, Гідрометцентр.

Для створення діючої організаційно-структурної схеми інформаційного забезпечення з урахуванням європейської моделі звітності по екологічних питаннях та міжнародних зобов'язань України необхідно створити єдину базу даних, а відповідно і систему збору та обміну даними та інформацією.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Зайцев Ю.П. Экологическое состояние шельфовой зоны Черного моря у побережья Украины / Ю.П. Зайцев // Гидробиологический журнал. - 1992. – Т. 28, № 4. – С. 3-18.
- 2 Израэль Ю.А. Антропогенная экология океана / Ю. А. Израэль, А. В. Цыбань. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 528 с.
- 3 Толмадин Д.М. Проблемы динамики вод северо-западной части Черного моря / Д.М. Толмадин, В.А. Шнайрман, Ж.М. Ациховская. – Киев : Наук. думка, 1969. – 129 с.
- 4 Блатов А. С. Изменчивость гидрологических полей Черного моря / А. С. Блатов, Н. П. Булгаков, В.А. Иванов [и др.] – Л. : Гидрометиздат, 1984. – 239 с.
- 5 Блатов А. С. Исследование циркуляции вод северо-западной части Черного моря и ее связь с антропогенным воздействием на речной сток / А. С. Блатов, М. А. Расулов, И. И. Чечель // Водные ресурсы. - 1983. – N 4. – С. 30-37.
- 6 Шапиро Н. Б. Численные модели крупномасштабной циркуляции в Черном море и динамики вод на шельфе / Н.Б. Шапиро // Диагноз состояния морской среды Азово-Черноморского бассейна : материалы международной конференции. - Севастополь, 1994 – С. 110-120.
- 7 Доценко С. А. Специфические черты гидрологического и гидрохимического режимов и уровень загрязнения прибрежной зоны моря в районе Одессы / С.А. Доценко [ и др.] // Исследование шельфовой зоны Азово-Черноморского бассейна : сборник науч. трудов / под ред. Еремеева В.Н. – Севастополь, 1995. – С.31 - 43.

- 8 Орлова І. Г. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря : довідник / І. Г. Орлова, М. Ю. Павленко [та ін. ] – Одеса : УкрНЦЕМ, 2005. – 616 с.
- 9 Тучковенко Ю. С. Оценка эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря / Ю. С. Тучковенко, О. Ю. Сапко // Вісник Одеського державного екологічного університету. - 2006. – Вип. 2. – С. 224–227.
- 10 Даценко Ю. С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидрологические аспекты / Ю. С. Даценко. – М : ГЕОС, 2007. – 252 с.
- 11 Исследование экосистемы Черного моря: под ред. Мединца В.И. – Одесса : «Ирен-Полиграф», 1994. – 159 с.
- 12 Виноградов М.Е. Экосистема Черного моря. М.Е. Виноградов, В.В. Сапожников, Э.А. Шушкина. – М. : Наука, 1992. – 112 с.
- 13 Романенко В.Д. Основы гидроэкологии: учебник для вузов / В.Д. Романенко. – К. : Генеза, 2004. – 664 с.
- 14 Vollenveider R. A. Eutrophication of waters: monitoring assessment and control / R. A. Vollenveider, J. J. Kerekes. – Paris : Environment Directorate, OECD, 1982. – 154 p.
- 15 Оцінка впливу кліматичних та антропогенних факторів на процеси евтрофікації вод північно-західного шельфу Чорного моря : звіт про НДР / УкрНЦЕМ Міністерство екології та природних ресурсів України ; керівн. В.М. Коморін ; виконав. : Г.О. Єрофєєв [та ін.] – № ДР 0113U007186. – Одеса, 2012. - 123 с.
- 16 Moncheva S. Eutrophication index ((E) TRIX) – an operational tool for the Black Sea costal water ecological quality assessment and monitoring / S. Moncheva, V. Doncheva // The Black Sea ecological problems : international sympos. on Strategic Action Plan implementations . – Odessa, 2000. – P. 178–185.
- 17 Оцінка сучасного стану евтрофікації вод ПЗШ Чорного моря: звіт про НДР / УкрНЦЕМ Міністерство екології та природних ресурсів України; керівн.

- В.М. Коморін ; виконав. : Г.О. Єрофєєв [та ін.] – № ДР 0113U007200. – Одеса, 2013. - 107 с.
- 18Украинский В. В. Цветение синезеленых водорослей в Одесском прибрежье (июль. 2010 г.) / В. В. Украинский, С.П. Ковалишина, В. Н. Сытов, И. П. Неверовский, М. А. Грандова, Н. С. Калошина // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. – Одесса, 2010. – №.1(11). – С. 109–115.
- 19 Scientific report on the results JOSS GE-UA, NPMS UA, NPMS GE 2016, 2016. – 416 p.
- 20Park, R.A. AQUATOX for Windows: A Modular Fate and Effects Model for Aquatic Ecosystems: Perfluoroalkylated Surfactant and Estuarine Versions: Technical Documentation / R.A. Park, J.S. Clough. - Addendum to Release 2. – Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2003.
- 21Тучковенко Ю.С. Трьохвимірна математична модель якості вод Дніпровсько-Бужського пригирлового району північно-західної частини Чорного моря / Ю.С. Тучковенко // Екологічна безпека прибережної і шельфової зон і комплексне використання ресурсів шельфу. – Севастополь: НАН України, МГІ, 2005. – Вип. 12. – 427 с.
- 22Алексеев В.В. Физическое и математическое моделирование экосистем. / В. В.Алексеев, И. И. Крышев, Т. Г. Сазыкина. – СПб : Гидрометеиздат, 1992. – 367 с.
- 23 Абросов, Н.С. Экологические факторы и механизмы формирования видового разнообразия экосистем и проблема совместимости видов / Н.С. Абросов // Экология в России на рубеже XXI в. – М. : Научный мир, 1999. – С. 54–69.
- 24Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник : В. І. Лаврик, В. М. Боголюбов, Л. М. Полетаєва, С. М. Юрасов, В. Г. Ільїна ; під. ред. В. І. Лаврика – К. : ВЦАкадемія, 2010. – 400 с.

- 25Ризниченко Г.Ю. Математические модели биологических продукционных процессов / Г.Ю. Ризниченко, А.Б. Рубин. - М. : изд-во Московского Государственного Университета, 1993. – 302с.
- 26RAMAS Ecosystem: Ecological risk assessment for food chains and webs: manual / M. Spencer, S. Ferson. Applied Biomathematics, Setauket. - New York, 1997. – 118 p.
- 27Методические указания по расчету поступления биогенных элементов в водоемы от рассредоточенных нагрузок и установлению водоохранных мероприятий: методические указания : под ред. Н.И.Хрисанова. — М. : Союзводпроект, 1988. – 88 с.
- 28Діагноз стану екосистеми північно-західного шельфу Чорного моря на базі математичного моделювання : звіт про НДР / УкрНЦЕМ Міністерство екології та природних ресурсів України ; керівн. В.М. Коморін ; виконав. : Г.О. Єрофєєв [та ін.] - № ДР 0114U004499. - Одеса, 2014. – 102 с.
- 29The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution / EU, LBSA Protocol, Permanent Secretariat. – Режим доступу : [http://www.blacksea-commission.org/\\_od\\_LBSAProtocol.asp](http://www.blacksea-commission.org/_od_LBSAProtocol.asp). – 01.08.2016.
- 30Розробка сценаріїв поліпшення якості прибережних вод Одеської затоки на базі математичного моделювання : звіт про НДР / УкрНЦЕМ Міністерство екології та природних ресурсів України ; керівн. В.М. Коморін ; виконав. : Г.О. Єрофєєв [та ін.] - № ДР \_\_\_\_\_. - Одеса, - 2015. – 97с.
- 31Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 року № 391 “Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля” Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF>. - 09.10.2016.
- 32DIKE\_9-2014-03. Reporting package for MSFD Article 11 on monitoring programme. 0930-1800: 26 February 2014.
- 33Звіт про науково-дослідну роботу «Комплексне управління «гарячими» точками і збереження екосистеми Чорного моря – Hot Black Sea» («Integrated hotspots management and saving the living Black Sea ecosystem -

Hot Black Sea»)/ Тема № 163 №, Керівник НДР к.геогр. н., с.н.с В. Коморін,  
виконав.: Ю.С. Тучковенко [та ін.] № Держреєстрації 0114U001752. –  
Одеса, – 2014. – 229 с.