

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет Гідрометеорологічний інститут
Кафедра океанології та
морського
природокористування

КОМПЛЕКСНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: Якість морського середовища Північно-західної частини Чорного моря за окремими показниками.

СКЛАД:

1. Рівень забруднення нафтопродуктами Північно-західної частини Чорного моря.

Виконавець: Потапова Д.О.

Керівник: д.геогр.н., проф.

Берлінський Микола Анатолійович

2. Важкі метали в ґрунтах Північно-західної частини Чорного моря.

Виконавець: Веркау К.Ю

Керівник: д.геогр.н., проф

Берлінський Микола

Анатолійович

Староста роботи: Потапова Діана Олександрівна
(п.і.б.)

Провідний науковий керівник: д.геогр.н., проф Берлінський М.А.
(п.і.б.)

Консультант: _____
(п.і.б.)

Рецензент д.геогр.н., проф. Хохлов Валерій Миколайович
(п.і.б.)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний
інститут
Кафедра океанології та
морського
природокористування

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Якість морського середовища Північно-західної частини Чорного моря за окремими показниками. Рівень забруднення нафтопродуктами Північно-західної частини Чорного моря.

Виконав студент 2 курсу групи МЗО-18
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
Потапова Діана Олександрівна

Керівник д.геогр.н., проф
Берлінський Микола Анатолійович

Консультант : _____

Рецензент д.геогр.н., проф. Хохлов Валерій Миколайович
Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Гідрометеорологічний інститут

Кафедра: Океанології та морського природокористування

Рівень вищої освіти: магістр

Спеціальність: 103 «Науки про Землю»

(шифр і назва)

Освітня програма: Океанологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

“__” _____ 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Потапова Діана Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Якість морського середовища Північно-західної частини Чорного моря за окремими показниками. Рівень забруднення нафтопродуктами Північно-західної частини Чорного моря.

Керівник роботи: д.геогр.н., проф.Берлінський Микола Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від „18 ”10 2019р. №235-С п.п.-09

2. Строк подання студентом роботи 16 грудня 2019 року.

3. Вихідні дані до роботи: Екологічні наслідки апвелінгу на шельфі північно-західної частини Чорного моря

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Крім сучасної антропогенного навантаження на морські екосистеми до істотних факторів впливу залишаються природні явища, які відіграють важливу роль в умовах формування морського середовища.

До такого роду чинників належить явище апвелінга в прибережній області Чорного моря. Це пов'язано з проявом ефекту виносу сірководню безпосередньо в рекреаційну область. Опис і інтерпретація цього екстремального явища відноситься до області основних проявів негативних впливів природних процесів, з урахуванням сучасних умов бенталі шельфу.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) графічний і табличний матеріал характеризуючий процес апвелінга (Таблиць- 25, Графіків – 2 , Рисунків - 19)

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | Завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання «_28_» жовтня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № п/п | Назва етапів магістерської роботи | Термін виконання етапів роботи | Оцінка виконання етапу | |
|-------|--|--------------------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | у % | за 4-х бальною шкалою |
| 1 | Одержання завдання на виконання магістерської роботи | 28.10.19 | 90 | відмінно |
| 2 | Пошук та підбір літератури та інших джерел інформації | 30.10-02.11 | 90 | відмінно |
| 3 | Оцінка сучасного стану району дослідження | 5.11-10.11 | 90 | відмінно |
| 4 | Аналіз літературних джерел | 5.11-10.11 | 90 | відмінно |
| 5 | Оформлення кваліфікаційної роботи | 5.11-10.11 | 95 | відмінно |
| 6 | Проходження нормативного контролю | 5.11-10.11 | 90 | відмінно |
| 7 | Рубіжна атестація | 18-23.11.19 | 90 | відмінно |
| 8 | Попередній захист роботи | 09.12.19 | | |
| 9 | Здача на кафедрі | 09.12.19 | | |
| 10 | Перевірка на плагіат | 12.12.19 | | |
| 11 | Рецензування | 12.12.19 | | |
| | Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня за етапами) | | 90 | відмінно |

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до комплексної кваліфікаційної магістерської роботи

Якість морського середовища Північно-західної частини Чорного моря
за окремими показниками важких металів у ґрунтах

Теми індивідуальних проектів, виконавці і керівник:

1. Рівень забруднення нафтопродуктами Північно-західної частини Чорного моря.

Виконавець: Потапова Д.О.

Керівник: д.геогр.н.,

проф.Берлінський М. А.

2. Важкі метали в ґрунтах Північно-західної частини Чорного моря.

Виконавець: Веркау К.Ю

Керівник: д.геогр.н., проф.

Берлінський М. А.

Староста комплексної кваліфікаційної магістерської роботи:

Потапова Д.О

Керівник проекту: д.геогр.н.,

проф.Берлінський М. А

Як дані вимірювань в Одеській затоці використані спостереження, регулярно виконуються гідрофізичній лабораторією Одеського державного екологічного університету, а саме: середньодобові вимірювання температури поверхневого шару морської води і повітря, солоності поверхневого шару морської води, рівня моря, швидкості і напрямку вітру, наявність сірководню зазначалося органолептичним методом .

Проведена вибірка доступних даних по періодах спостережень з травня по вересень включно за 2007, 2012 і 2017 рр. у відповідність з періодом розвитку придонному гіпоксії і формування сірководню в теплий період часу. Використано методи графічної і статистичної обробки для виділення частоти і тривалості апвелліга (upwelling) під дією зганяючі вітру. Зроблено оцінку просторового масштабу придонному гіпоксії за результатами зйомки інструментальних спостережень у вересні 2017р. на базі експедиційних досліджень Державної гідрографії України.

Загальна задача: Кількісно оцінити частоту апплінга в сучасний період на шельфі.

В завдання досліджень входе:

Провести порівняльний аналіз процесів деградації умов шельфу. Оцінити ступінь інтенсивності процесів евтрофікації на шельфі

Задача ч.1 комплексної роботи – Огляд літератури з питань наукового дослідження. Розробка методики й основних методів

дослідження. Проведення теоретичних досліджень. Аналіз матеріалу, який покладений в основу дослідження.

Задача ч.2 комплексної роботи – Огляд літератури з питань наукового дослідження. Огляд соціальних, техногенних та кліматичних факторів впливаючих на вивчаючий процес. Аналіз матеріалу, який покладений в основу дослідження.

АНОТАЦІЯ

Мета: Оцінка якості північно-західної частини Чорного моря за показниками нафтопродуктів.

Методи: Відібрано проби ґрунту для визначення суми нафтопродуктів зазначеними методами у роботі.

Результати: Підвищення поживних речовин, концентрації нафти у Дунайському, Дніпровському та Дністровому водотоках було зафіксовано протягом останніх 50 років. Це стало причиною його постійного накопичення в морській екосистемі. Також це стало причиною розвитку антропогенної евтрофікації у морській воді навесні та на початку літнього часу. Пізніше наприкінці літа і восени розчинений кисень зменшується в нижніх шарах через руйнування органічної речовини. В останні роки відзначалося зменшення кількості поживних речовин з вхідних річок. Це забезпечило збільшення прозорості в морській колонці і зробило стан води більш позитивним. Але для оцінки всього стану екосистеми абсолютно необхідний моніторинг комплексів.

Висновки. За останні майже тридцять років не відмічено перевищення над фоновими значеннями концентрацій для північно-західного шельфу, однак тенденція зростання нафтопродуктів досить стабільна і в подальшому слід очікувати збільшення фонових значень. Високі концентрації нафтопродуктів на дні привели до майже повної деградації донних компонентів їх екосистем.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НАФТОПРОДУКТИ, АНТРОПОГЕННА ЕВТРОФІКАЦІЯ, НИЖНЯ ГІПОКСІЯ, ШЕЛЬФ ЧОРНОГО МОРЯ.

SUMMARY

Purpose: Assessment of the Northwestern part of the Black Sea Shelf by Oil Performance.

Methods: Soil samples were selected to determine the amount of petroleum products by the methods specified in the master thesis.

Results: Increasing of nutrient, oil concentration in the Danube, Dnieper and Dniester of water runoff was fixed during the last 50 years. It was the reason of its permanent accumulation in marine ecosystem. Also it was the reason of anthropogenic eutrophication development in the sea water in spring and at the beginning of summer time. Later, at the end of summer and in autumn the dissolved oxygen is decreasing in the bottom layers because of destruction of organic matter. In the last years, decreasing of nutrient from the rivers input was marked. It provided the increasing the transparency in the sea column and made the water condition more positive.

Conclusions: Over the last nearly thirty years, there has been no excess over the background values of concentrations for the northwest shelf, however, the upward trend in petroleum products is quite stable, and further increases in background values can be expected in the future. High concentrations of petroleum products at the bottom have led to the almost complete degradation of the bottom components of their ecosystems.

KEY WORDS: PETROLEUM PRODUCTS, ANTHROPOGENIC EUTROPHICATION, NEAR BOTTOM HYPOXIA, THE BLACK SEA SHELF.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

1. ПЗЧМ- Північно-західна частина Чорного моря
2. ВМ-важкі метали
3. НП-нафто продукти
4. ГДК-гранично допустима концентрація
5. АБС-автономні бійкові станції
6. СПАР-сентитичні поверхнево активні речовини

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП..... | 10 |
| 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 11 |
| 1.1 Визначення регіону Чорного моря..... | 11 |
| 1.2 Опис прибережної смуги Чорного моря..... | 12 |
| 1.3 Водозбірний басейн Чорного моря..... | 16 |
| 1.4 Водні маси Чорного моря..... | 19 |
| 1.5 Основні критерії районування Чорного моря..... | 21 |
| 1.6 Мінливість метеорологічних характеристик басейну Чорного моря.... | 22 |
| 1.7 Гідрологічний режим моря..... | 24 |
| 1.8 Геодинамічні коливання та їхній вплив на акваторію..... | 26 |
| 1.9 Проблема розчиненого кисню в придонних шарах в теплий період року..... | 28 |
| 2 ЗАБРУДНЕННЯ МОРЯ НАФТОЮ ТА НАФТОПРОДУКТАМИ..... | 32 |
| 2.1 Класифікація компонентів нафти..... | 34 |
| 2.2 Класифікація нафтопродуктів за характером впливу на геологічне середовище..... | 35 |
| 2.3 Надходження забруднюючих речовин внаслідок господарської діяльності на шельфі | 39 |
| 3 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЧОРНОГО МОРЯ..... | 47 |
| 3.1 Оцінки масштабу забруднення Чорного моря..... | 47 |
| 3.2 Джерела антропогенного забруднення українського сектору Чорного моря. Головні чинники забруднення..... | 49 |
| 3.3 Концентрація нафтових вуглеводнів в прибережних водах Чорного моря..... | 52 |
| 3.4 Неоднорідність якості прибережних вод..... | 53 |
| 3.5 Проблеми екосистеми - явище "червоних припливів" та їхні наслідки..... | 55 |
| 3.6 Концентрація важких металів у Чорному морі..... | 58 |
| 3.7 Важкі метали у ґрунті та їхній вплив на морське середовище..... | 59 |
| 4 СУЧАСНИЙ СТАН ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ..... | 61 |
| 4.1 Матеріали та методи розрахунку вмісту тяжких металів у ґрунтах..... | 61 |
| 4.2 Концентрація нафтопродуктів у Чорному морі..... | 62 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.3 | Еволюція концентрації нафтопродуктів за 20 років у донних відкладеннях Чорного моря | 66 |
| 4.4 | Поліциклічні ароматичні вуглеводні у Чорному морі..... | 67 |
| 4.5 | Концентрація нафтопродуктів у портах..... | 68 |
| | ВИСНОВОК..... | 69 |
| | СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 70 |

ВСТУП

Вивчення особливостей розвитку ландшафтно-природних комплексів шельфової області Світового океану під впливом природних і антропогенних факторів є актуальною проблемою фізичної географії. Чорноморський шельф, в цьому сенсі, займає особливе місце в ієрархії морських екосистем, як найбільш цінна і продуктивна зона серед внутрішніх і окраїнних морів з широким і унікальним спектром біологічної різноманітності.

Зі стоком рік і прибережних міських агломерацій виноситься значна кількість забруднюючих речовин. У процесі седиментації відбувається акумуляція зважених речовин у донних відкладах, що посилює негативні зміни умов середовища існування бентосу. З цієї причини в даній роботі зроблено спробу розглянути дане питання з використанням доступних літературних і ретроспективних даних, а також провести аналіз інтенсивності надходження, накопичення та мозаїчності розподілу забруднюючих речовин, у тому числі нафтопродуктів у північно-західній частині Чорного моря.

Регулярність моніторингових спостережень особливо важлива для вирішення найважливішої екологічної проблеми Чорного моря: евтрофікації вод північно-західного шельфу та пов'язаного з нею розвитку гіпоксії і аноксії придонних вод шельфу. Актуальним є завдання узгодження української системи екологічного моніторингу з вимогами міжнародної системи моніторингу.

У даній роботі розглядаються та аналізуються кількість, варіанти надходження нафти і нафтопродуктів та їхній вплив на флору та фауну на акваторію Чорного моря.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Визначення регіону Чорного моря

Чорне море – внутрішнє море басейну Атлантичного океану, омиває берега України, Росії, Грузії, Болгарії, Туреччини. Керченською протокою з'єднано з Азовським, протокою Босфор – з Мармуровим і протокою Дарданелли – зі Середземним морем.

Чорне море розташоване між $40^{\circ}56'46''33'$ пн.ш. і $27^{\circ}27'41''42'$ с.д. Найбільша довжина моря по $42^{\circ}29'$ пн.ш. складає 1148 км. Найменша ширина його по меридіану південного краю Кримської ділянки півострова (від мису Мишоїд) становить 258 км. Площа моря складає 422 тис. кв. км, загальний об'єм води - 547 тис. кв. км, довжина української ділянки берегової лінії 1829,1 км (між дельтовою протокою Мусуна –державний кордон з Румунією, та мисом Такил на південному сході Керченського півострова. Пересічна глибина 1271 м, максимальна 2245 м.

В межах України у Чорне море впадають великі річки Дунай, Дніпро, Дністер, Південний Буг і багато дрібних річок. У прибережній смузі знаходяться 14 морських лиманів та естуаріїв загальною площею 1952 кв. км із солоністю води від 0,3 до 296,0 ‰; 8 заток загальною площею 1770 кв. км і солоністю 3,018.5 ‰ [7].

У будові дна Чорного моря виділяються: шельф, материковий схил та глибоководна улоговина. Шельф чи материкова обмілина являє собою безпосереднє продовження суші, що опинилася під водами моря. Він займає значну площу в північно-західній частині моря. Ширина шельфу тут сягає понад 200 км, глибина сягає 100 м, місцями до 160 м. В інших частинах моря глибина шельфу складає менше 100 м, ширина його 2,2 - 15 км. Біля Кавказького і Анатолійського берегів шельф представлений вузькою переривчастою смугою. Північно-західна шельфова зона має слабкий нахил і плоскісно - рівнинний абразивно-аккумулятивний рельєф [7].

Плавний, рівнинний рельєф шельфу значно ускладнюється підводними долинами і каньйонами. У більшості випадків вони звивисті, з добре вираженими схилами, особливо на периферії шельфу, частіше в місцях

переходу до материкового схилу. В основному це підводне продовження річкових долин прилеглої суші. На північно-західному шельфі простежуються долини річок Дунаю, Дністра, Дніпра і Південного Бугу.

Шельф переходить у материковий схил досить значної крутості. Середні його ухили складають 58° у північно-західній частині, а в Керченській протоці – 13° . Крутість окремих ділянок досягає $20 - 30^\circ$.

Материковий схил також сильно розчленований підводними долинами і каньйонами.

Центральну частину Чорноморської западини займає глибоководна улоговина з глибинами 2000 – 2200 м. Її максимальна глибина – 2258 м.

Дно улоговини – плоска акумулятивна рівнина. Утворення западини Чорного моря пов'язують як із процесами “океанізації” материкової земної кори, так і з реліктовою природою западини як залишкового басейну древнього океану.

1.2 Опис прибережної смуги Чорного моря

Прибережна смуга Чорного моря - унікальна природно – господарська система, яка має велику цінність для України. До складу прибережної смуги входять адміністративно – територіальні одиниці базових рівнів - міста і адміністративні райони, що безпосередньо прилягають до моря, а також до лиманів і гирлових частин великих річок - Дунаю та Дніпра. Визначена за таким принципом приморська смуга України утворює суцільну приморську територію глибиною в один “адміністративний прошарок”.

Загальна площа української прибережної смуги Чорного моря становить приблизно 32 тис. кв. км. Кордони прибережної смуги визначаються кордонами адміністративних районів, а в морі - територіальними і внутрішніми водами країни (табл.1.2).

Таблиця 1.2.1 Адміністративні одиниці, що мають бути включені до прибрежної смуги Чорного моря (Україна)

| Автономна республіка, область, місто центрального підпорядкування | Адміністративні райони, міста обласного підпорядкування | Міста районного підпорядкування, селищні, сільські ради |
|---|---|---|
| Одеська область | 11 | 53 |
| Миколаївська область | 5 | 31 |
| Херсонська область | 8 | 47 |
| Автономна Республіка Крим | 15 | 70 |
| м. Севастополь | - | 4 |
| Разом | 39 | 205 |

Таблиця 1.2.2 - Площа внутрішніх та територіальних вод Чорного моря (Україна), кв.км.

| Адміністративна одиниця | Чорне море | | |
|---------------------------|----------------|--------------------|-------|
| | Внутрішні води | Територіальні води | Разом |
| Одеська область | 660 | 5598 | 6258 |
| Миколаївська область | 585 | 572 | 1157 |
| Херсонська область | 2200 | 3000 | 5200 |
| Автономна Республіка Крим | 1980 | 8325 | 10305 |
| м. Севастополь | 216 | 2154 | 2370 |
| Разом | 5641 | 19649 | 25290 |

Із загальної довжини берегів української ділянки Чорного моря 553 км (34 %) є стабільними і динамічно стабільними. Активними кліфами різних типів зайнято 486 км довжини берега (29,9 %), при цьому основну кількість абразивних ділянок складають глинисті та піщані осаджені породи неогенантропогену. Акумулятивні форми берегового рельєфу розповсюджені вздовж 589 км берега (39,1 %).

Переважають форми морської берегової лінії, що відступають. Форми, що нарощуються, мають довжину близько 48 км (3 %) [8].

Чорноморський басейн за типом взаємодії з сушею його північного берега може бути віднесений до посттрансгресійного. В його береговій зоні переважають деструктивні процеси, головним з яких є абразія. Під її

дією щорічно втрачається близько 100 гектарів прибережних земель. Абсолютно переважає механічна абразія як результат дій механічної енергії морських хвиль і хвильових течій в береговій зоні. Елементи біогенної абразії найбільш помітно виявляються в районах Бакальської коси, Тарханкутського та Керченського півостровів. Максимальні швидкості абразії розвиваються на глинястих берегах, що найбільш помітно реагують на хвильовий вплив. Середні річні швидкості абразії за багаторічний період становлять 34 м, а максимальні – 1820 м (райони мису Бурнас, коси Гендра та Бакал). Приблизно з такими швидкостями відступають берегові лінії піщаних берегів, наприклад на терасі Шагани, біля мису Євпаторійського, на пересипу озера Устрічне.

Важливою особливістю Чорноморського узбережжя є лиманно-гирлові комплекси. В межах причорноморської смуги налічується близько 20 водно-болотних угідь, загальна площа яких становить 635 000 га. Їх виключна цінність полягає в тому, що вони є базою для відтворення запасів деяких видів риби.

Природні курортно-рекреаційні ресурси Чорноморського узбережжя визначаються наявністю комплексу лікувально-оздоровчих чинників: тривалістю теплого періоду року, сприятливих погодних умов для масових видів рекреаційної діяльності, лікувальних властивостей клімату, піщаних пляжів, лікувальних грязей, рапи приморських лиманів та мінеральних джерел.

За схемою фізико-географічного районування України приморська смуга розташована в основному в степовій природній зоні і лише південь Кримського півострова займає гірська країна – Кримські гори.

Степова природна зона приморської смуги включає [8]:

1. Середньостепову ландшафтну підзону з Причорноморською середньостеповою провінцією, що охоплює такі ландшафтні області :

Задністровсько-Причорноморський низинний степ;

Дністровсько-Бузький низинний степ.

2. Сухостепову ландшафтну підзону, до якої входять:

Причорноморсько-Приазовська сухостепова провінція, що охоплює:

Приморський низинний степ;

Нижньодніпровський терасовогирловий степ;

Присивасько-Приазовський низинний степ.

Кримська степова провінція з ландшафтними областями:

Кримсько-Приазовський низинний степ;
 Тарханкутський височинний степ;
 Центральнокримський рівнинний степ;
 Керченський горбистий степ.

3. Фізикогеографічна країна Гірський Крим охоплює:

Передгірний лісостеп;
 Головну гірськолущнолісову грядку;
 Кримське південно-берегове субсередземномор'я.

Гострими залишаються екологічні проблеми прибережних смуг Чорного моря. Незадовільна екологічна ситуація помітно стримує подальший розвиток масового відпочинку, туризму, підриває біоресурсний потенціал моря та приморських водних об'єктів, погіршує загальну якість середовища життєдіяльності населення.

Територія Чорноморського басейну взагалі та прибережні смуги української ділянки Чорного моря зокрема характеризуються високим рівнем концентрації населення і техногенного навантаження.

У прибережних містах розташовані промислові підприємства, для стічних вод яких характерна наявність широкого спектра забруднюючих речовин - нафтопродуктів, завислих речовин техногенного походження, хімічних сполук і, зокрема, важких металів - табл.1.3. Ці підприємства безпосередньо впливають на процеси формування екологічного стану природного середовища прибережних смуг моря, морські узбережжя і шельф, які значно більш вразливі до проявів техногенного навантаження, ніж віддалені від берегової лінії ділянки суходолу та морські акваторії.

Таблиця 1.2.3 – Галузі промисловості міст, розташованих в зоні прямого впливу на забруднення Чорного моря важкими металами

| Галузь промисловості | Назва міста | Елементи-забруднювачі |
|-------------------------|--|--|
| Металургія | Одеса, Миколаїв, Херсон | V, Cd, Co, Cu, As, Ni, |
| Хімічна та нафтохімічна | Одеса, Херсон, Саки, Красноперекопськ, Армянськ | Pb, Ti, Cr, Zn V, Cd, Co, Cu, As, Ni, |
| Машинобудівна | Кілія, Миколаїв, Херсон, Скадовськ, Євпаторія | Hg, Pb, Ti, Cr Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Ti, Cr, Zn |
| Будівельні матеріали | Білгород-Дністровський, Іллічівськ, Одеса, Миколаїв | Cd, Hd, Cr, Pb, Zn V, |
| Деревообробна | Херсон, Саки, Севастополь, Євпаторія, Білгород- Дністровський, Одеса | Cd, Co, Cu, As |
| Легка промисловість | Миколаїв, Херсон, Севастополь, Євпаторія | Ni, Hg, Pb, Ti, Cr |

1.3 Водозбірний басейн Чорного моря

Визначальним фактором формування головних екологічних проблем Чорного моря є вплив річкового стоку, 80 % якого надходить до мілководної і тому найбільш екологічно уразливої, північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ). Стік чотирьох головних річок чорноморського басейну - Дунай, Дніпро, Дністер і Південний Буг - в середньому складає 270 км³. Їхня загальна водозбірна площа становить 1,46 млн.кв.км і охоплює територію 20 держав з населенням 162 млн.чол. (табл. 1.3.1).

Таблиця 1.3.1 - Характеристика головних річок водозбірного басейну Чорного моря [8]

| Назва річки | Площа водозбору, тис. кв. км | Довжина, км | Середньо багаторічний стік, км ³ /рік | Площа дельти, кв. км |
|---------------|------------------------------|-------------|--|----------------------|
| Дунай | 817 | 2857 | 204 | 5912 |
| Дніпро | 504 | 2201 | 53 | 500 |
| Дністер | 72,1 | 1362 | 10,2 | 240 |
| Південний Буг | 63,7 | 806 | 2,8 | |
| Сума | 1456,8 | | 270 | |

Величина питомого водозбору (співвідношення поверхні водозбірного басейну до поверхні морської акваторії, що приймає річковий стік) для ПЗЧМ на північ від 45° пн. ш., складає біля 29%, що обумовлює високий ступінь залежності моря від суші, навіть з урахуванням того, що води Дунаю розповсюджуються, в основному, на південь від 45° пн.ш.

Дунай - друга за величиною річка Європи і найбільша річка басейну Чорного моря. Стік Дунаю (а отже і його якість) формується на території 16 європейських держав. Площа його водозбірного басейну складає 817000 кв.км., а довжина – 2960 км. Коливання річного стоку Дунаю досягають майже 50% від середньо багаторічної величини. За останні роки його об'єми змінювалися від 132,3 (1990р.) до 236 км³ (1996р.). Упродовж року водність Дунаю змінюється порівняно мало. Водозабір з його басейну на території України є незначним (табл. 1.3.2).

Дніпро є головною річкою України. Його довжина 2201км, а загальна площа басейну сягає 504000 кв.км. Із середньорічного об'єму стоку Дніпра

32% формується на території Росії, близько 31% на території Білорусі. Стік річки, що формується в межах України, в середній за водністю рік становить $19,7 \text{ км}^3$, а в розрахунковий маловодний рік може зменшуватися до 12 км^3 .

Протягом останніх 60 - 80 років на Дніпрі здійснювалися масштабні гідротехнічні роботи з метою регулювання річкового стоку, накопичення запасів води для посушливого періоду і подавання її в маловодні райони. Найбільш значними гідротехнічними спорудами, які змінили гідрологічний режим Дніпра, є каскад із 6 водосховищ загальною площею 6950 км^2 та повним об'ємом акумульованої води $43,8 \text{ км}^3$ і канали Дніпро - Донбас, Північно Кримський та Каховський, якими щорічно перекидається 56 км^3 стоку за межі басейну. За останні 20 років об'єм водозабору в басейні Дніпра змінювався від $23,1 \text{ км}^3$ у 1984р. до $11,5 \text{ км}^3$ у 1999р. Безповоротний водозабір із Дніпра змінювався від $10-11 \text{ км}^3$ у 1989-1991рр. до $5,48 \text{ км}^3$ у 1999 р. (табл. 1.3.2).

Таблиця 1.3.2 - Водозабір по басейнах річок у межах України [8]

| Річковий басейн | Водозабір, км^3 | Безповоротне водоспоживання, км^3 |
|-----------------|--------------------------|--|
| Дніпро | 11,544 | 5,48 |
| Дністер | 0,908 | 0,596 |
| Південний Буг | 0,976 | 0,178 |
| Дунай | 1,59 | 0,58 |
| Усього | 15,02 | 6,84 |

Такі обсяги антропогенного вилучення прісного стоку із водного балансу Чорного моря впливають на багаторічну галинну й густинну структуру моря.

Дністер є найбільшою річкою Західної України і Молдови. Його довжина складає 1362 км, а площа басейну – 72100 кв. км. Із створенням Дністровського водосховища (1981р.) стік Дністра став зарегульованим і в значній мірі визначається роботою Дністровського гідровузла. Зарегульованість річки становить $3,5 \text{ км}^3$ і складає 35% природного стоку Дністра 50% забезпеченості або біля 70% стоку річки в маловодні роки.

До перекриття річки греблею Дністровського гідровузла паводковий режим спостерігався на усьому її протязі упродовж усього року, а екстремальним витратам води Дністра у середній і нижній течіях була

притаманна велика амплітуда коливань. Тому значна частина Дністра і його приток одамбовані, перш за все, в межах міст.

Південний Буг – довжиною 806 км, найбільша річка, басейн якої площею 63700 кв. км повністю розташований у межах України. Характерною особливістю басейну Південного Бугу, що виділяє його з поміж інших великих річок, є дуже велика зарегульованість. В басейні річки створено 197 водосховищ і 6,9 тис. ставків із сумарним об'ємом до 1,5 км³. За багаторічними спостереженнями, річний стік має тенденцію до зростання. Його максимальна величина була зареєстрована у 1980 р. (5,9 км³), мінімальна - у 1921р. (0,9 км³).

1.4 Водні маси Чорного моря

Чорне море має специфічну гідрологічну структуру вод, обумовлену обмеженим водообміном з іншими частинами Світового океану і надходженням полярних за своїми характеристиками водних мас. На їх формування найбільший вплив має надходження солоних вод з Мармурового моря - протягом року надходить 170 км³, витікає 360 км³. Поверхневі води моря, крім пригирлових ділянок великих річок, мають солоність 14 – 18,3 ‰. Глибинні – 22,3 – 22,6‰ за рахунок солоних (до 35‰) вод з Мармурового моря. Пересічна солоність моря – 21,8‰ [8]. Річковий стік, що поставляє основний обсяг прісних вод, зосереджений, головним чином, у північно-західній частині Чорного моря. Води Азовського моря із солоністю 10-14 ‰ надходять через Керченську протоку в північно-східну частину моря. Води із солоністю 30 - 35‰ надходять у південно-західну частину моря у вигляді потоку Нижньо-босфорської течії. Середній багаторічний прибутковий компонент водних ресурсів моря складає близько 710 км³ /рік. З нього на частку річкового стоку припадає близько 50%, опадів - близько 20%, надходження вод з

Азовського моря - 7%, з Мармурового моря - 24%. Видатковий компонент при нульовому балансі приходу витрат складається з випару (46%), стоку опріснених поверхневих вод у Мармурове море і далі в Егейське (51%) і стоку в Азовське море (3,3%). Найбільш яскравими відмінними рисами вертикальної структури є: наявність тонкого - опрісненого поверхневого шару зі значними внутрішньорічними варіаціями температури в шарі 0 – 50 м і істотно більш товстого (1500 – 2000 м) осолоненого шару

вод з інверсійним розподілом температури; існування у верхній частині постійного галоклину чи, частково, над ним у теплу половину року холодного проміжного шару з абсолютним по вертикалі мінімумом температури; визначальний внесок солоності в щільнісну стратифікацію вод. У цілому у відкритій частині Чорного моря, за незначно відмінними критеріями, виділяють 6 типів водних мас: мілководну чорноморську (МЧМ), верхню (ВЧМ), холодну проміжного шару, проміжну (ПЧМ), глибинну (ГЧМ) і придонну.

Води ХПШ мають два основні зимові джерела формування – північно-західний шельф і центри циклонічних кругообігів відкритої частини моря. На півночі північно-західного шельфу формуються найхолодніші, але відносно опріснені води. Поширюючись на південь, вони частково втрачають запас холоду і осолонюються. Поступово звалюючись в область зони конвергенції на звалі глибин, вони формують верхнє ядро ХПШ. Подальшого поширення підповерхневих шельфових вод у відкриті райони моря в зимово-весняний період року не виявляється, а в літньо-осінній період воно можливе лише при руйнуванні загально-циклонічної циркуляційної системи. Нижнє і більш щільне ядро вод ХПШ у зоні конвергенції формують води, що стікають з куполів зони центральної дивергенції.

Особливий інтерес являє собою глибинна водна маса. Межа між глибинними і придонними водами легко визначається за вертикальним розподілом термохалинних характеристик: у придонних водах спостерігається повна однорідність цих характеристик. Глибина залягання верхньої межі придонної води складає приблизно 1750 метрів. Потік тепла з дна створює нададіабатичне підвищення температури, що зумовлює розвиток конвекції у визначеному шарі придонних вод. Водні маси північно-західного шельфу інтерпретувати досить складно, насамперед через великий обсяг річкових вод, що надходять з декількох джерел різної потужності. Мілководність шельфу призводить до істотної підлеглості поверхневих течій мінливим вітровим потокам і, як наслідок, до складного режиму дрейфового перерозподілу водних мас. Усього в межах МЧМ були виділені три підтипи вод [8]: пригирлова водна маса (ПВМ); шельфова водна маса (ШВМ); шельфова водна маса Каркінітської затоки (ШВМКЗ). У центральних і південно-східних районах ПЗЧМ присутній відносно невеликий обсяг поверхневої водної маси відкритого моря - злегка трансформований шельфовий варіант ВЧМ.

1.5 Основні критерії районування Чорного моря

До ПЗЧМ відноситься шельф, або материкова мілина, що представляє собою затоплену частину прибережної суші, займає 25% акваторії моря (112140 км²) і 1.5% обсягу вод (8190 км³) при прийнятті ізобати 200 м, зазвичай приймається за кордон шельфу для Світового океану. На північному заході моря максимальна ширина шельфу досягає 220 км. ПЗЧМ займає 16% акваторії моря (68390 км²) і 0.7% обсягу вод (3555 км³) в межах від м. Херсонес до м. Каліакра [1]. Найчастіше, під ПЗЧМ дослідники розуміють акваторію, розташовану на північ від умовної лінії, що з'єднує південний край гирла Дунаю і м. Тарханкут. В цьому випадку, природним кордоном шельфу служать ізобати 50 - 75 м (рис. 4.1).

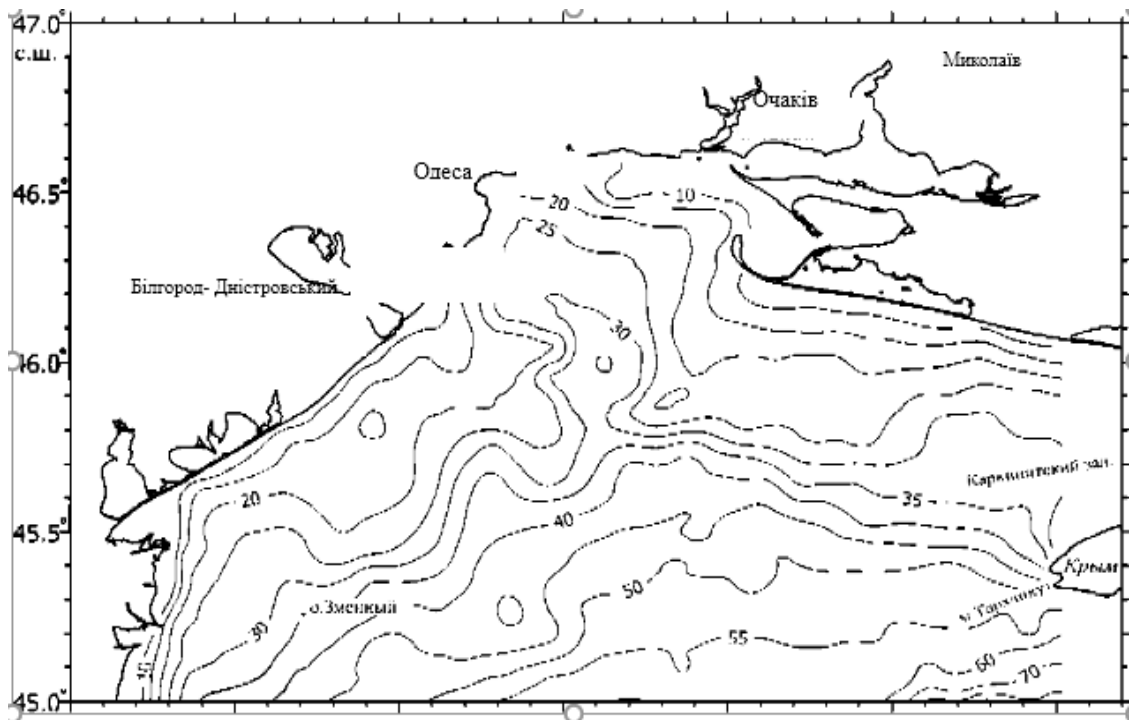


Рис 1.5.1 – Батиметрична карта північно-західного шельфу Чорного моря [1]

Виходячи з інших критеріїв районування моря, зокрема, з точки зору ландшафтного (акваландшафтного) різноманітності, пропонується вважати ПЗЧМ акваторією, обмеженою глибинами 100 -120 м [2]. В даному випадку, Чорне море поділяють по тектонічних особливостей, генезису і морфології дна на дві великі області: область епігерцинської скіфської платформи

(північна і північно-західна частина) і область альпійсько-гімалайської епігеосинклінальні пояса (основна частина моря, Чорноморська западина).

Глибини ПЗЧМ перебувають в інтервалах значень 15 - 40 м, Поверхня дна являє в цілому малонахиленими на південь субгоризонтально рівнину із загальним ухилом 1 - 2'. Від суші шельфову рівнину відокремлює прибережний підводний схил висотою 10 - 15 м з ухилами рельєфу близько 20'. Домінуючим типом донних відкладень голоцену є ракушняк, включаючи раковини піски і мулисті ракушняк. Піски і «чисті» ракушняк поширені на прибережному береговому схилі (глибини менше 15 - 17 м), де раковина матеріал піддається інтенсивної хвильової переробки і на вершинних поверхнях підводних височин (глибини до 25 м). Мулисті ракушечники поширені зазвичай на глибинах понад 25 м в депресіях рельєфу, на основній площі зовнішнього уступу прибережній частині шельфу і на рівнині опадів його центральній частині [3]. Класифікація донних відкладень представлена в табл. 4.1.

Таблиця 1.5.1 – Класифікація донних відкладень північно-західного шельфу Чорного моря [3]

| Назва відкладень | Вміст, % | |
|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| | Раковинного матеріалу | Глинистих фракцій |
| Ракушняк, раковинний пісок | > 50 | < 10 |
| Мулистий ракушняк | > 50 | 10 - 50 |
| Раковинний мул | < 50 | > 50 |
| Мул | < 30 | > 70 |
| Глинистий мул | < 30 | > 70 |

1.6 Мінливість метеорологічних характеристик басейну Чорного моря

Мінливість метеорологічних характеристик, поряд з сезонним ходом теплового балансу, багато в чому визначається атмосферною циркуляцією. Чорне море знаходиться під впливом постійного центру дії атмосфери - Азорського максимуму і декількох сезонних термічних барических утворень: взимку Сибірського антициклону і середземноморської депресії, влітку - аравійської депресії. Для всього басейну Чорного моря добре виражена

Внутригодова мінливість метеорологічних характеристик, так, швидкість вітру збільшується від весняно-літнього періоду до осінньо-зимового в 1,2 - 1,5 рази.

Найбільшими значеннями швидкості вітру відрізняється західна частина моря. На заході і на півночі моря переважають вітри північних напрямків. На північно-західному узбережжі Чорного моря випадає мінімальна кількість атмосферних опадів (400 - 450 мм) [1]. Протягом зимового періоду над ПЗЧМ переважають вітри північно-західного і західного напрямків. Вони обумовлені впливом потужного стаціонарного антициклону, розташованого над Європою, відроги якого тягнуться над Балканами. Навесні, з початком прогріву повітряних мас, градієнт тиску по напрямку з севру на південь згладжується і повторюваність північних вітрів зменшується. Західні і північно-західні вітри частково змінюються на південні. Даний тип атмосферних процесів супроводжується штормовими вітрами західних напрямків.

Атмосферні процеси над Чорним морем визначаються областю низького тиску над Європою і циклонічної активністю над морською акваторією. Інший тип барической системи передбачає область високого тиску над Західною Європою і вихід циклонів зі Східного Середземномор'я. У літній період переважає малоградієнтне баричне поле і вітри слабкий вітер нестійких напрямків. За даними А.П. Чернякова [4] протягом всього року найбільш устчівіє північні, східні і південно-східні вітри зі швидкостями 7 - 12 м / с і тривалістю дії 14 - 18 годин. У холодний період року в місяць спостерігається від 9 до 13 випадків посилення вітру до штормового (більше 15 м / с). У літній період - до 70% переважають швидкості вітру від 0 до 5 м / с. Більш високі швидкості (від 5 до 10 м / с), що збуджують турбулентному - дифузійні процеси, можуть спостерігатися до 7 - 8 діб в місяць при цьому їх тривалість обмежується 18 - 20 годинами. Вітри, з найбільш ефективними, для процесів перемішування швидкостями - від 10 до 15 м / с, протягом місяця спостерігаються не більше 30 - 36 годин.

Сучасні кліматичні зміни відбулися і в басейні Чорного моря. Якщо раніше північне узбережжя Чорного моря відносилось до степового і континентального клімату, західне і кавказьке узбережжя до помірного морського клімату, узбережжі Туреччини і південний берег Криму - до середземноморського, то в даний час межа степового клімату змістилася далеко на схід до Каспійського моря, розширивши зону континентального

клімату. Найбільші зміни для басейну Чорного моря відносяться до розподілу степового і середземноморського клімату [1].

Мінливість інтенсивності атмосферної циркуляції в сучасний період глобального потепління, ймовірно, відбилося на умовах морського середовища, зокрема на посилення вертикальної стратифікації водних мас. Як буде показано нижче, це посилення відбулося за рахунок соленосних складової. Є припущення, що єдиною причиною зменшення солоності поверхневого шару моря могло бути зміна циркуляції вод ПЗЧМ, що викликало підвищену концентрацію річкових вод її західному і центральному районах. Модельні розрахунки [5] підтверджують цю гіпотезу.

1.6 Гідрологічний режим моря

Особливістю гідрологічного режиму ПЗЧМ є вплив рясного річкового стоку річок Дунаю, Дністра, Південного Бугу та Дніпра. Сумарний стік цих річок становить 80% від загального прісного стоку в Чорне море. Середньорічний стік Дунаю становить 210 км^3 , Дніпра - 43 км^3 , Південного Бугу - 2 км^3 і Дністра - 10 км^3 [1]. У Чорному морі існує явна перевага сезонної мінливості термохалінної структури. Однак, слід зазначити, що дані коливання спостерігаються лише верхньому шарі 0 - 20 м. В більш глибоких шарах сезонна мінливість зменшується і та багаторічні коливання стають домінуючими [6]. Загальний характер змін температури води в Чорному морі за столітній період спостережень є циклонний процес при загальній тенденції до потепління. Із зовнішніх факторів, що впливають на структуру щільності в Чорному морі, найбільш істотно впливає водний і сольовий баланс. У фази збільшення прісних вод (або зменшення випаровування) відбувається розпріснення верхнього шару, в ньому посилюється вертикальна стратифікація і слабшає вертикальний обмін. Горизонтальний розподіл складових водного балансу нерівномірно: вплив річкового стоку і атмосферних опадів максимально в прибережній зоні, максимумами випаровування приурочені до областей максимальної швидкості вітру на північно-заході моря [6].

Узагальнення даних інструментальних вимірювань течій на автономних буйкових станціях (АБС) для цього району нечисленні. Узагальнення даних спостережень представлено в роботі [7]. Так, при вітрах північного, північно-східного і східного напрямів на северо-западном

шельфі переважає циклонічна циркуляція, а при південних і південно-західних вітрах - антициклонічна.

Для Одеського регіону за даними рейдових спостережень над течіями в 1984-1988 рр. [8] було виявлено, що при значній мінливості течій в поверхневому шарі найбільшу повторюваність має циклонний тип циркуляції, створюваний дрейфовими течіями при найбільш часто повторюваних севе-ро-східних і північних вітрах. Цьому типу циркуляції сприяє і стік протягом з Дніпро-Бузького лиману. У той же час, в підповерхневому шарі спостерігається антициклонічна циркуляція.

Вивчення коливань рівня в Чорному морі, в контексті глобальної зміни клімату, відноситься до актуальних проблем сучасних досліджень. У 1960-1980-х роках найбільша увага приділялася вивченню штормових сгонно-нагінних явищ, що цілком виправдано, враховуючи їх велике значення для мореплавання і практичної діяльності в зоні сполучення суша - море.

В останні 15 років висунувся новий напрямок у вивченні мінливості рівня Чорного моря - дослідження його довгоперіодних коливань і прогноз майбутніх змін. Вона зумовлена значною мірою сучасним підвищенням рівня Світового океану, в результаті чого відбувається затоплення і підтоплення низьких прибережних територій, а також активне переформування берегів з негативними наслідками [9]. Так, в роботі [10] оцінені масштаби довгоперіодних коливань рівня в Чорному моря, які проявляються як екстремальні добові значення досліджуваної характеристики. Також відзначаються як квазідворічні, так і 3-5, 20, 30-річні періодичності, що викликані сонячною активністю, процесами взаємодії в системі «океан-атмосфера», а також впливом геомагнітних, астрономічних і геліофізичних сил. Основний екстремум в сезонному ході рівня Чорного моря, обумовлений річковим стоком і характеризується весняно-літнім максимумом (IV-VI-паводок) і осіннім мінімумом (IX-XI-межень). Вважається, що основною причиною сезонних коливань рівня в Чорному морі є стік річки Дунай, яка поставляє приблизно три чверті загального прісного стоку в море.

1.7 Геодинамічні коливання та їхній вплив на акваторію

Крім коливань рівня, обумовлених вище розглянутими факторами, існують геодинаміческие коливання в результаті вертикальних рухів земної

кори. Сучасні вертикальні рухи, за даними нівелювання, показали, що середня швидкість опускання реперів в Одесі становить 0,51 см в рік [9]. В роботі [11] зазначено, що північно-західний регіон Чорного моря опускається зі швидкістю 0,1 - 0,16 см / рік.

Коливання рівня моря і вертикальні тектонічні рухи узбережжів роблять значний вплив на інтенсивність основних рельєфотворних процесів в береговій зоні (умови харчування берегів наносами, загальний бюджет осадового матеріалу і еволюція контуру берегової лінії). Стале тривале підвищення відносного рівня моря порушує усталена взаємодія суші і моря, що тягне до адаптації гідродинамічних факторів до мінливих глибин. Можна вважати, що на узбережжі, в середньому, при підвищенні рівня на один сантиметр ширина пляжної зони скорочується на один метр. Підвищення рівня моря сприяє посиленню абразії на раніше руйнує ділянках берега, також відбувається відступ аккумулятивного берега в результаті розмиву верхньої частини профілю підводного берегового схилу.

Вертикальна структура поля температури закономірно змінюється протягом року. Перед весняним прогріванням вся товща має ту ж температуру, що і поверхня. До травня формується прогрітий шар і добре виражений термоклин на глибині до 5 м з градієнтом до $1^{\circ}\text{C} / \text{м}$. До серпня в результаті прогріву і вітрового перемішування термоклин опускається до 15-20 м, а максимальні градієнти можуть досягати $3-5^{\circ}\text{C} / \text{м}$. На менших глибинах прогріта водна маса захоплює всю товщу.

До листопада втрати тепла з поверхні і зимова вертикальна циркуляція вирівнюють температуру від поверхні до дна. В цей час вона становить близько 10°C , а протягом зими до початку весняного прогріву поступово знижується до $2-4^{\circ}\text{C}$ у всій товщі. У літній період в придонному шарі морського узбережжя відзначена закономірність утворення дефіциту кисню в міру заглиблення сезонного термокліна. Процес починається на малих (8-15 м) глибинах в червні і закінчується в липні, коли термоклин досягає дна і за рахунок вертикальної однорідності поліпшується аерація придонного шару.

На глибинах понад 15 м нижня межа термокліна слід топографії морського дна. Придонний шар формується ізольованою водною масою, де в результаті окислення і відсутності джерел надходження кисню виникає придонна гіпоксія. Рідкісні адвективні струми можуть тимчасово поліпшити кисневий режим, але в цілому розвиток придонному гіпоксії стійко і триває

до середини осіннього періоду. Повне скидання відбувається взимку, в результаті осінньо-зимової вертикальної конвекції [12].

На протяженні останніх десятиліть основна проблема СЗЧМ зв'язана з постійним недостатком розчиненого кисню в придонних шарах в теплий період року. Вперше, це було відзначено в публікаціях [13 - 15]. В подальшому, багатьма дослідниками відзначалася природа цього явища як результат антропогенного евтрофування СЗЧМ. Великомасштабна придонна гіпоксія, коли площа ураження ділянок дна займає, найчастіше до 1/3 всієї акваторії СЗЧМ і тривалість кисневої недостатності – від 1 до 3 місяців, пов'язана з евтрофуванням, якістю річкового стоку і стічних вод. Глобалізація антропогенного евтрофування відзначена в [16 – 18].

1.8 Проблема розчиненого кисню в придонних шарах в теплий період року

Протягом останніх десятиліть основна проблема ПЗЧМ пов'язана з постійним недоліком розчиненого кисню в придонних шарах в теплий період року. Вперше, це було відзначено в публікаціях [13 - 15]. Надалі, багатьма дослідниками відзначалася природа цього явища як результат антропогенного евтрофування ПЗЧМ. Великомасштабна придонна гіпоксія, коли площа ураження ділянок дна займає, найчастіше до 1/3 всієї акваторії ПЗЧМ і тривалість кисневої недостатності - від 1 до 3 місяців, пов'язана з евтрофікацією, якістю річкового стоку і стічних вод. Глобалізація антропогенного евтрофування відзначена в [16 - 18].

При цьому ПЗЧМ не є винятком, а займає особливо важливе місце серед акваторій внутрішніх морів Світового океану, що знаходяться в кризовому стані. За минулі 40 років області формування придонної гіпоксії на шельфі в літньо-осінній період поширювалися нерівномірно з максимальним проявом цього феномена в 1980-і роки. На початку 1990-х років, в період економічної кризи в придунайських країнах, було відзначено деяке скорочення надходжень забруднюючих і біогенних речовин з річковим стоком. Однак припущення про відновлення морської шельфової екосистеми зазнали краху. Значний пробіл в даних моніторингу за 1993-2000 рр. не дозволив адекватно оцінити сучасні умови, зокрема на відносному глибоководді між ізобатами 20-50 м, де розвиток гіпоксії найбільш стійко і

тривало. Численні прибережні експедиції давали можливість оцінити тільки стан мілководдя (до 15-20 м), де розвиток гіпоксії обмежена травнем - червнем. Проте, окремими прямими спостереженнями в приустьевій області Дунаю були відзначені умови гіпоксії і значні запаси біогенних речовин в донних відкладеннях, які за певних умов провокують розвиток гіпоксії.

Проблеми збільшення біогенного стоку Дунаю, які позначилися на гідрохімічних режимі узмор'я і гідробіологічних умовах морського узбережжя і дельти, скорочення концентрацій зваженого речовини в річці після будівництва каскаду гідротехнічних споруд на середньому Дунаї (гідроелектростанції Джердап - 1, 2) детально висвітлені в роботах [19 -29]. Виходячи з поширення гіпоксії в ПЗЧМ [30], можна виділити одеську, центральну і дунайську зони. Безумовно, зустрічаються їх модифікації - трансформація, злиття в одну велику або наявність тільки однієї з трьох названих. Сполучення можуть бути найрізноманітнішими як по простору, так і в часі. Однак механізм розвитку придонної гіпоксії досить складний і пов'язаний не тільки з величиною прісного стоку, а й з його сезонним розподілом. Суть процесу пояснюється наступним. Рання повінь - з березня по травень - виносить в море основну масу біогенних речовин (кормову базу фітопланктону) тоді, коли активність фотосинтезу ще не досягла максимуму і низька температура води не сприяє інтенсивному розвитку водоростей.

Відповідно до зміни піку водопілля на більш пізній термін зовнішні умови для розвитку фітопланктону стають все більш сприятливими - збільшується тривалість світлого часу доби, прогрівається поверхнева водна маса, заглиблюється сезонний термоклин. Активність розвитку фітопланктону при потужному надходженні поживних речовин різко зростає, що часто призводить до «цвітіння» води. Надалі, після закінчення життєвого циклу, відмерла маса планктону разом з детритом осідає на дно.

У процесі мінералізації органічної речовини відбувається значне споживання розчиненого у воді кисню, що до серпня - вересня призводить до придонної гіпоксії. Встановлено чисельні залежності стану ступеня евтрофування від величини стоку Дунаю [30]. За умови проходження 1/3 величини весняного паводку до початку квітня, основна частина річкових вод за рахунок інтенсивних динамічних процесів переноситься на південь вздовж шельфу і широкомасштабного процесу гіпоксії не відзначається. При зміщенні піку паводкових вод до травня, в умовах подальшої динамічної стагнації, основна маса евтрофованих вод локалізується в гирлової області

Дунаю і надалі провокує розвиток широкомасштабної гіпоксії, що займає всю гирлову область.

Багаторічні зміни O_2 характерні для всіх місяців теплого півріччя приблизно рівні). Найбільші відмінності досягаються в серпні (рис. 4.2, 4.3).

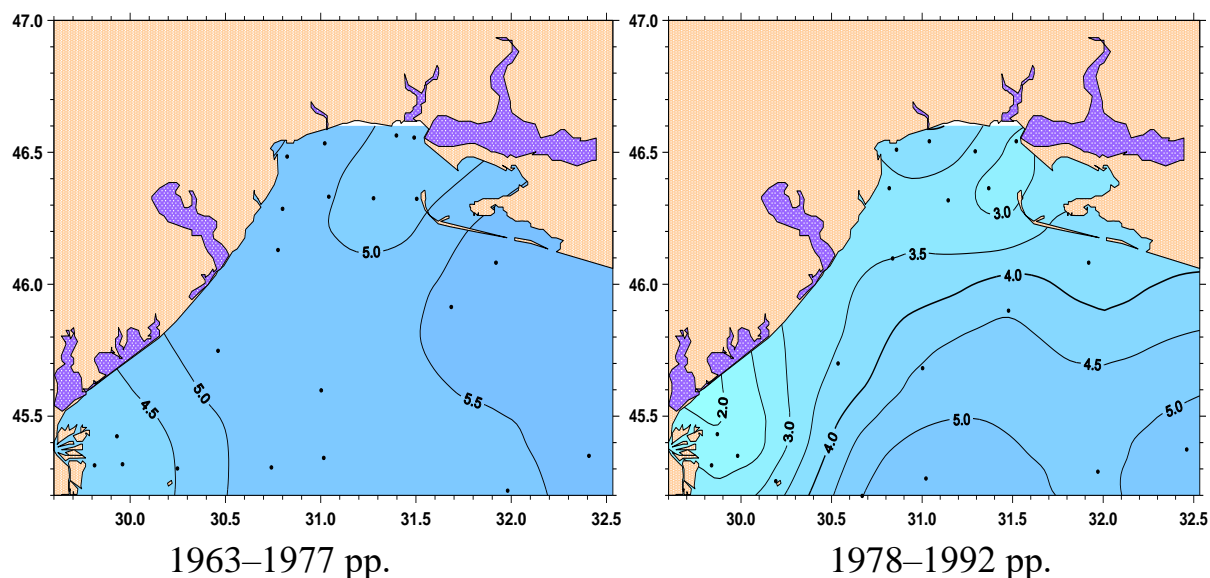


Рис. 1.8.1 - Вміст розчиненого кисню (мл/л) у водах придонного шару у серпні 1978–1992 pp. та 1963–1977 pp.

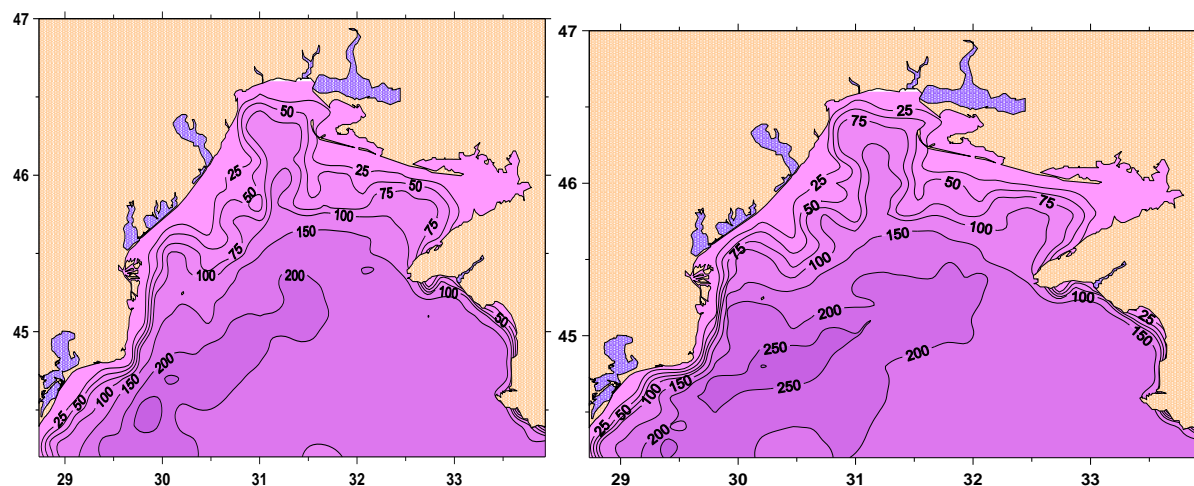


Рис. 1.8.2 - Запас плавучості (kg/m^2) шару від поверхні до дна

Для інших розглянутих характеристик також виявлені достовірні відмінності. Так, середній градієнт щільності з травня по серпень в 1978-1992 pp. був на 20-25% більше, ніж в 1963-1977 pp.

Величина середнього вертикального градієнта щільності (G) розраховувалася за формулою $G = \Delta\rho/\Delta z$, а також запас плавучості (B) у вигляді $B = \Delta\rho^*\Delta z$, де $\Delta\rho$ – різниця потенційної щільності у шарі між нижнім та верхнім горизонтом товщиною Δz .

Разом з підвищеним надходженням органічної речовини і іншими біохімічними факторами це створило сприятливі умови для розвитку в 1978-1992 рр. придонному гіпоксії на значній частині акваторії ПЗЧМ.

2. ЗАБРУДНЕННЯ МОРЯ НАФТОЮ ТА НАФТОПРОДУКТАМИ

Нафта і нафтопродукти (НП) відносяться до найбільш небезпечних і найпоширеніших забруднювачів моря. Нафтопродукти надходять у територіальні морські води під час транспортування нафти, геологічно – пошукових робіт на шельфі, експлуатації морських платформ, зі скидами промислових і комунальних стічних вод, а також з річковим і поверхневим стоками. Деякі кількості вуглеводнів (ВВ) потрапляють у воду в результаті прижиттєвих виділень рослинними і тваринними організмами морських екосистем, а також унаслідок їхнього посмертного розкладу. Згідно з "Конвенцією про захист Чорного моря від забруднення", НП входять до переліку найнебезпечніших речовин. Їх вплив на морське середовище обумовлюється: значною кількістю джерел, надходженням до всіх компонентів навколишнього середовища, великими площами поширення, відносною стійкістю у донних відкладах.

Слід зазначити, що НП сорбують токсичні метали, збільшуючи їх міграційну здатність, сприяють токсикації сполук, що первинно були відносно безпечні. Тривалість існування нафти (нафтових плям) на поверхні моря може становити від декількох годин до десятків діб. Забруднення НП погіршує обмін кисню у поверхневому шарі морської води. На повне окислювання 1л нафти потрібні запаси кисню, розчиненого у 400 тис.л морської води. 1 т нафти забруднює 12 кв. км поверхні моря, де через різке зменшення вмісту кисню у воді порушується процес природного її самоочищення, що спричиняє зміну всього екологічного стану морської акваторії.

Нафта, потрапивши у воду, швидко покриває великі площі, при цьому товщина забруднення також буває різною. Наприклад, за даними авіазйомки, виконаної морською гідрометеостанцією "Опасне", в результаті катастрофи теплохода "Адмірал Нахімов" у 1986 р. при розливі 160 т НП у районі аварії площа плям становила 359 кв. км. Важко уявити площу забруднення нафтою Мексиканської затоки після пожежі й руйнування нафтодобувної морської платформи.

Холодні погода і вода уповільнюють розтікання нафти по поверхні, тому при аваріях одна й та ж сама кількість нафти покриває більші ділянки

влітку, ніж узимку. Товщина розливої нафти більша в тих місцях, де вона збирається уздовж берегової лінії. Деякі типи нафти опускаються і рухаються під товщею води або вздовж поверхні залежно від течій. Сира нафта і продукти переробки починають змінювати склад відповідно до температури повітря, води і світла. Компоненти з низькою молекулярною вагою легко випаровуються. Бензин цілком випаровується з поверхні води за 6 год. Кількість випарювань коливається від 10 % при розливах важких типів нафти і нафтопродуктів до 75 % – при розливах легких типів нафти та НП. Деякі компоненти з низькою молекулярною вагою можуть розчинятися у воді. Під впливом сонячних променів нафта окислюється. Тонка плівка нафти і нафтової емульсії тим легше окислюється у воді, чим товстіший шар нафти.

Нафта з високим вмістом металів або низьким вмістом сірки окислюється швидше, ніж нафта з низьким вмістом металів або високим вмістом сірки. Хвилювання моря і течії сприяють утворенню емульсії нафти у воді та води в нафті. При цьому суцільний шар нафти розривається, перетворюється в дрібні крапельки. В результаті формується важкорозчинна водно-нафтова емульсія. Виділяють емульсію двох типів: пряму "нафта у воді" і зворотну – "вода у нафті". Прямі емульсії, складені крапельками нафти діаметром до 0,5 мкм, менш стійкі й характерні для нафти, що містить поверхнево-активні речовини. При видаленні летючих фракцій нафта утворює в'язкі зворотні емульсії, які можуть зберігатися на поверхні, переноситися течіями, викидатися на берег і осідати на дно. Водно-нафтова емульсія містить від 10 до 80 % води; 50–80%-емульсії часто називають "шоколадним мусом" через щільний, в'язкий вигляд і шоколадний колір. "Мус" поширюється дуже повільно і може залишатися на воді або березі без зміни протягом багатьох місяців. У холодний період року через лід, повільний рух хвиль, меншу хімічну і біологічну активність нафта залишається в зовнішньому середовищі на більш тривалий період часу, ніж у теплий.

Процеси фізичного розкладання нафти та НП значно залежать від хімічного складу останніх. Нафта і продукти її переробки являють собою надзвичайно складну, непостійну і різноманітну суміш речовин (низько- і високомолекулярні граничні, неграничні аліфатичні, нафтенові, ароматичні вуглеводні (ВВ), кисневі, азотисті, сірчисті сполуки, а також ненасичені гетероциклічні сполуки типу смол, асфальтенів, ангідридів, асфальтенових кислот) [26].

2.1 Класифікація компонентів нафти

Основні компоненти нафти (до 98 %) – підрозділяються на чотири класи:

- Парафіни (алкани) – стійкі речовини, молекули яких виражені прямим і розгалуженим ланцюгом атомів вуглецю. Легкі парафіни мають максимальну летючість і розчинність у воді.

- Циклопарафіни – насичені циклічні сполуки з 5–6 атомами вуглецю в кільці. Крім циклопентану і циклогексану у нафті трапляються біциклічні та поліциклічні сполуки цієї групи. Вони дуже стійкі й погано піддаються біорозкладу.

- Ароматичні речовини – ненасичені циклічні сполуки ряду бензолу, що містять у кільці на 6 атомів вуглецю менше, ніж циклопарафіни. У нафті присутні леткі сполуки з молекулою у вигляді одинарного кільця (бензол, толуол, ксилол), а також біциклічні (нафталін), напівциклічні (пірен).

- Олефіни (алкени) – ненасичені нециклічні сполуки з одним або двома атомами водню у кожного атома вуглецю в молекулі, що має прямий або розгалужений ланцюг.

У результаті процесів випару, сорбції, біохімічного і хімічного окислювання концентрація НП може істотно знижуватися, при цьому значних змін може зазнавати їх хімічний склад. НП знаходяться в різних міграційних формах: розчиненій, емульгованій, сорбованій на твердих частинках суспензій і донних відкладів, у вигляді плівки на поверхні води. Зазвичай в момент надходження основна маса НП зосереджена у плівці. В процесі віддалення від джерела забруднення відбувається перерозподіл між основними формами міграції, спрямованої в бік підвищення частки розчинених, емульгованих, сорбованих НП. Кількісне співвідношення цих форм визначається НП у водний об'єкт, відстань від місця скиду, швидкість течії і перемішування водних мас, характер і ступінь забруднення природних вод, а також склад НП, їх в'язкість, розчинність, щільність, температура кипіння компонентів.

При санітарно-хімічному контролі визначають, як правило, суму розчинених, емульгованих і сорбованих форм нафти. Загальногігієнічна ГДК НП становить 0,3 мг/дм³ (показник шкідливості – органолептичний), рибогосподарська ГДК – 0,05 мг/дм³ (показник шкідливості – рибогосподарський). Загальні втрати НП сягають 2% їх валового

споживання. Приймаючи валове споживання НП в Україні на рівні 18 млн. тон, їх втрати оцінюються близько 0,36 млн. тон на рік. Значна частина з цієї кількості протягом багатьох років надходила в поверхневі та підземні води. Якщо при цьому згадати про аварійні зливи НП, то їх кількість, які потрапили у навколишнє середовище України, набагато більша.

2.2 Класифікація нафтопродуктів за характером впливу на геологічне середовище

За характером впливу НП на геологічне середовище об'єкти, що забруднюють природні води прилеглих територій суходолу, можна поділити на три групи – просторово - розподілені, лінійні, зосереджені (локальні). До групи просторово - розподілених входять райони пошуку, розвідки й експлуатації нафтових і газових родовищ, розташованих у Південному (Причорноморському) регіоні, що включає територію Криму, Одеської і Херсонської областей, а також акваторію ближнього шельфу Чорного моря.

Група лінійних об'єктів представлена нафтопроводами, що проходять Одеською, Херсонською і Миколаївською областями.

До зосереджених об'єктів належать нафтопереробні заводи (НПЗ) – Одеський, Херсонський, великі нафтобази, підключені до нафтопереробних заводів (близько 10), а також нафтобази, заправні станції, залізничні станції, аеродроми і т.д.

Відповідно до світової статистики, на промислові, комунальні, міські стоки, атмосферні опади припадає в середньому 72 % НП, поступаючи до світового океану, а на морські джерела, в основному танкерний флот й інші судна – 28 %. Втрати НП при перевезеннях танкерним флотом сягають 1 % їх загальної кількості. Україна має на Чорному морі 18 портів, 11 з яких розташовані в північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ). Сьогодні в Україні перевалку НП і нафти здійснюють в основному три морських порти: Одеський, Феодосійський і Ренійський. Із збільшенням кількості суднозаходів нафтоналивних танкерів у порти України зростає ймовірність аварійного забруднення морської екосистеми в результаті вантажно-розвантажувальних робіт, експлуатаційних аварій.

Свідченням зростаючої ролі Чорноморського узбережжя України для транзиту НП є такі показники. У Феодосійському порту на 1998 р. була закінчена реконструкція північного причалу, що дозволило порту приймати

танкери з вантажною спроможністю до 80 тис т. Реконструкція в 1997–98 рр. перевалочної нафтобази Феодосійського порту, заміна резервуарного парку, будівництво нової насосної станції, переустаткування фронтів розвантаження цистерн, заміна на нові підвідних нафтопроводів і шлангового господарства дозволили до 1999 р. збільшити нафтоперевалку до 3,7 млн. т сирової нафти і 294 тис. т НП. Якщо в 1997 і 1998 рр. обсяги перевалки нафти через Одеську нафтогавань становили по 14 млн. т, то вже у 1999 р. ця цифра сягнула майже 18 млн. т. На сьогодні перевалочна здатність нафтогавані Одеського порту – більше 27 млн. т на рік. Введений в експлуатацію нафтоперевалочний комплекс "Южний" – має потужність на початковому етапі 9 млн. т, прийом танкерів дедвейтом – до 100 тис. т. Перспективна потужність терміналу – 40 млн. т. Додатковий, і суттєвий, чинник ризику забруднення Чорного моря НП виникне внаслідок реалізації міжнародного проекту „Південний потік”.

Зростання обсягу перевезення морськими шляхами сирової нафти і НП підвищує загрозу аварійних розливів.

Однак найбільші обсяги нафтопродуктів попадають у морське середовище не при великих аварійних розливах, а при щоденному оперуванні суден з баластовими водами танкерів, у результаті розливів під час перевантаження і т. і. Тому у просторовому відношенні найбільш істотне забруднення морів характерне для районів судноплавних трас, портів і якірних стоянок. При цьому треба мати на увазі, що такі фактори як вітрова діяльність і гідродинамічний перенос сприяють поширенню нафтопродуктів на значні відстані.

Стала щільність нафтових плівок, виявлених при аналізі 165 радіолокаційних зображень акваторії Чорного моря із супутників ERS-2 і Envisat за 2000, 2001, 2002 і 2004 р. На зображенні чітко виділяються найбільш забруднені акваторії, приналежні до двох основних трас нафтоперевезення: Одеса - Стамбул і Новоросійськ - Стамбул.

Відсутність достатньої кількості належних портових споруд для забезпечення обробки еколого-небезпечних вантажів, зокрема НВ, належного екологічного контролю, а також низька забезпеченість морських транспортних засобів системами очистки побутових вод сприяє росту рівня забруднення акваторій портів українського сектору Чорного моря. В Одеському, Іллічівському, Керченському портах вміст НП у воді в останні роки складав 1 – 1,5 ГДК. Перевищення ГДК щодо вмісту НП в акваторіях ряду портів, якірних стоянок та місць зосередження плавзасобів пов'язане із

забрудненням морських вод об'єктами Чорноморського флоту Російської Федерації та Чорноморського флоту України, яке відбувається внаслідок операцій з НП і нафтовими стічними водами на судах та берегових об'єктах. У бухтах Південна, Камишова, Голландія, Карантинна та Північна вміст НП у поверхневих шарах моря за останні роки постійно перевищує ГДК в середньому в 3–10 разів. Треба зауважити, що починаючи з 1999 р. загальний вміст НП у бухтах Севастополя постійно знижується, що пов'язано зі скороченням військової діяльності та конверсією на об'єктах обох Чорноморських флотів.

Суттєвий вплив на стан морських екосистем мають процеси накопичення нафтопродуктів у донних відкладах. Поглинання НП донними відкладами не можна відносити до процесів самоочищення акваторій, оскільки розклад НП в осадах відбувається значно повільніше, ніж у воді, і тому, відклади можуть стати джерелами вторинного забруднення. Яскравим прикладом цього є аналізи проб на вміст НП, виконаний у травні 2000 р. в акваторії Одеського порту. Концентрації забруднювачів у поверхневому шарі води не перевищували гранично допустимі концентрації (ГДК), у придонних горизонтах складала 1,5 ГДК, а в донних відкладах сягали 9 ГДК.

Загалом, вони мають не тільки техногенне походження – фонові бітумоноїдні речовини являють собою продукти перетворення залишків органічного світу, що потрапляють на дно. Вміст їх у верхньому шарі донних відкладень може досягати 100 мг/кг сухої породи. Аналіз результатів експедиційних і лабораторних досліджень вказує на те, що на більшій частині Чорного моря донні відклади згідно з "Класифікацією ґрунтів днопоглиблення за ступенем їх забруднення для Азово-Чорноморського басейну в межах України" характеризуються в цілому як умовно чисті або помірно забруднені ґрунти (класи I і II). Лише у деяких районах моря є ділянки, де якість донних відкладів не відповідає екологічним вимогам, а рівень забруднення характеризує ці донні відклади як дуже забруднені ґрунти (клас III). Це насамперед стосується акваторій портів, особливо Одеського і Севастопольського, районів скиду стічних вод та деяких ділянок Придунайської зони. Так, найбільший рівень забруднення донних відкладів НП (понад 450 мг/кг) зафіксовано біля входу до Карантинної бухти порту Севастополь і на станціях Придунайського району. Концентрації НП, які потрапляють у клас III (понад 300 мг/кг), також були зафіксовані у донних відкладах поблизу місця скидання з Одеської станції біологічного очищення

"Південна" та у районах дампінгу в ПЗЧМ. У цих районах та у місці скиду стічних вод м. Балаклава спостерігалися підвищені концентрації ароматичних речовин і бензопірену, які становили 50–340 мг/кг і 17–23 мкг/кг, відповідно.

У загальному розподілі техногенних НП спостерігається подвійна закономірність. У відкритій частині моря вони розподіляються зонально. На відстані декількох сотень метрів від берега вміст бітумоїдних речовин становить понад 30 мг/кг. Потім йде смуга шириною від 1 до 5 км з концентрацією бітумоїдних речовин від 30 до 50 мг/кг. У зовнішній зоні, найбільш віддаленій від берега, вміст бітумоїдних речовин високий – 50–100 мг/кг. Такий розподіл цих речовин може бути пов'язаний із зміною гранулометричного складу донних відкладів, а саме: з віддаленням від берега переважають пелітові відклади, що сорбують НП. Ця закономірність порушується в пригирлових районах, портах і бухтах, де вміст НП у донних відкладах більш високий і досягає 3600 мг/кг.

2.3 Надходження забруднюючих речовин внаслідок господарської діяльності на шельфі

За характером впливу на море господарської діяльності на шельфі можна поділити на таку, що забезпечує і безпосередньо впливає на надходження поллютантів в морське середовище, та таку, яка створює умови, що сприяють цьому.

До першого типу належать такі види діяльності, як:

- а) днопоглиблювальні роботи, дампінг ґрунтів;
- б) розвідка та експлуатація нафтогазових родовищ.

Другий вид діяльності складають:

- а) видобування будівельних матеріалів та будівництво берегозахисних споруд;
- б) донний траловий промисел.

Варто також виділити потенційні та інертні джерела, які не дуже поширені в донних відкладах акваторії, але при зміні умов або досягненні певного часу можуть перейти в активну форму забруднення. Пошуки, розвідка та експлуатація нафтогазових родовищ мають локальний вплив на морські екосистеми. Найбільше потенційно багатим вуглеводневою сировиною в Україні можна вважати Південний нафтогазоносний регіон –

загальна оцінка його ресурсів досягає 1531,9 млн т умовного палива. Однак геолого-географічна специфіка регіону визначає низьку ефективність їх використання – до 3 %. Це ж створює додаткові екологічні загрози як для прибережних територій, так і для морського середовища. Один з основних чинників цих загроз - видобування сировини в зоні Азово-Чорноморського шельфу. За прогнозами, в недалекому майбутньому обсяг буріння в цьому регіоні сягне 610 тис. м, тобто при середній глибині свердловини 3000 м на континентальному шельфі з'явиться не менше 200 нових свердловин.

На сьогодні на Чорному морі основна кількість бурових свердловин припадає на район акваторії, прилеглий до півострова Тарханкут та центральної частини шельфу.

Процес експлуатації морських стаціонарних платформ супроводжується постійними ризиками забруднення прилеглих до них акваторій моря і донних відкладів, оскільки відбувається як постійне надходження НВ у водне середовище, так і разові викиди при різних нештатних ситуаціях. Серед цих викидів можуть бути відходи буріння і нафтовидобутку та їхніх компонентів, наприклад пластових вод з нафтогазоносних підземних шарів. Вони мають мінералізацію від 1 до 300 г/л і хімічний склад, що залежить від геологічного віку, складу і стратиграфічного розташування продуктивного шару.

Пластові води нафтових родовищ містять також нафту і значну кількість солей органічних кислот (нафтенових, жирних), отруйних речовин (ОР) (феноли, ефіри, бензоли) і токсичні елементи (бор, літій, бром, стронцій). Пластові води утворюються на видобувних нафтових платформах у набагато більших кількостях, ніж бурові розчини і шлам в процесі їх промислової експлуатації.

Нафта, що надходить із земних глибин на поверхню, містить значну кількість води, яка утворюється впродовж всього процесу нафтовидобування у величезній кількості.

Цей вид забруднення зазвичай згадується мало, але він є істотною загрозою для моря та його мешканців. Як правило, нафтові сепаратори відокремлюють в основному завислу і дисперговану нафту, тоді як водорозчинні фракції нафти в концентраціях від 20 до 50 мг/л і вище залишаються і потрапляють за борт зі скидами. А це бензол, етиловий бензол, толуол, що є одними з найотрутіших і небезпечних для живих організмів НП. Нафта, що надходить із пластовими водами, може становити

до 20 % усіх нафтових скидань в районі розміщення бурових платформ. Крім власне нафти, пластові води відрізняються підвищеним вмістом поліароматичних (особливо токсичних) вуглеводнів. При концентрації пластових вод 68,7 мг/л загибель риб спостерігається через 1–2 доби.

Вибурена порода накопичує в процесі буріння нижніх горизонтів сиру нафту та її фракції. При контакті вибуреної породи з буровим розчином її мінеральні частинки адсорбують токсичні речовини, що входять до його складу. Відповідно до деяких міжнародних стандартів (GESAMP, 1993), допустимий вміст нафти в шламах, що скидаються, не повинен перевищувати 100 мг/л. Але навіть якщо вважати, що ця норма дотримується, то вона набагато вища за концентрації, що викликають летальний ефект у донних угруповань.

Бурові стічні води утворюються на ситах-конвеєрах при їх промиванні від породи, що вилучається зі шпари глинистим розчином, охолодженні бурових насосів, змивці глинистого розчину, розлитого під час спуско-підйомних операцій. Обсяг бурових стічних вод одного циклу буріння становить 5000–8000 м³. Їхні фізико-хімічні властивості залежать від складу і кількісного співвідношення речовин, що утримуються в них: глинистого розчину, обважнювача, подрібнених порід, хімічних добавок до бурового розчину, включень нафти, відпрацьованих олій. В бурових стічних водах утримуються: вуглелужний реагент, конденсована сульфід-спиртова барда, карбоксиметіл - целюлоза, гіпан, окзил, нітролігнин, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) та інші реагенти, багато з яких є захисними колоїдами. Бурові стічні води можуть містити до 9500 мг/л отруйних речовин, в тому числі 5000–8000 мг/л НП.

Термін "дампінг" визначається як загальна кількість відходів, що скидаються в море з метою поховання. Дампінг ґрунтів на підводні морські відвали в районі досліджень проводиться головним чином при будівництві, реконструкції, ремонтному черпанні на акваторіях портів та їх підхідних каналів. Роботи з днопоглиблення – специфічний вид господарської діяльності, при якому і розробка, і складування ґрунтів виконується безпосередньо у водному середовищі. За статистикою, щорічно тільки в ПЗЧМ складається більше ніж $5 \cdot 10^6$ т ґрунту.

Для каналів таких портів, як Одеса, Іллічівськ, кількість ґрунту що вилучається щорічно, сягає відповідно 870 та 90 тис. м³.

Дампінг суттєво впливає на морські екосистеми і може бути постійним або тимчасовим. Постійний вплив – це зміни рельєфу, якісного складу донних ґрунтів, що призводить, в свою чергу, до змін гідродинамічного та літодинамічного режимів, умов існування гідробіонтів. Тимчасовий вплив пов'язаний з періодом скидання ґрунту (підвищена каламутність, вторинне забруднення води, якщо ґрунт відбирався на техногенно-навантажених ділянках – акваторіях портів, тощо). Верхній шар донних відкладів гаваней, акваторій портів та підхідних каналів має значний вміст промислових та побутових відходів. Щільність техногенного твердого матеріалу на морському дні тільки в межах смуг рекомендованих курсів може сягати 500–1000 екземплярів на квадратну милю. Відповідно матеріал днопоглиблення, що складається, негативно впливає на екосистеми району складування.

Ступінь негативного впливу залежить від біотичних та абіотичних факторів. До останніх належать спосіб вилучення та скидання ґрунту, частота та об'єми скидання, характер гідродинамічного режиму, рівень забрудненості речовини. Основним токсикантом, який надходить в море при дампінгу ґрунтів, є НП. Їх кількість на два порядки перевищує надходження з ґрунтами миш'яку, свинцю та міді. Це пов'язано з тим, що дночерпання відбувається головним чином у акваторіях портів та підхідних каналах до них, на ділянках з забрудненими НП донними відкладами.

У районах дампінгу ґрунтів українського сектору Чорного моря відмічається зменшення складу та чисельності іхтіо-планктону, що негативно впливає на розвиток промислової іхтіофауни. Наприклад, у районі дампінгу ґрунтів біля с.м.т. Кача кількість безхребетних тварин за три роки скоротилась від 123–128 таксонів до 72 (57 %), а за дещо тривалий час зменшилась до 29 видів.

Суттєво впливає на екосистеми прибережних вод українського сектору Чорного моря донний траловий промисел. Активний донний траловий промисел проводився протягом багатьох десятиліть у Центральному та Тендрівсько-Каркінітському районах шельфу, в Каламітській затоці та акваторії, що межує з дельтою Дунаю. Вплив на біоту цих ділянок полягає в зміні поверхневого рельєфу дна та переводі в завислий стан верхньої частини донних відкладів. В останні роки введена заборона на донний траловий промисел, але негативні наслідки вже відбулись і набули значного впливу. Загалом, за період 1976–1988 рр. у процесі промислу донними тралами було

перевідкладено 70·106 т дрібнодисперсних частинок. В Тендрівсько-Каркінітському районі та у центральній частині шельфу (райони підняття Штормове та Архангельського) донним траловим промислом порушено типовий склад донних відкладів на площі 3350 кв.км.

У межах полів розвитку піщано-детритових відкладів та мулистих черепашковиків відбулась седиментація напіврідкого глинистого мулу сірого та темно-сірого кольору потужністю до 5 см, з пелітовою складовою – 80–90 %. Вміст важких металів, зокрема Zn, Co, Ni, Cr, V, Pb на 40-100 % перевищує фоновий по району. Головним чином площі поширення замулених ділянок збігаються з напрямками головних течій і розташовуються вздовж них (північно-західне в напрямку Західно-Тендрівського підняття та північно-східне і східне в напрямку Каркінітської затоки). За розрахунками, при середній потужності наїлку 3 см його загальний об'єм сягає 100 млн. т, середньорічне накопичення – 10 млн. м³. Швидкість седиментації (5–40 мм/рік) на декілька порядків вища за седиментацію на загальній території (5–40 мм/1000 років). Це може бути пов'язано з сорбційною ємністю глин, які при пересуванні у водному шарі акумулюють елементи з води.

У процесі видобування будівельних матеріалів (головним чином це пісок, гравій, галька, ракушняк) в прибережно-шельфовій зоні утворюються надводні та підводні кар'єри, які суттєво впливають на динамічний стан останньої. Наслідком того, що промислова експлуатація проводилась не тільки на реліктових акумулятивних формах (які знаходяться за межами сучасної берегової зони і мають глибини понад 10 м), але і в родовищах, що залягають на менших глибинах, відбуваються зміни динамічного стану прибережно-шельфової зони [37].

Значний негативний вплив на природний баланс наносів берегової зони має і недосконале вирішення проблем укріплення берегів моря, які інтенсивно руйнуються (на чорноморському узбережжі з 1629 км майже 1000 км зазнає інтенсивного руйнівного впливу абразійних та інших хвильових процесів).

Зміни, пов'язані з антропогенним тиском на процеси абразії берегів, порушення природного балансу наносів, в свою чергу впливають на умови сучасного осадконакопичення в зоні взаємодії суходолу з морем. Вплив людини на процеси підводної абразії може завдати суттєвих змін розподілу речовини відповідно до геохімічної зональності донних відкладів. Заміщення

мулистих осадків пісками чи навпаки, неминуче призведе до перебудови біоценозів. З цим також можуть бути пов'язані такі екологічно небезпечні явища, як вторинне забруднення, пересування токсичних речовин із осередків забруднення та концентрація їх на інших ділянках прибережної зони, перепоховання токсичних речовин у донних відкладах.

Джерела потенційного та "інертного" забруднення морського середовища значною мірою мають умовну загрозу життєдіяльності людини на шельфі і здебільшого пов'язані з військовою діяльністю у межах акваторії.

До потенційних джерел забруднення варто віднести такі:

- транспортні судна та бойові кораблі, затоплені за різних умов в останнє століття (головним чином у період Громадянської та Великої Вітчизняної війн). Так, за період 1941-44 рр. тільки в межах ПЗЧМ було затоплено декілька десятків одиниць плавзасобів, більшість – з небезпечними речовинами на борту, які становлять підвищену небезпеку життєдіяльності гідробіонтів та людей;

- звалища вибухових речовин та місця поховання різноманітної зброї.

До "інертних" джерел належать такі:

- траси військових засобів зв'язку. Тільки за радянську історію Чорноморського флоту, за даними відділу зв'язку ЧФ та радіотехнічної служби гідрографії флоту, по дну Чорного моря прокладені сотні тисяч кілометрів кабельних трас зв'язку та спецпризначення, які поєднують головну базу ВМС Севастополь з базами на Чорному морі: Ізмаїл, Одеса, о-в Зміїний, Чорноморське, Донузлав, Балаклава, Ялта, Феодосія, Керч. При цьому 50-60% кабелів виключені з використання як технічно непридатні. Матеріали складових кабелів (мідь, свинець) відносно інертні і не мають інтенсивного обміну з водною фазою.

- трубопроводи, які сприяють змінам придонного гідродинамічного режиму (середня висота трубопроводів становить 1,2 м). В кінцевому рахунку це призводить до накопичення різноманітного сміття, яке переноситься придонними вздовж береговими течіями.

3 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЧОРНОГО МОРЯ

Екологічні проблеми Чорного моря були сформовані під час економічного розвитку прибережних територій та вододілів річок, що впадають у море. Кожна частина Чорноморського басейну має свої екологічні проблеми, які в основному подібні за своїми наслідками та, нарешті, впливають на територію відкритого моря. В кінці минулого століття внаслідок інтегрованого впливу природних і антропогенних чинників екологічна система моря серйозно постраждала, і за підрахунками багатьох фахівців Чорне море зараз є одним із найбільш забруднених у світі водних об'єктів .

3.1 Оцінки масштабу забруднення Чорного моря

Масштаб проблеми забруднення Чорного моря може бути оцінений наступними оцінками:

щороку через річковий потік надходить в море приблизно 653 тис. тонн суспензії, близько 8000 тон органічної речовини, близько 1,9 тис. тонн азоту та 1,12 тис. тонн фосфору;

щорічно комунальні підприємства скидають у море 33,8 тис. тонн зважених речовин, 8,8 тис. тонн азоту, 2,6 тис. тонн фосфору та 24,1 тис. тонн нафтопродуктів;

у Чорному та Азовському морях потрапляє близько 11,6% неперервного азоту та 13% фосфорних добрив, 6% пестицидів з потоком невеликих річок із сільськогосподарських районів Приазов'я, Приазов'я та Криму.

Найбільш постраждалими в цьому відношенні є найменша частина Чорного моря північно-західної частини, де виробляється до 65% всіх живих організмів та де знаходяться основні нерестовища.

Загальна екологічна ситуація в прибережних регіонах Чорного моря дуже складна і близька до критичних. В останні десятиліття спостерігається зростання забруднення вод загальним фосфором та азотом (Дунай), нафтопродуктами (поблизу Севастополя та грузинського узбережжя), миючих засобів та фенолів (південний берег Криму), фенолів та пестицидів (узбережжя Одеси). Тут якість прибережних вод визначається не стільки

джерелом забруднювачів і шириною континентального шельфу, скільки природою та інтенсивністю течій у певних регіонах.

З огляду на зростання економічного потенціалу, який останнім часом спостерігається в країнах Причорномор'я, екологічний стрес може загостритись. Основними причинами є будівництво нових та реконструкція існуючих морських портів, відродження торгового та танкерного флоту, консолідація військово-морського компоненту, будівництво нафтогазових трубопроводів та видобутку вуглеводнів, розвиток курортів та рекреаційних заходів.

Серед факторів, що впливають на стан навколишнього середовища Чорного моря, є наявність великого водозбірною басейну, що майже в 5 разів перевищує площа моря і більша частина цього вододілу займає густонаселені промислові райони. Чорне море стає термінальним пунктом збору відходів та скидів, яке породжує 170 мільйонів людей. Постійними джерелами забруднення моря є промислові та побутові та комунальні стічні води, які частково підлягають механічному та біологічному очищенню, в той час як вони в основному викидаються без лікування. Більшість промислових побутових стічних вод містять токсичні речовини. Загальний обсяг стічних вод становить приблизно 4 км^3 на рік або близько 8000 м^3 на 1 км^3 . Близько 80% цих стічних вод або 2000 м^3 транспортуються через ріки в дрібну північно-західну частину моря, де щорічно розміщується 10 млн. стічних вод на 1 км^3 . Другим фактором є відсутність нормально розвинених шельфів на 70% морського узбережжя, а також невеликі розміри зони самоочищення, оскільки в Чорному морі вона обмежена верхнім шаром кисню, що становить від 120 до 150 м товщини.

3.2 Джерела антропогенного забруднення українського сектору Чорного моря. Головні чинники забруднення

Антропогенне забруднення вод українського сектору Чорного моря обумовлює такі основні явища як:

- накопичення хімічних токсичних речовин у біоті;
- мікробіологічне забруднення;
- зниження біологічної продуктивності;
- прогресуюча ефтрофікація і виникнення мутагенезу та канцерогенезу;
- порушення стійкості екосистем.

Головними чинниками забруднення українського сектору прибережної зони Чорного моря являються:

1. річковий стік;
2. скиди промислових, побутових та каналізаційних стічних вод;
3. аварійні скиди нафтопродуктів при її транспортуванні танкерним флотом або підводними трубопроводами, морські платформи пошуку і розробки родовищ вуглеводнів, підводні викиди нафти та газу;
4. безпосереднє надходження забруднюючих речовин внаслідок господарської діяльності на шельфі;
5. атмосферні опади.

Чинники 1, 2 впливають на рівень забруднення територіального моря постійно, а 3-5 - епізодично, в залежності від характеру не прогнозованого збігу обставин природного і техногенного походжень.

Проведені в останні роки комплексні дослідження стану водних екосистем Чорного моря свідчать про суттєвий вплив на них антропогенних чинників. Як наслідок, морська вода й донні відкладення містять у різних концентраціях забруднюючі речовини, які найчастіше перевищують гранично допустимі й зустрічаються, найчастіше, в районах великих міст і, особливо, в устях великих річок.

Більше 60 відсотків забруднюючих речовин Чорного моря надходить із річковим стоком із усього басейну – території близько 20 країн індустріальної Європи. До цього додається військова

активність, морський і річковий транспорт, збільшення перевезень сирої нафти й нафтопродуктів, пошук та видобуток нафти й газу на шельфі. Вносить свій внесок у загальне забруднення морського середовища й вторинне забруднення, обумовлене накопиченням забруднюючих речовин у донних відкладах і придонних організмах. Дія перерахованих факторів за останні 30-40 років призвели до суттєвих змін стану основних екосистем Чорного моря. Основними джерелами антропогенного забруднення північно-західної частини Чорного моря в межах України є стік рік - Дніпра, Дунаю, Дністра й Південного Бугу, які вносять у море більше 296 км³ забруднених річкових вод. У північно- західну частину Чорного моря з річковим стоком надходить більше 80 % забруднюючих морське середовище речовин (мінеральні добрива, органічні речовини, нафтопродукти, промислові відходи). Значний внесок у формування забруднення моря приходить на скиди промислових підприємств, муніципальні стічні води, зливові й дощові

стоки з берегової прибережної водозбірної зони й забруднення морських вод у результаті судноплавства.

На якість прибережних вод Чорного моря впливають берегові джерела антропогенного забруднення й у першу чергу великі населені пункти на узбережжі. Так у прибережній частині України розташовані 21 приморське місто й близько 35 селищ міського типу. Внаслідок діяльності об'єктів комунального господарства цих населених пунктів у море надходить значна частина забруднюючих речовин.

На екологічний стан водних ресурсів Чорного моря немаловажливий вплив мають судноплавство й об'єкти морського транспорту України, розташовані в прибережній зоні Дунайського, Дніпро-Бугського й Чорноморсько-Азовського басейнів. Так, на цій території перебуває близько 20 морських портів і 7 судноремонтних заводів, які здійснюють вплив на морське середовище результатами своєї виробничої діяльності, що включає вантажно-перевантажувальні роботи, операції з нафтопродуктами, ремонт суден і ін.

Треба відзначити, що в акваторіях українських портів за останні роки відзначається тенденція по стабілізації вмісту нафтопродуктів на рівні ГДК.

У результаті діяльності портів, у донних відкладеннях портових акваторій відбувається регулярне нагромадження продуктів

антропогенного походження. В зв'язку зі зниженим кисневим режимом придонних шарів води знижується окисний потенціал, відбувається деградація хімічних сполук у донних відкладеннях. Так, у донних відкладеннях портів спостерігаються високі концентрації нафтопродуктів, важких металів, фенолів, СПАР, і інших токсичних з'єднань. Це приводить до вторинного забруднення морських вод в процесах днопоглиблювальних робіт і дампінгу. Варто враховувати, що одним з немаловажних джерел надходження забруднюючих речовин у прибережні райони є аварійні ситуації при вантажно-розвантажувальних роботах з нафтопродуктами й іншими речовинами в портах, а також аварійні скиди з очисних муніципальних споруд.

Основними компонентами забруднення моря є нафтопродукти. Вміст нафтопродуктів у відкритих частинах Чорного моря, в основному, нижче ГДК (0,05 мг/л). Найбільш чистим по вмісту нафтопродуктів протягом останніх років залишається регіон Великої Ялти, де концентрації нафтопродуктів постійно спостерігаються на рівні у два рази нижче ГДК -

0,02 мг/л. Рік у рік найбільш забрудненим районом прибережних вод Чорного моря по вмісту в морській воді нафтопродуктів залишаються Севастопольські бухти. Тут спостерігається перевищення рівнів ГДК у середньому в 2-3 рази, що обумовлено негативним впливом операцій з нафтопродуктами на судах, а також забрудненням моря з берегових об'єктів.

Значний вплив на стан прибережних вод Чорного моря в районах великих міст має поверхневий стік, особливо в періоди інтенсивного танення снігів і зливових опадів. Через відсутність централізованої зливної каналізації й очищення в деяких приморських містах цей стік транспортує в море нафтопродукти, феноли, тетраетилсвинець, бензпірени та інші [36].

3.3 Концентрація нафтових вуглеводнів в прибережних водах Чорного моря

Значні коливання концентрації нафтових вуглеводнів у просторі та часі в прибережних водах Чорного моря. Загальна тенденція для всіх регіонів - їх збільшення з зими до літа та більш високий рівень (на 20-40%) нафтових вуглеводнів у поверхневому шарі порівняно з дном. Забруднення нафти в Чорному морі досі не досягло масштабів екологічної катастрофи. Щороку море отримує від 80 до 100 000 тонн нафтових відходів або за іншими оцінками [4] від 130 до 170 000 тонн (65% при потоці з Дунаю та Дніпра, причому в тому числі Дунайські води в три рази більше, ніж з лише дніпровські води).

Основними джерелами цих відходів є промислові підприємства. Їх частка в загальному річному випуску вуглеводнів коливається від 60 до 90% залежно від розміру потоку. Крім того, до інших джерел нафтопродуктів відносяться перевезення морським транспортом в середньому 180 000 суден щорічно, внесок яких складає 12 000 - 15 000 тонн, а також скидання земельних ділянок, що містять 10 000 тонн нафтопродуктів на рік. Щороку внаслідок аварій на промислових підприємствах та за участю суден, неефективної експлуатації очисних споруд та завантаження робочих місць у портах відбувається нестримне вивантаження неочищених стічних вод, баласту та трюмних вод, що містять дуже велику кількість забруднюючих речовин. Ось чому найбільш забруднені райони включають великі порти та гавані, а також протоку Боспору. У Севастополі, Геленджику та Новоросійську є газоносні прилади, де заслуговують на особливу увагу, де надзвичайно високі рівні нафтопродуктів реєструються не тільки у воді, але і

в донних відкладах. Деякі місця в концентраті гавані Севастополя складають до 120 000 тонн нафти.

Оцінки на основі критерію забруднення води для Чорного моря показали, що Приморське узбережжя, прибережна смуга Криму та Північний Кавказ підпадають під категорію "забруднені" та "брудні". Прибережні води на березі Дніпра, у Каркініцькому та Каламіцькому бухтах, а також у відкритих районах північно-західної частини моря класифікуються як "дуже брудні".

3.4 Неоднорідність якості прибережних вод

Неоднорідність якості прибережних вод у космосі може бути пов'язана з комбінацією різних факторів (об'єм і концентрація поступаючих забруднюючих речовин, особливості зони шельфу, особливості циркуляції води). Насиченість шельфу в Краснодарському краї та доступність тут потоку Головного Причорномор'я, що йде практично уздовж берега, створює досить якісні прибережні води, незважаючи на великі обсяги та високу концентрацію забруднюючих речовин у стічних водах, що скидаються тут з узбережжя. На грузинському шельфі потік Головної течії дистанціюється від берега, а в прибережних краях утворюється квазістаціонарний антициклонський оборот, що сприяє накопиченню тут забруднюючих речовин і, як наслідок, погіршенню якості прибережних морських вод.

Ще більш несприятливою є ситуація у північно-західній частині моря, тому що це невелика площа, а вплив антропогенних факторів тут є найсильнішим. Екологічні умови в цьому регіоні в значній мірі залежать від хімічного складу рясного річкового потоку. Основними видами забруднення є вуглеводні, феноли та миючі засоби. З 1980-х років кількість біогенних речовин збільшилася в 2-5 разів.

Область шельфу проблема гіпоксії є досить гострою; зони з дефіцитом кисню формуються тут щороку. Тут можна виділити три основні зони гіпоксії: Дунай, Центральний та Одеський. Зростаюче забруднення північно-західної акваторії та висока смертність від риб за останні десятиліття спричиняє значне зменшення площі, в якій проживають цінні водорості філофори та мілководних мілини, зменшення загальної чисельності населення та біомаси багатьох губок, крабів, коштовних молюсків, креветок і дно риби. На шельфі болгарського узбережжя також формується

несприятлива ситуація. Більшість забруднених вод знаходяться у Бургасському бухті, де там скидають понад 100 000 м³ неочищених стічних вод на день, що містять до 13 тонн нафтопродуктів, 3 тонни аміаку, 22 тонни органічної речовини, що становить велику навантаження в цьому акваторія. Потрапляння стічних вод у бухту характеризується окислювальною токсичністю, що влітку може призвести до різкого зростання патогенної мікрофлори, спалахів ендемічних захворювань та морської міри. Середня концентрація нафтопродуктів у бухті може перевищувати МАК десятки разів.

У осінньо-зимовому періоді концентрація біогенних речовин збільшується в 1,5-2 рази, що викликає гіпертрофію екосистеми Бургасського затоки. Визначено, що забруднення вод затоки важкими металами значно перевищує норму. Висока інтенсивність антропогенного навантаження на екосистеми Чорного моря впливає, перш за все, на життєздатність організмів, що обмежуються фазовою взаємодією: прибережна зона, приповерхневі та придністрові шари води. Небезпечні екологічні наслідки забруднення Чорного моря виявляються у зменшеному популяції гідробіонтів, які раніше були поширені.

Найбільш поширеним типом забруднювачів у Чорному морі є фосфорні та азотні сполуки. Насправді, основними постачальниками цих речовин є води Дунаю і Дніпра (приблизно 80 і 600 тис. тонн). Вклад Дунаю для обох речовин у 12 разів вище, ніж у Дніпра [9]. Щороку вони привозять до Чорного моря до 30% від загального обсягу стічних вод. Внесок Краснодарського краю становить 20%, Південно-Західний Крим - 10%, Одеський і Чорноморський узбережжя Грузії - 5%. Рід біогенних речовин з узбережжя становить не менше 2%. Найбільша концентрація біогенних речовин зареєстрована в прибережних водах, а на морських узбережжях їх концентрації зменшуються. Тут порушується взаємозв'язок між різними формами біогенних речовин для моря в цілому, що призводить до забруднення шельфових зон нестабільними органічними речовинами та змінам фізико-хімічних властивостей морських вод. Збільшені накопичення біогенних речовин пов'язані з посиленням фотосинтезу та евтрофікації моря.

Чорне море отримує від 0,5 до 0,8 км³ неочищених стічних вод від промислових центрів та населених пунктів на узбережжі. Населення цих населених пунктів становить приблизно 17 мільйонів людей, плюс 4-5 мільйонів відвідувачів. Популяція розподіляється наступним чином:

Туреччина - 6,7 млн., Україна - 6,8 млн., Росія - 1,2, Болгарія - 0,7, Румунія - 0,6 та Грузія - 0,7 млн. дол [25].

3.5 Проблеми екосистеми - явище "червоних припливів" та їхні наслідки

Щорічно через річковий потік до моря надходить 2-4 км³ стічних вод. Річки Дунаю та Дніпра приносять близько 80% цього матеріалу. Частка відходів може складати 3-4% від загального обсягу річкових потоків. Крім того, приплив з Мраморного моря до Чорного моря щорічно приносить органічні забруднювачі, що містять 12 000 тон фосфору, 190 000 тонн загального азоту та 1 500 000 тонн органічного вуглецю. Прискорений оборот органічної речовини та біогенних елементів у циклі виробництва-знищення прибережних вод викликав надзвичайну ситуацію наприкінці 1970-х років. Це було явище, яке називається "червоними припливами", пов'язаними з розвитком Peridinean водоростей *Euxivella cordata* та інших, життєві продукти яких токсичні і можуть спричинити масові загибелі риби та інших тварин. "Червоні припливи" спостерігаються на північно-західній шельфі, включаючи рості Дунаю на болгарському узбережжі біля Варни та румунського узбережжя, де загальна маса перигідних водоростей може становити до 1 кг/м².

Наслідком цього "червоного припливу" є нагромадження в підводних водах надмірної кількості органічної речовини, утвореної внаслідок загибелі водоростей, які були задіяні в цвітіння. Кисень, розчинений у воді, використовується для окислення залишків мертвих фітопланктонів. Дефіцит кисню призводить до загибелі дна тварин, таким чином, створюючи додаткові джерела органічних речовин (вторинне забруднення), збільшення споживання кисню та виділення сірководню. В умовах дефіциту кисню смерть зообентосу та дна риби спостерігається на великих територіях. Таким чином, згідно з [6], в період з 1973 по 1980 рік у Чорному морі внаслідок недостатності кисню померло приблизно 60 млн. тонн дна тварин, у тому числі близько 5 млн. тонн риби.

Основним джерелом пестицидів в Чорному морі є сільськогосподарські угіддя. Рівень пестицидів у морській воді має ясний максимум навесні-восени, що співпадає з часом їх застосування в сільському господарстві. Відповідно до прийнятих норм морська вода взагалі не повинна містити органічних хлор. Але кожен рік Чорне море отримує понад 20

тонн та 1 тонну органічних пестицидів хлору з водами Дунаю та Дніпра, відповідно. Іншим джерелом є зрошувальні та дренажні води, широко використовувані на північно-західному та західному берегах моря. Таким чином, кожен рік до 1 км³ муніципально-дренажних вод потрапляють у затоки Каркінітського та Джарилгачське у північно-західній частині моря. Через передачу пестицидів як аерозолів, а в розчиненій формі більш високі концентрації часто спостерігаються за межами області шельфу.

Кілька тонн органічних продуктів хлору щорічно перевозяться через Керченську протоку до Чорного моря з Азовського моря, де їх середній вміст на порядок перевищує Чорне море. У 90-х роках підвищений вміст деяких видів пестицидів був зареєстрований поблизу таких портів, як Туапсе, Сочі, Новоросійськ, Анапа та Геленджик, де він перевищував МАК кілька разів. У Прикавказській прибережній зоні концентрації пестицидів складають 1,0 - 2,0 нг/л і більше (1993-1996 рр.). Вони мають нерівномірний розподіл, що формує лінзи з підвищеними концентраціями на деякій відстані від берега.

Поруч із Одесою, Севастополем та портами Грузії концентрація органічних продуктів хлору може досягати кількох десятків нг/л. Зони з більш високими концентраціями можуть бути знайдені як у прибережній зоні, так і на березі. У 90-х роках Чорне море щорічно отримувало до 1000 тонн фенолів з річковим потоком (80% і 20% від Дунаю та Дніпра, відповідно). Феноли також надходять з промислових стічних вод. Їх велика кількість постачається нафтопереробним заводом у Туапсе (близько 100 тонн токсичних речовин щороку). До моменту вивантаження до моря потрапляють до декількох десятків тонн фенолів. Рівень цієї токсичної речовини у водах річок, що протікають у північно-західній частині моря, в 4-5 разів перевищує МАК.

Середній вміст фенолу біля берегів Криму та Грузії становить 3-6 МАК, а максимумами, зареєстрованими за декілька років, досягають 20 МАК. В околицях Очакова та у Каркініцькій бухті рівень фенолу може бути таким же, як 17 -18 МАК, поблизу Одеси-14-16 МАК, при цьому максимально спостерігається в кілька років набагато вище. Щорічний вхід до Чорного моря миючих засобів становить в середньому 20 000 тонн. У цьому розмірі частка Дунаю становить понад 30%, Дніпра - до 20%, а промислові стічні води скидаються з берега близько 40%. Основним постачальником миючих засобів, що надходять через промислові стічні води, є Одеська область, друге місце займає Краснодарський край. Незважаючи на нижчий рівень миючих

засобів у потоках Дунаю та Дніпра, північно-західна частина Чорного моря залишається найбільш напруженою територією. Уздовж Південного берега Криму рівень миючого засобу перевищує МАК в 2-3 рази, а поблизу грузинського узбережжя він досяг декількох років 7 - 9 МАК. У північно-західній частині Чорного моря також змінилося природне середовище солоних лагун. За оцінками, було 14 лагун та лиманів, що охоплюють приблизно 1950 км². Так, у найбільшій Дніпровсько-Бугській лагуні інтенсивні меліоративні роботи в плавні (затоплені райони) і споживання прісної води для регулювання потоку Дніпра призвели до реструктуризації екосистеми, яка серйозно вплинула на біологічну проникність лагуни, переважно осетрів та частково полуядромная риба, і в деяких випадках була відповідальна за загальну загибель фауни у водах. У 80-ті роки значно зросла частка сільськогосподарських стічних вод у загальному забрудненні Дніпровсько-Бугського та інших лагун.

3.6 Концентрація важких металів у Чорному морі

З точки зору небезпеки для життя морських організмів важкі метали поступаються лише пестицидам. Щорічно Чорне море отримує 300 кг ртуті, 290 тонн кадмію, 400 тонн міді, 2200 тонн свинцю та 14200 тонн цинку з природних джерел. Але основними джерелами забруднення важких металів є теплотехніка, морський та автомобільний транспорт, морські порти, судноремонт та нафтопереробні роботи, муніципальні очисні споруди, сільське господарство та демпінг. Важкі метали вносяться з річковими потоками; побутові та промислові стічні води значно впливають на прибережні райони. Річкові води, забруднені міддю, цинком і свинцем, надходять у Чорне море з Кавказького вододілу. Важкі метали також потрапляють в поверхневу плівку морської води через осадження аерозолу. Тяжкі метали посідають друге місце лише до органічних пестицидів хлору та друкованих плат з точки зору їх негативного впливу на якість води та біологічні спільноти.

У шарі поверхневих вод у шельфі Чорного моря розчинні форми важких металів розподіляються нерівномірно. У більшості випадків смуги з їх максимальною концентрацією розтягуються уздовж берега, утворюючи окремі лінзи. У затоках Геленджик та Цемесс рівень цинку перевищує 15 / 1 або втричі вище, ніж МАК. Концентрації міді, кобальту, нікелю та свинцю в

бухті Геленджик такі ж, як і на полиці. Затока Цемесс піддається більш інтенсивному антропогенному навантаженню, хоча більш високі концентрації важких металів зустрічаються лише поблизу джерел забруднення (рівні міді та нікелю перевищують МАК два рази, а цинк перевищує МАК в 9-10 разів). Більш високий вміст ртуті (до 30-50 мг/л) зареєстровано в шарі 50-100 м. Середня концентрація розчиненої ртуті становить 5 -14 мг/л. Нижніх опадів у прибережній зоні моря можуть бути забруднені мідь, цинк, нікель і кадмій. Найбільш високі рівні токсичних важких металів зустрічаються в гирлах річок. Дощові відкладення у Чорному морі мають високий рівень ртуті - від 0,28 до 0,40 мг/л. У прибережних водах Краснодарського краю рівень ртуті становить 0,15-1,55 мг / л, а його максимальні концентрації зареєстровані в районах Дунаю і Дніму. Тільки Дунай приносить щорічно до 50-60 тонн ртуті, а Дніпро приносить до 5 тонн. Розподіл важких металів у донних відкладах на російській шельфі Чорного моря неоднорідний.

3.7 Важкі метали у ґрунті та їхній вплив на морське середовище

Навколишнє середовище Чорного моря сильно постраждало від поховання в море різних матеріалів та речовин, зокрема, земля, вирощена під час днопоглиблювальних робіт, свердла, промислові відходи, будівельні сміття, тверді відходи, вибухові речовини та хімікати. Скидання в морі базується на думці, що морське середовище здатне "перетравлювати" органічні та неорганічні речовини, що не спричиняють спричиненої шкоди їй. Проте така здатність морської води не є нескінченною, отже, процес скидання повинен відповідати жорстким правилам.

Вивантаження земель під час проведення днопоглиблювальних робіт у портах та підхідних каналах викликає серйозне забруднення прибережних водних територій. Основними ділянками днопоглинання є акваторії в порту Керч з під'їзним каналом та Керч-Єнікальським каналом. Вивантажена земля являє собою суміш землі з токсичними забруднювачами, які є дуже небезпечними для екосистеми. Вони впливають на видовий склад і популяцію різних груп планктонного співтовариства, сильно пошкоджують іхтіофауну шляхом знищення кормової бази, викликають руйнування нерестових зон та зменшення площ жирів; це спостерігалось в прибережних районах Дунаю та Дніпра. Таким чином, після посилення землевідводу в

Керченській протоці зменшилася кількість оселедців, які прибули в період сезонної міграції в зони традиційної риболовлі, що призвело до різкого скорочення вилову, тоді як у 1990-х роках населення селяни повністю втратило комерційну значимість дампінгу також впливає на бентогенні організми.

Знищення матеріалів та посилення мутності води, що зберігається протягом тривалого періоду в нижньому дна, викликає асфіксію та загибель бентосу. У Чорноморському басейні річний скидання землерийних матеріалів у 1970-80-х роках становив 7-13 млн.т, що становило 30-35% від загального обсягу скидів у море на колишньому Радянському Союзі, тоді як в даний час він знизився до 10%. У прибережній зоні Чорного моря днопоглиблення, буріння, скидання та аграрне оброблення піску запобігають нормальному відтворенню біоресурсів у їх середовищах існування та нормальному функціонуванню цінних рекреаційних зон.

4 СУЧАСНИЙ СТАН ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

Стисла характеристика північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) наведена вище. У цьому розділі наведені більш детальні дані щодо особливостей рельєфу, донних відкладів, кліматичних і гідрологічних умов, факторів розвитку процесів евтрофікації та закономірностям просторово-часового розподілу забруднюючих речовин.

4.1 Матеріали та методи розрахунку вмісту тяжких металів у ґрунтах

Осереднені значення досліджуваних параметрів оброблені методом лінійної інтерполяції і приведені до центрів квадратів, які ранжувалися за гідрологічним ознаками [2]. Загальна кількість досліджуваних параметрів 5417. Дослідження проводилися при різних гідрометеорологічних умовах, в різні сезони року.

Проби ґрунту відбирали дночерпателем Петерсена з площею захоплення 0,1 м². Проби води для визначення вмісту зваженого речовини заморожувалися. Визначення проводили стандартними методами відповідно до [7, 8, 10-12]. після розморожування та фільтрації проб через мембранні фільтри з розміром пор 0,45 мкм.

4.2 Концентрація нафтопродуктів у Чорному морі

Процесу антропогенного евтрофування у чорноморському шельфі присвячені численні публікації у вітчизняній і зарубіжній літературі [13, 31 - 32].

Крім цього негативного явища, зі стоком рік і прибережних міських агломерацій виноситься значна кількість ЗР. У процесі седиментації відбувається акумуляція зважених речовин у донних відкладах, що посилює негативні зміни умов середовища існування бентосу. З цієї причини в даній роботі зроблено спробу розглянути дане питання з використанням доступних літературних і ретроспективних даних, а також провести аналіз

інтенсивності надходження, накопичення та мозаїчності розподілу ЗР, у тому числі ВМ, НП у ПЗЧМ.

Вплив ЗР на біоту і якість водного середовища також широко відображені в науковій літературі, тому оцінку ступеня забрудненості донних відкладів північно-західного шельфу Чорного моря шельфу слід вважати достатньо актуальною проблемою. Осереднені значення досліджуваних параметрів оброблені методом лінійної інтерполяції і приведені до центрів квадратів, ранжируваних за гідрологічними ознаками рис. 4.4. Сумарна кількість даних спостережень включає 5417 параметрів.

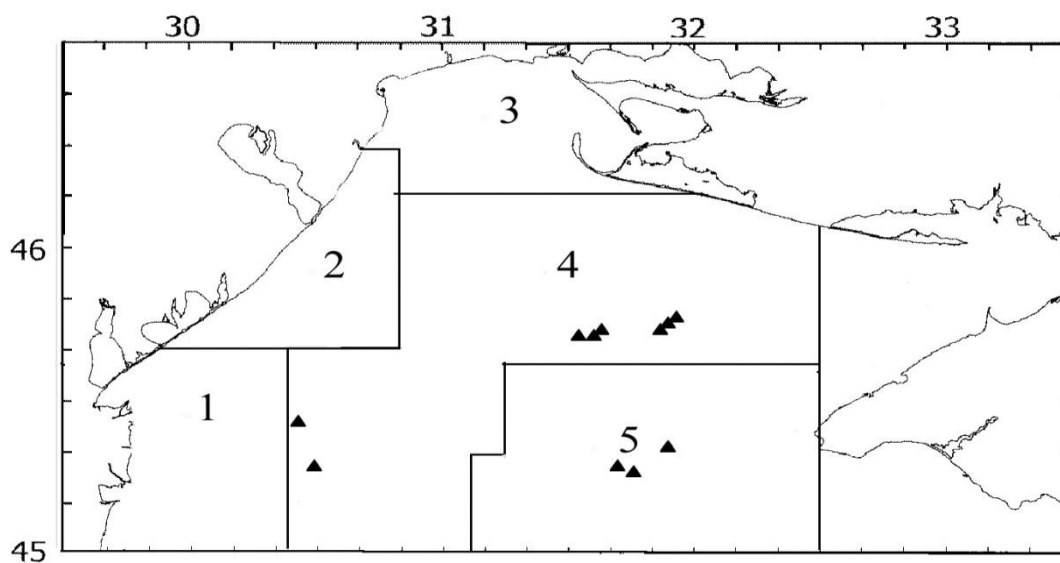


Рис. 4.2.1 - Схема районування ПЗЧМ [33]

З урахуванням просторово-часової дискретності даних виконано усереднення сукупності значень концентрацій ЗР в донних відкладах ПЗЧМ, що дозволило отримати певну міжрічну динаміку, яка характеризується наявністю трендів і тенденцій (табл. 4.2, 4.3).

Таблиця 4.2.1 - Середні концентрації нафтопродуктів у ПЗЧМ в літний період 1991 – 2013 рр.

| Поллютант, мг/кг | Регіон | | |
|------------------|------------|---------------|---------------|
| | Дунайський | Дністровський | Відкрите море |
| Нафтопродукти | 197,5 | 330,0 | 152,5 |
| Феноли | 0,82 | 0,34 | 0,50 |

Таблиця 4.2.2 - Мінливість природного геохімічного фону нафтопродуктів у ПЗЧМ

| Поллютант, мг/кг | 1985 р. [35] | 1991 – 2013 рр. |
|------------------|--------------|-----------------|
| Нафтопродукти | 200 | 200 |
| Феноли | - | 0,56 |

В якості вельми значущого негативного інгредієнта водних екосистем слід відзначити зростання рівня концентрацій НП в воді і в донних відкладах ПЗЧМ. Згідно [34] для фонових величин, характерні значення періоду 1980-х років для незабруднених районів Азово-Чорноморського басейну становлять 200 мг/кг сухої ваги відкладу. Найменш забруднена при цьому була його центральна частина. Максимум НП становив 1000 мг/кг. У період з 1992 по 2012 рр. не відзначено перевищення над фоновими значеннями концентрацій в цілому по ПЗЧМ, проте тенденція зростання НП досить стабільна і надалі слід очікувати збільшення їх фонових значень [38]. У сучасний період найбільші значення відзначаються в гирловій області Дністра (понад 300 мг/кг), слід іде гирлова область Дунаю зі значеннями трохи нижче за 200 мг/кг - 198 мг/кг.

Придніпровсько-Бузький район і Одеська затока характеризуються найменшими значеннями : до 140 мг/кг. Центральна частина (квадрати 4, 5) акваторії - зі значеннями концентрацій від 150 до 180 мг/кг. Слід зазначити, що гирлова область Дунаю відрізняється високими показниками забруднюючих речовин, що зумовлено їх виносом зі стоком Дунаю, процесом седиментації завислих речовин і акумуляцією в донних відкладах [38].

На пригирловому узмор'ї Дунаю було проведено порівняння середніх концентрацій ЗР за окремі періоди з 1993 по 2013 рр. за даними румунських

та українських дослідників [38, 39]. При цьому були використані середні значення величин для всієї ділянки румунського узмор'я Дунаю, наведених у [40] для окремих ділянок узмор'я Дунаю між рукавами Суліна і Святого Георгія.

Результати узагальнених даних представлені в табл. 4.1.3

Таблиця 4.2.3 - Середні концентрації нафтопродуктів у донних відкладах Дунайського регіону

| ЗР, мг/кг | Роки | | | | |
|----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| | 1993 – 1997 | 1995 – 2000 | 1995 – 2000 | 2001 – 2002 | 2011 – 2013 рр |
| | українська частина [39] | українська частина [34] | румунська частина [41] | румунська частина [20] | українська частина [39] |
| Нафто-продукти | 1800 | 142,9 | - | - | 285 |
| Феноли | - | 0,44 | - | - | 0,60 |

Отже, можна відзначити, що на узмор'ї Дунаю часова динаміка концентрацій НП в ґрунтах, певною мірою, відображує техногенне навантаження за тривалий 30-літній період, принаймні, в українському секторі. Якщо в період з 1993 по 1997 рр. концентрації явно відображали ефект активного судноплавства і досягали високих значень - 1800 мг/кг, то в подальшому, за відсутності судноплавства (з 1994 по 2005 рр.) концентрації нафтопродуктів різко зменшилися і склали лише 142,9 мкг/кг.

На даний період концентрації дещо збільшилися (до 285 мг/кг), що, можливо, пов'язано з початком і подальшій експлуатації суднового ходу по рукаву Бистрий.

Найбільша концентрація нафтопродуктів спостерігалася у Галиценському родовищі та 360 мг/кг Одеському родовищі. Якщо брати загалом тоді середня концентрація по полігону нафтопродуктів складає 240 мг/кг, що відповідає нормі третього класу за класифікацією якості ґрунтів [14].

Просторовий розподіл фенолів досить неоднорідний. Максимальний вміст фенолів - 0,82 мг / кг відзначено на ст. 46 (Одеське родовище), а мінімальне <0,3 мг / кг - в північно-західній частині акваторії. Середнє значення фенолів по акваторії склало 0,39 мг / кг, що відповідає класу якості 4 - «низька якість».

4.3 Еволюція концентрації нафтопродуктів за 20 років у донних відкладеннях Чорного моря

Як вельми значущого негативного інгредієнта слід зазначити нафтопродукти (НП) (Рис. 4.3.1). Накопичення НП відбувається досить інтенсивно. Фонове значення, характерне в період 80-х років для незабруднених районів Азово-Чорноморського басейну становило 200 мг / кг сухої ваги. Найменш забруднена при цьому була його центральна частина.



Рис. 4.3.1 - Часовий хід концентрації нафтопродуктів (мг/кг) у донних відкладеннях Чорного моря

Максимум НП становив 1000 мг / кг. У період з 1992 по 2012 рр. не відмічено перевищення над фоновими значеннями концентрацій для північно-західного шельфу, однак тенденція зростання НП досить стабільна і в подальшому слід очікувати збільшення фонових значень.

Найбільш високі усереднені значення НП відзначаються в гирлової області Дністра (понад 300 мг / кг), потім слід гирлова область Дунаю зі значеннями трохи нижче 200 мг / кг (198 мг / кг). Придніпровсько-Бузький район і Одеську затоку характеризуються найменшими значеннями - до 140 мг / кг. Центральна частина (Рис. 4.1, квадрати 4, 5) акваторії - з концентраціями від 150 до 180 мг / кг.

4.4 Поліциклічні ароматичні вуглеводні у Чорному морі

У відповідності зі станом довкілля та нормами екологічної безпеки рекомендується визначати 16 пріоритетних поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), також 6-ти ефірофталатної кислоти для включення в список контрольованих препаратів. Леткі стійкі органічні ЗР характеризуються канцерогенним, мутагенним, тератогенним і гепатотоксичними ефектами. Вони здатні накопичуватися в ліпідних тканинах живих організмів і спровокувати різні серйозні захворювання. ПАВ є сумою 16 певних індексів - від низькомолекулярних ПАВ (2-3 кілець) до високомолекулярних ПАВ. Різними міжнародними угодами, близько 60 хімічних речовин внесені в списки, які обмежують їх поширення і вимагають обов'язкового контролю за їх вмістом в навколишньому середовищі. Група стійких органічних забруднюючих речовин була відокремлена у «брудну дюжину», зокрема: альдрін, ендрін, дільдрін, мірекс, ДДТ, гексахлорбензол, ГПВ-хлор, токсафен, хлордан, поліхлоровані біфеніли, дибензо-п-діоксини та дібензофурані. Найбільший відсоток поліциклічних ароматичних вуглеводнів був зафіксований у донних відкладах в області, що знаходиться під безпосереднім впливом в українській частині дельти Дунаю, в рукавах Бистрий і Старостамбульський (6,15 і 8,58 відповідно). Це є наслідки полягає в прямому впливу антропогенних джерел забруднення на ці області. Мінімальне значення індексу ПАВ (4,72 – 6,28) зафіксоване для відкритої частини моря [41].

4.5 Концентрація нафтопродуктів у портах

У ПЗЧМ знаходиться ряд портів України. До них відносяться Одеський, Іллічівський і порт Південний локалізовані в межах Одеської промислово-міської агломерації. Порт Білгород-Дністровський розташований в Дністровському лимані. Чотири порти розташовані на Дунаї. Це порт Усть-Дунайськ, на узбережжі Жебріяньської бухти, порти Кілія, Ізмаїл та Рені. На північному березі Джарилгацької затоки знаходиться порт Скадовськ. На акваторії Дніпро-Бузького лиману розташовані порти Миколаїв, Херсон, Октябрськ, Дніпро-Бузький.

Протягом усього узбережжя від Дунаю до Очакова, де розташовані основні українські порти, спостерігаються піщані мілини. Ці ландшафтні

комплекси схильні до значних змін в сучасних умовах інтенсифікації активності баричний утворень над Чорним морем, зростання рівня моря, збільшення потужності штормів.

Донні опади портів в значній мірі схильні до забруднення особливо в портах з обмеженим водообміном. Так, в концентрації нафтопродуктів Одеському та Іллічівському портах досягають 6000 мг / кг, а в порту Південному - до 1900 мг / кг. Високі концентрації нафтопродуктів на дні привели до майже повної деградації донних компонентів їх екосистем. Будівництво причалів, молів, хвилеломів і днопоглиблення тягнуть спрощення донних біотопів і відома їх до більш-менш однотипному мулистому піщаному дну з іншого боку створює штучні тверді субстрати [42].

ВИСНОВОК

Під впливом антропогенної і природної евтрофікації вод на акваторії ПЗЧМ відбулися істотні зміни у гідрохімічному, гідрологічному та газовому режимах, у фізико-хімічних і продукційно-деструкційних процесах, загострюються процеси придонної гіпоксії і наступні замори. З огляду на незворотність цих процесів (незважаючи на деяке послаблення антропогенного стресу на екосистему в останні роки), можна припустити, що такі негативні явища, як гіпоксія, і в найближчі роки будуть продовжуватися, а часові і просторові масштаби і особливості цього явища будуть, очевидно, визначатися гідрометеорологічними умовами року.

Отже, можна відзначити, що на узмор'ї Дунаю часова динаміка концентрацій нафтопродуктів в ґрунтах, певною мірою, відображує техногенне навантаження за тривалий 30-літній період, принаймні, в українському секторі.

На даний період концентрації дещо збільшилися (до 285 мг/кг), що, можливо, пов'язано з початком і подальшої експлуатації суднового ходу по рукаву Бистрий.

Накопичення нафтопродуктів відбувається досить інтенсивно. Фонове значення, характерне в період 80-х років для незабруднених районів Азово-Чорноморського басейну становило 200 мг/кг сухої ваги. Найменш забруднена при цьому була його центральна частина.

Максимум нафтопродуктів становив 1000 мг/ кг. У період з 1992 по 2012 рр. не відмічено перевищення над фоновими значеннями концентрацій для північно-західного шельфу, однак тенденція зростання НП досить стабільна і в подальшому слід очікувати збільшення фонових значень.

Високі концентрації нафтопродуктів на дні привели до майже повної деградації донних компонентів їх екосистем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря* НАН Украины. Севастополь: Морской гидрофизический институт, 2011 – 212 с.
2. *Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий. Монография.*//Научный редактор Е.А. Позаченюк. – Симферополь. Бизнес-Информ, 2009. – 672 с.
3. *Фесюнов О.Е. Геоэкология северо-западного шельфа Черного моря.* - Одесса. Астропринт. 2000. – 100 с.
4. *Чернякова А.П. Типовые поля ветра Черного моря.* – Сб. работ БГМО ЧАМ 1965. Вып. 3, с. 78 – 131.
5. *Михайлова Э.Н., Шапиро Н.Б. Моделирование распространения и трансформации речных вод на северо-западном шельфе и в глубоководной части Черного моря.* - Мор. гидрофиз. журн. - 1996. - № 3. - С. 30 - 40.
6. *Белокопытов В.Н. Климатическая изменчивость плотностной структуры Черного моря.* - Український гідрометеорологічний журнал. № 14, 2014. С. 227 - 235.
7. *Tolmazin, D. (1985a), Changing coastal oceanography of the Black Sea, I, Northwestern Shelf, Prog. Oceanogr., 15. – P. 217-276.*
8. *Доценко С.А. Сезонная изменчивость основных гидрологических параметров в Одесском регионе северо-западной части Черного моря.* - Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа - Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. - 2002. - Вып. 6. - С. 47 – 57.
9. *Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее.* – НАН Украины, МГИ. Севастополь, 2006. – 210 с.
10. *Андрианова О. Р. Многолетние колебания уровня Мирового океана: тенденции и причины.* – Одесса: Астропринт, 2014. – 160 с.
11. *Рева Ю.А. Межгодовые колебания уровня Черного моря.* - Океанология – 1997.- 37, № 2 - С. 211 – 219.
12. *Берлинский Н. А. Механизм формирования придонной гипоксии в шельфовых экосистемах.* - Водные ресурсы. – Москва, 1989. – №4. – С. 112–121.
13. *Зайцев Ю. П. Северо-западная часть Черного моря, как объект современных гидробиологических исследований.* - Биология моря. – 1977. – Вып. 43. – С. 3–6.
14. *Толмазин Д.М. и др. Анализ гидрологических и гидрохимических факторов формирования гипоксии в междуречье Дунай – Днестр.* - Биология моря. – 1977. – Вып. 43. – С. 7–11.
15. *Толмазин Д.М. Гидролого-гидрохимическая структура вод в районах гипоксии и заморозов в северо-западной части Черного моря.* - Биология моря. – 1977. – Вып. 43. – С. 12–17.
16. *Гаркавая Г.П., Буланая З.Т., Богатова Ю.И. Биогенное вещество и кислород в придунайских водах Черного моря.* – Мат. XX международн. конф.по изучению Дуная. иев : Наукова думка, 1982. – С. 81–84.

17. Гаркавая Г.П., Буланая З.Т., Богатова Ю.И. Современные источники эвтрофирования северо-западной части Черного моря. Биогенное вещество и кислород в придунайских водах Черного моря. - Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. – Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2001. – № 3(14) – С. 188–189.

18. Берлинский Н.А., А. Н. Косарев А.Н., Кураев А.В., Богатова Ю.И. Придонная гипоксия на северных шельфах Черного и Каспийского морей как фактор эвтрофирования. Тез. докл. 4-я конф. «Динамика и термика водохранилищ и прибрежной зоны морей» - М., 2004. – С. 196–199.

19. Оксуюк О.П., Журавлева Л.А., Ляшенко А.В. и др. Характеристики качества водной среды украинской части Дуная (основные параметры). - Гидробиологический журнал. – 1992. –Т. 28, №6. – С. 3–11.

20. Alexandrov B., Berlinsky N., Bogatova J. at all. The Danube role in the Black Sea contamination. Problems of regional seas 2001. - The International Symposium on the Problems of Regional Seas, 12 – 14 May 2001, Istanbul, Turkey: proceeding. – Istanbul, 2001. – P. 64–75.

21. Харченко Т.А., Тимченко В. М., Іванов О.І. та ін. Екологічні проблеми пониззя Дунаю, біорізноманіття та біоресурси озерно-болотного ландшафту дельти. – К.: Вид-во Інтерекоцентру, 1998. – 92 с.

22. Харченко Т.А., Ляшенко А.В., Башмакова И.Х. Биоразнообразие водных ценозов и качество воды низовьев Дуная в пределах Украины. - Гидробиол. журн. – 1998. – Т. 34, № 6. – С. 45–65.

23. Харченко Т.А., Ляшенко А.В., Башмакова И.Х. Ретроспективный анализ качества воды низовьев Дуная. - Гидробиол. журн. – 1999. – Т. 35, № 6. – С. 3–16.

24. Тимченко В. М. Взвешенное вещество Дуная и придунайских водоемов. - Гидробиологические исследования придунайских водоемов: Сб. науч. трудов. – К. : Наукова думка, 1987. – С. 3–14.

25. Гаркавая Г.П., Буланая З.Т., Богатова Ю.И. Многолетняя динамика биогенных веществ Килийского гирла Дуная. - Другий з'їзд гідроекологічного товариства України, 27–31 жовтня 1997: тези доповідей. – К., 1997. – Т. I. – С. 23–24.

26. Рясинцева Н.И., Саркисова С.А., Савин П.Т. и др. Особенности распределения загрязняющих веществ и продукции органического вещества фитопланктона в приустьевой зоне реки Дунай. - Экосистема взморья украинской части дельты Дуная [отв. ред. Л. В. Воробьева]. – Одесса: Астропринт, 1998. – С. 63–111.

27. Garkavaya G.P., Bogatova J.I., Bulanaya Z.T. Dynamics of nutrient substances in the Kiliya delta of the Danube in conditions of reduced and regulated runoff. - 32 Konferenz der L.A.D. Limnologische Berichte Donau: proceeding. – Wien, 1997. – P. 37–42.

28. Романенко В.Д., Даубнер И. Лимнологические проблемы Дуная и их международное решение. - Гидробиологический журнал. – 1989. – Т. 25, № 2. – С. 3–8.

29. Біорізноманітність Дунайського біосферного заповідника, збереження та управління. – Київ: Наукова думка, 1999. – 704 с.

30. Берлинский Н.А., Дыханов Ю.М. К проблеме формирования придонной гипоксии в северо-западной части Черного моря. - Экология моря. – 1991. – Вып. 38. – С. 11–15.
31. Berlinsky N., Yu. Bogatova Yu., Garkavaya G. Estuary of the [in]: The Handbook of Environmental Chemistry. Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg 2006, 5, Part H (Estuaries), 23-264.
32. Gomoiu M-T. New Approaches in the Assessment of the Black Sea Ecosystems Geo-Eco-Marina 9-10, 2003-2004. National Institute of Marine Geology and Geocology Modern and Ancient Fluvial, Deltaic and Marine Environments and Processes Proceedings of Euro. EcoGeoCentre, Romania.
33. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря // ЗАТ «Віпол», Київ. 1998. – 616 с.
34. Панкратова Т.М., Себах Л.К., Финкельштейн М.С. Оценка распределения и пути миграции тяжелых металлов в экосистеме Каркинитского залива. Труды Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии. 1994. Т. 40, С. 150 – 156.
35. Геология шельфа УССР Литология — Киев: Наукова думка, 1985. 189 с.
36. Единая государственная система информации об остановке в Мировом океане (ЕСИМ Unified state system of information about OS-SETTING in the world's oceans). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://esimo.oceanography.ru/esp2/index/index/esp_id/10/section_id/8/menu_id/4065
37. Себах Л.К., Панкратова Т.М. , Оценка загрязненности Черного и Азовского морей в современных антропогенных условиях. Труды Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии 1995. Т.41. С.91 – 93.
38. Рясинцева Н.И., Саркисова С.А., Савин П.Т., Секундяк Л.Ю. Особенности распространения загрязняющих веществ и продукции органического вещества фитопланктона в приустьевой зоне реки Дунай. - Экосистема взморья украинской дельты Дуная. Одесса, Астропринт, 1998.с. 63 - 11.
39. Ungureanu Viorel Gh., Popescu Rodica, Stănică Adrian, Axente Valerica, MiluConsuela // Metals in the Danube river suspended sediments at the mouth of the Sf. Gheorghe distributary / GEO-ECO-MARINA 9-10/2003-2004, Romania.
40. Oaie Gheorghe, Secieru Dan, Szobotka Ștefan, Stănică Adrian, Soare Romero //Pollution state of sediments dredged from the Sulina distributary and their influence to the Danube delta front area / GEO-ECO-MARINA, 4/1999. P 37 – 41.
41. Tsybalyuk K.K. Den'ga Y.M., Berlinsky N.A., Antonovich V.P. Determination of 16 priority polycyclic aromatic hydrocarbons in bottom sediments of the Danube estuarine coast by GC/MS , Geo-Eco-Marina, 2011, 17, 67-72.
42. Виноградов А.К., Богатова Ю.И., Синегуб И.А. Экосистема морских портов Черноморско-азовского бассейна (введение в экологию морских портов) Одесса. Астропринт. 2012 – 528 с.