

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Берлінський М.А., П'ятакова В.Ф.**

**ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕГІОНАЛЬНОЇ ОКЕАНОГРАФІЇ**

**Конспект лекцій**

Одеса  
Одеський державний екологічний університет  
2022

УДК 504.04  
Б 26

**Берлінський М.А., П'ятакова В.Ф.**

*Б 26* Екологічні аспекти регіональної океанографії: конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2022. 84 с.  
ISBN 978-966-186-196-0

В конспекті лекцій висвітлена історія дослідження природи Світового океану і базові понятійно-термінологічні дані щодо екологічних аспектів використання морського середовища. Розглянуті процеси, які протікають в морських екосистемах на прикладі Чорного моря, лиманів і пригирлових зонах Північного Причорномор'я. Запропоновано методичні підходи до оцінки збитків, які завдаються водному середовищу і біологічним ресурсам при різних видах антропогенної діяльності. Конспект лекцій призначений для бакалаврів освітньо-професійної програми «Гідрометеорологія».

**УДК 504.04**

*Рекомендовано методичною радою Одеського державного екологічного університету  
Міністерства освіти і науки України як конспект лекцій  
(протокол № 9 від 26.05.2022 р.)*

ISBN 978-966-186-196-0

© Берлінський М.А., П'ятакова В.Ф., 2022  
© Одеський державний екологічний університет, 2022

## ЗМІСТ

	УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ .....	4
	ВСТУП.....	5
1	ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ПРО МОРСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....	7
1.1	Сучасні тенденції використання морського середовища.....	7
1.2	Основні риси природи Світового океану.....	8
1.3	Особливості морських екосистем.....	9
1.4	Процеси, що протікають в морських екосистемах.....	10
2	ПРИРОДНІ РЕСУРСИ СВІТОВОГО ОКЕАНУ.....	14
3	ОСОБЛИВОСТІ ЕКОСИСТЕМИ ЧОРНОГО МОРЯ.....	19
3.1	Основні компоненти чорноморської екосистеми.....	19
3.2	Сучасні проблеми екосистеми Чорного моря.....	22
4	ЛИМАНИ І ГИРЛОВІ ОБЛАСТІ ПІВНІЧНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я.....	24
4.1	Сучасний стан екосистеми нижнього Дністра і Дністровського лиману.....	24
4.2	Гирлова область Дунаю.....	25
5	НЕНАВМИСНЕ ВСЕЛЕННЯ ЧУЖОРІДНИХ ВОДЯНИХ ОРГАНІЗМІВ З БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ СУДЕН.....	47
5.1	Вивчення інтрузії водяних організмів (на прикладі акваторії Одеського порту).....	48
5.2	Оцінка і зниження ризику занесення небезпечних водяних і патогенних організмів з судновими баластними водами: біологічний і судноплавний аспекти проблеми.....	51
6	МІНІМІЗАЦІЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ І РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....	57
6.1	Днопоглиблення і дампінг ґрунту.....	57
6.2	Розрахунок збитку, завданого водному середовищу і біологічним ресурсам.....	59
7	ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА НАФТОЮ І НАФТОПРОДУКТАМИ.....	62
7.1	Основні джерела надходження нафти і нафтопродуктів в Світовий океан.....	62
7.2	Закономірності трансформації нафтопродуктів в шельфовій зоні..	67
7.3	Вплив нафтопродуктів на гідробіонти.....	72
8	МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОД СВІТОВОГО ОКЕАНУ.....	78
9	ОХОРОНА МОРІВ І ОКЕАНІВ.....	78
	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	81

## УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ

ПЗЧМ – північно-західна частина Чорного моря

ГДК – гранично допустима концентрація

НП – нафтопродукти

ВМ – важкі метали

ЗР – забруднювальна речовина

ЗВР – зависла речовина

ПО – перманганатна окислюваність

ММО – міжнародна морська організація

ЧВО – чужорідні водяні організми

НВПО – небезпечні водяні і патогенні організми

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини

## ВСТУП

Світові тенденції розвитку використання морського середовища спричинили необхідність викладання спеціальних дисциплін, пов'язаних з дослідженням цього питання. Економічні процеси та явища, що характеризують стан і розвиток використання морського середовища як важливого об'єкту господарської діяльності, формулюють предмет дисципліни. В процесі вивчення курсу висвітлюються і розглядаються основні питання даної теми.

Багато наук вивчають морське середовище; серед них метеорологія, океанологія, геоморфологія, гляціологія і кліматологія. Кожна наука розглядає спеціальний аспект середовища і намагається окреслити специфічні проблеми, пов'язані з особливостями дисципліни. Так, метеорологи вивчають умови, що існують на поверхні суші і океану, і намагаються вивчати рух атмосфери. Фізики моря, розглядаючи існуючі атмосферні умови, намагаються вивчати рухи океану. Гідрологи намагаються передбачити запаси води в річках, озерах і підземних потоках за даними вимірювань опадів.

Але природа не визнає меж різних дисциплін. Процеси, що стабілізують в місці існування умови, сприятливі для життя, виходять за межі яких-небудь окремих областей знань. Розвиток організмів на Землі управлявся фізичними умовами місця існування.

У міру вивчення чинників, які стабілізували середовище на Землі, стане ясно, що океан відіграє основну роль. Він пом'якшує кліматичні коливання і надає стабілізуючої дії, оскільки його розміри дають можливість адсорбувати величезну кількість тепла і хімічних речовин незалежно від зміння умов на поверхні Землі. Одна з причин підтримки життя – переважання на Землі моря над сушею. У той час, коли річки і озера легко забруднюються, розміри океану дозволяють в ньому зберегти життя.

Термін «Світовий океан» ввів в науку радянський океанограф Ю.М. Шокальський. Під цією назвою він мав на увазі сукупність тієї водної оболонки Земної кулі, головною особливістю якої є солоність. Ці солоні води, що істотно відрізняються від прісних вод суші, стали виділяти в самостійну оболонку, звану іноді «галосферою». Її головною ознакою є високий рівень

мінералізації – до 3,5% або 35 г/кг розчинених речовин. Оскільки Світовий океан (галосфера) обмінюється речовиною і енергією з іншими середовищами, його розглядають як відкриту динамічну систему. Процесам обміну в Світовому океані властиве саморегулювання, направлене на підтримку природної рівноваги.

Проте сучасний рівень виробничої діяльності людей здатний порушити рівновагу, що склалася, а це може призвести до негативних для людини наслідків.

# 1 ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ПРО МОРСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ

## 1.1 Сучасні тенденції використання морського середовища

Океани і моря населяє багатий, різноманітний тваринний і рослинний світ, а їх підводні надра зберігають великі запаси корисних копалин. Океан є сферою мореплавання. Все це робить океани і моря життєво необхідними людині, і з часом ця необхідність зростатиме. Почате на зорі людської історії освоєння Світового океану – рибальство, збір молюсків, плавання суден в прибережних водах безперервно продовжувалося, посилювалося і розширювалося у міру розвитку техніки. Але особливо енергійно океан став освоюватися з кінця 40-х початку 50-х років ХХ століття. У ХХІ столітті освоєння Світового океану займе одне з центральних місць серед актуальних проблем взаємодії природи і суспільства.

Гігантське зростання виробництва на планеті в цілому змінює тепер зміст поняття «економічне освоєння океану». До останніх днів воно зазвичай трактувалося тільки як видобуток різних ресурсів і транспортне використання його вод. Але це лише один з аспектів економіки Світового океану. Її інший аспект пов'язаний з інтенсивним розвитком світового господарства, внаслідок чого морське середовище дуже широко і різнобічно залучається до виробничого процесу. Воно, наприклад, стало приймальником промислових і сільськогосподарських відходів. Перевищення природних концентрацій тих або інших речовин в морському середовищі вимагає вживання спеціальних заходів і відповідних витрат на його очищення і відновлення в ньому природної рівноваги.

До використання ресурсів Світового океану застосовний принцип стадійного підходу. На першій стадії антропогенної дії на морське середовище (використання ресурсів, забруднення і т.п.) порушення рівноваги в ньому усуваються завдяки процесам самоочищення. На другій стадії порушення, спричинені виробничою діяльністю, усуваються природним самовідновленням і цілеспрямованими заходами людини, що вимагають певних матеріальних витрат. Третя стадія передбачає відновлення і підтримку нормального стану морського середовища тільки штучними заходами із залученням технічних засобів. На цій стадії використання морських ресурсів потрібні значні капіталовкладення. Отже, сьогодні економічне освоєння океану включає не тільки використання його ресурсів, але і турботу про їх охорону і відновлення.

## 1.2 Основні риси природи Світового океану

До найбільш крупних форм Світового океану відносяться:

*Шельф* – звичайно мілководна морська тераса, що огортає материк і продовжує його під водою. В основному, це затоплена морем рівнина із слідами стародавніх річкових долин і берегових ліній, що існували при рівнях моря, нижчих за сучасні. Середня глибина шельфу 130 м, але в деяких районах вона досягає сотень і навіть тисячі метрів. Ширина шельфу в Світовому океані змінюється від десятків метрів до тисячі кілометрів. В цілому шельф займає близько 7% площі Світового океану.

*Материковий схил* – нахил дна від зовнішнього краю шельфу до глибин океану. Середній кут нахилу цього елемента рельєфу дна близько  $6^\circ$ , але є райони, де його крутизна збільшується до  $20-30^\circ$ . Іноді материковий схил утворює прямовисні уступи. Ширина материкового схилу зазвичай близько 100 км.

*Материкове підніжжя* - широка похила рівнина, розташована між нижньою частиною материкового схилу і океанічним ложем. Ширина може досягати сотень кілометрів.

*Ложе океану* – глибока (близько 4-6 км) і найбільш велика (більше  $\frac{2}{3}$  всієї площі Світового океану) область океанічного дна із значно розчленованим рельєфом.

*Океанська (морська) вода* є однорідним розчином, до складу якого входять 96,5% води, приблизно 3,5% солей, незначна кількість завислих твердих речовин, розчинених газів і органічних сполук. Кількісною характеристикою хімічного складу морської води служить солоність – маса (у грамах) твердих мінеральних речовин, що містяться в 1 кг морської води. За одиницю солоності беруть 1 г солей, розчинених в 1 кг морської води, і називають її проміле, позначаючи знаком ‰. Середня солоність Світового океану дорівнює 35,5‰, але по районах вона варіює в широких межах.

Океан постійно перебуває в русі, який спричиняється різними силами: космічними, атмосферними, тектонічними. Динаміка океанських вод проявляється в різних формах і здійснюється, загалом, у вертикальному і горизонтальному напрямках. Під впливом хвильоутворюючих сил Місяця і Сонця утворюються періодичні підвищення і зниження *рівня моря* – припливи і припливні течії. Вітер, що збурює водну поверхню, генерує *вітрові хвилі* і викликає переміщення поверхневих вод на великі відстані, формуючи, таким чином, *морські течії*. Для багатьох районів Світового океану характерний *апвелінг* – процес вертикального руху вод, в результаті



якого глибинні води піднімаються на поверхню. Він може бути викликаний вітровим згоном поверхневих вод від берега.

Всі організми, що населяють Світовий океан, підрозділяють на три основні групи: *планктон* – мікроскопічні водорості (фітопланктон) і найдрібніші тварини (зоопланктон), вільно ширяючи в морській воді. *Нектон* – риби і морські тварини, здатні самостійно активно пересуватися у воді. *Бентос* – рослини і тварини, що мешкають на дні океану.

Кількісна оцінка фауни і флори характеризується поняттями біомаси і біологічної продуктивності. *Біомаса* – це кількість живих організмів, виражена в їх сирій вазі на одиницю площі або об'єму (г/м<sup>2</sup>, г/м<sup>3</sup> і т.д.). *Біологічна продуктивність* – це швидкість відтворення живих організмів.

### 1.3 Особливості морських екосистем

Система взаємодій морських організмів з іншими, а також з морською водою і її фізичними і хімічними характеристиками складає морську екосистему. Компоненти екосистеми надані у таблиці 1.1.

*Основними типами морських екосистем є:* 1) відкритий океан (пелагічна частина); 2) води континентального шельфу (прибережні води); 3) райони апвелінгу (родючі райони з продуктивним рибальством); 4) естуарії (прибережні бухти, протоки, гирла річок, солоні марші і т.д.)

Таблиця 1.1 – Компоненти екосистеми (за Ч. Дрейком і ін. 1982)

Біотичні компоненти		Абіотичні компоненти	
Живі організми	Рослини тварини бактерії	Вуглекислий газ живильні речовини кисень вода та ін.	Фосфор азот кремній інші елементи
Біогенні залишки	Органічний детрит		

## 1.4 Процеси, що протікають в морських екосистемах

Основні процеси, що протікають в морських екосистемах:

*фотосинтез, живлення:*

- а) виїдання рослинних організмів,
- б) хижацтво,
- в) поїдання трупів,
- г) живлення донними відкладеннями,
- д) бактерійне розкладання;

*смерть,*

*регенерація живильних речовин (біогенів):*

- а) опосередкована (бактерійне розкладання),
- б) пряма (метаболічна регенерація);

*дихання.*

Трофічні рівні:

Бактеріопланктон + фітопланктон > зоопланктон (рослиноїдний) >

зоопланктон (м'ясоїдний) > риби (планктонофаги) > риби (хижаки)

Чинники, що контролюють продуктивність:

*Світло* – освітленість товщі води лімітується глибиною і, отже, обмежує фотосинтез. У прибережних водах проникнення світла на нижні горизонти додатково обмежується високим вмістом завислих речовин.

*Температура* – максимальна швидкість фотосинтезу досягається кожним видом водоростей лише в певному інтервалі температур.

*Живильні речовини* – океан не відчуває нестачі у вуглецю (двоокису вуглецю); отже, лімітуючим чинником можуть бути інші біогенні речовини, а саме: азот, кремній і фосфор. При цьому азоту потрібно більше, ніж фосфору, в рослинах співвідношення азоту і фосфору складає 16:1 (прибережні райони моря становлять виняток, оскільки там процеси регенерації азоту відбуваються повільніше за регенерацію фосфору).

*Виїдання* – співвідношення величин фіто- і зоопланктону є непостійним і коливається відносно деякого рівня рівноваги.

*Морські донні відкладення, як місце мешкання біологічних організмів.* Багато морських організмів з числа рослин і тварин протягом всього життя (або на певному відрізку часу) мешкають у водній товщі – пелагіалі. Їх називають пелагічними. Інші населяють дно – бенталь, їх називають донними, або бентичними. Більшість видів мешкають в тому і іншому середовищах, змінюючи їх в процесі індивідуального розвитку (найчастіше личинки – пелагічні, а дорослі особини – бентичні) або протягом доби

(увечері і вночі спливають на поверхню пелагіалі, а вранці повертаються на дно).

Дно відіграє важливу роль в житті водних організмів. Як місце існування (біотоп) різні ділянки дна відрізняються одна від одної: пісок, галька, камені, мул і т.д. Донний субстрат може бути твердим, рихлим, і володіти різними фізико-хімічними і гранулометричними властивостями.

Кожному типу ґрунту відповідають певні групи організмів, які пристосувалися в процесі еволюції до життя в умовах конкретної ділянки дна, або конкретного ґрунту. У біології і екології існує термін «біотоп». Це відносно однорідний за якістю життєвий простір певного співтовариства організмів – біоценозу. Біотоп чіткіше простежуються на дні водоймища, на різних типах ґрунту.

Окремим випадком бенталі є поверхні різних об'єктів, споруджених (або залишених людиною) на дні чи у водній товщі. Їх називають антропогенними субстратами, або антропогенними біотопами. Такими можуть бути різні гідротехнічні конструкції (бони, траверси, хвилеломи, пірси), а також штучні рифи, затонулі судна. Ці предмети бувають з каменя, бетону, металу, дерева і інших матеріалів. З часом їх поверхня покривається мікроорганізмами, водоростями, безхребетними тваринами, які на антропогенних твердих субстратах розвиваються успішніше, ніж на природному ґрунті. Іноді антропогенні субстрати можуть знаходитися у водній товщі або на її поверхні, наприклад, риболовні сіті, бакени, буї, підводні частини суден і ін. Вони також обростають морськими організмами.

У одних випадках обростання антропогенних субстратів є корисним для людини біологічним і екологічним процесом. За цим принципом функціонують штучні рифи і відбувається обростання колекторів установок для вирощування моллюсків. У інших випадках обростання – шкідливий процес, що створює серйозні проблеми в роботі морських водопроводів і в судноплаванні. Тому боротьба з обростанням підводних предметів складає одне з пріоритетних завдань у ряді галузей народного господарства.

*Крайові біотопи моря.* Нарівні з пелагіаллю і бенталлю, особливу категорію місць мешкання в морському середовищі складають крайові або контурні біотопи. Відомо, що крайові зони моря, в яких стикаються і взаємодіють морські, наземні і прісноводні співтовариства організмів, відрізняються *крайовим ефектом* – високою чисельністю живих істот.

Морський *нейстон* – набагато щільніше, ніж планктон у водній товщі скупчення організмів і зосередження на ранніх стадіях розвитку водних безхребетних і риб – ікринок, личинок, мальків, які саме в цьому біотопі знаходять сприятливіші умови для успішного розвинення і зростання. За цим специфічним біотопом закріпилася назва – *нейсталь*. Основні фізико-хімічні

процеси, що протікають в нейсталі, наступні: поглинання до 50% сумарної сонячної радіації в шарі 1–10 см, накопичення на поверхні моря неживої органічної речовини морського і наземного походження. Особливий механізм поповнення нейсталі органічною речовиною пов'язаний з бульбашками повітря. Виникають вони у водній товщі в результаті хвилювання, фотосинтезу і розкладання мертвих організмів. Проходячи крізь пелагіаль вгору, бульбашки адсорбують розчинені у воді органічні речовини і транспортують їх на поверхню. З дійсних і колоїдних розчинів утворюються частинки, або агрегати, хімічний склад і розміри яких роблять їх придатними харчовими об'єктами тваринних організмів.

Одним з екологічно важливих наслідків цього постійно протікаючого процесу є утворення піни. *Піна* – складовий елемент поверхневого біотопу пелагіалі. У піні міститься в десятки і сотні разів більше органічних і мінеральних речовин, чим у воді. Однак піна, спричинена забруднювальними речовинами, і насичена ними, для живих істот непридатна. Проте, морська піна, не забруднена шкідливими для живих істот речовинами, є біологічно активною речовиною.

*Просторово-часова мінливість продуктивності.* До районів з високою продуктивністю належать континентальні шельфи і зони апвелінга. На відносно мілководому шельфі вода краще прогрівається, сюди, в першу чергу, надходять багаті живильними речовинами річкові води. Запас біогенних речовин постійно поповнюється потоком мінеральних речовин які є результатом розкладання органіки в донних відкладеннях.

У відкритому океані величезні акваторії знаходяться в зоні антициклоніальних круговоротів – конвенгенцій, де відбувається опускання морських вод. Отже, живильні речовини, постійно опускаючись в нижні шари океану, лімітують розвиток тут продуктивності. У зонах апвелінгу відбувається протилежний процес – підйом збагачених живильними речовинами водних мас з нижніх шарів океану. При цьому на поверхні відбувається різке зростання продуктивності.

Крім того, глобальна система океанічних течій забезпечує висхідні потоки водних мас в приполярних областях Світового океану. Південна межа зон підвищеної продуктивності в обох півкулях співпадає з, приблизно, 50° широти. Висхідні потоки утворюються при розвитку конвективного переміщення в результаті руйнування сезонного термокліну. Ці два фізико-географічні чинники забезпечують підвищене надходження живильних речовин і, отже, продуктивність цих акваторій. Проте, у міру просування до полюсів, постійність низьких температур лімітує продуктивність.

Тимчасова – сезонна мінливість продуктивності - слідство реакції фітопланктонних організмів на коливання фізичних умов місця існування,

таких як освітленості, сили вітру і температури. Найбільші контрасти характерні для морів помірних широт. Унаслідок теплової інерції океану зміни температури поверхневих вод запізнюються щодо температури повітря, і тому в північній півкулі максимальна температура води спостерігається приблизно в серпні, а мінімальна в лютому. До кінця зими в результаті низьких температур вод і зменшення приходу сонячної радіації, проникаючої у воду, чисельність фітопланктону зменшується. В той же час, в результаті зимової вертикальної циркуляції і штормів відбувається інтенсивне перемішування і стовп води збагачується живильними речовинами, тобто разом з посиленням освітленості і прогріванням води відбувається підготовка до оптимальних умов розвитку фітопланктону з настанням океанічної весни.

Після весняного «спалаху» розвитку фітопланктону на початку літа настає зменшення чисельності фітопланктону, не зважаючи на оптимальні температурні умови. Це відбувається в результаті наступного: по-перше, біомаса фітопланктону зменшується з-за виїдання зоопланктону, що розвивається. По-друге, завдяки нагріву поверхневого шару води розвивається вертикальна стратифікація, що утрудняє вертикальне перемішування водних мас і, отже, винесення в поверхневі шари збагачених живильними речовинами глибинних вод.

### ***Питання для самоконтролю***

1. Хто запропонував термін “Світовий океан”?
2. Назвіть основні види ресурсів Світового океану.
3. У чому полягають сучасні проблеми морських екосистем?
4. Із яких основних форм складаються океани?
5. Яка солоність і її розподіл у океаносфері?
6. Перелічіть основні групи морських організмів.
7. Назвіть основні компоненти морської екосистеми.
8. Перелічіть основні екосистемні процеси.
9. Охарактеризуйте донні відклади, як середовище існування біоти.
10. Що таке крайові біотопи моря?
11. Що таке нейсталь?
12. Що таке морська піна?
13. У чому полягає просторова мінливість продуктивності?

## 2 ПРИРОДНІ РЕСУРСИ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

У океанах і морях мешкають численні види тварин і рослин, а їх води, береги, дно і надра мають в своєму розпорядженні великий арсенал необхідних людині елементів і речовин. Вся сукупність органічного світу і неорганічних компонентів утворює *природні ресурси Світового океану*.

*Біологічні ресурси* – це вся різноманітність рослин і тварин, що мешкають в океанах і морях. Проте, фактично, біологічними ресурсами служать лише ті групи і види його мешканців, залучення в господарську сферу яких економічно виправдане. В першу чергу, до ресурсів відноситься риба (до 80-85% нектона), головоногі молюски – кальмари (10-15%), ракоподібні – креветки, кити і ластоногі (менш 5%).

Серед зообентосу господарський інтерес представляють різні види двостулкових молюсків (мідії, устриці, гребінці), ракоподібних (краби, омари, лангуста). З планктонних співтовариств використовується криль. У Світовому океані спостерігаються високо- і малопродуктивні області. Найбільш високопродуктивні області Світового океану займають не більше 17% загальної акваторії, 63% акваторії Світового океану – малопродуктивні, 37% – біологічно продуктивні. Останні розташовані, в основному, на шельфі, периферії океанів і частково у відкритих водах, поблизу материкового схилу або над підняттями ложа океану.

*Промисловий вилов риби* по акваторії Світового океану здійснюється нерівномірно. За традицією найбільш розвинений промисел в північній (на північ від 30° п.ш.) зоні океану. У виловах переважають пелагічні види, оскільки підвищилися технічні можливості виловів. Останніми роками відмічене скорочення цінних видів, що пов'язано з їх переловом в попередні роки. За даними світової статистики в уловах переважають тріскові, оселедцеві і анчоусові групи.

*Здобич морських безхребетних*, з яких найбільш важливими є молюски і ракоподібні, постійно збільшується. Дуже цінним продуктом є устриця. Устриця поширена в тропічних і субтропічних зонах. В Україні, у Чорному морі, поселення устриці були відмічені в північно-західній частині. Звичайно устриці населяють прибережні ділянки і банки на глибинах до 6 м на мулисто-піщаному ґрунті. Мідії – найбільш поширений двостулковий молюск. Їх поселення щільним шаром покривають прибережні мілини, утворюючи прикріплені до скель колонії. Це широко поширений молюск і в Чорному морі. На глибинах 10-20 м їх біомаса може досягати 50-80 кг/м<sup>2</sup>. У багатьох країнах практикується штучне вирощування мідій.

*Здобич китоподібних і ластоногих* в даний час істотно обмежена. Проте, такі країни як Норвегія і Японія продовжують здобич китів, що йде в

розріз міжнародним нормам по охороні диких тварин і збереженню біологічної різноманітності. У Чорному морі з ластоногих відмічений тюлень-чернець. Останніми роками його популяція значно скоротилася. Окремі особини зафіксовані на мисі Тарханкут (Болгарія) і в гирлі Дунаю.

*Видобуток водної рослинності.* Прибережна зона моря опоясана чагарниками вищих водоростей. Налічується понад 4000 видів макрофітових водоростей. Вони підрозділяються на декілька груп: бурі – найчисленніші (ламінарія або морська капуста), червоніші (філофора), зелені (ульва) найменше поширені. У Чорному морі дуже важливим промисловим об'єктом була філофора. Філофора служить цінним біологічним харчовим препаратом. У центрі північно-західної частини моря було розташоване унікальне поле Зернова, назване на ім'я вітчизняного ученого, який виявив скупчення філофори. Сьогодні, із-за умов морської екосистеми, що погіршали, зокрема, пониження прозорості морської води, відмічене катастрофічне скорочення ареалу філофори. Друга ділянка філофори розташована в Каркінітській затоці. Стан рослин тут значно кращий, оскільки умови морської екосистеми сприятливіші. Це пояснюється віддаленням від джерел антропогенного навантаження, і, більш за все, впливу стоку річок із надмірною кількістю біогенних речовин, а також відсутністю мегаполісів на побережжі.

У сучасних умовах високого ступеня навантажень на морське середовище і як наслідок – скороченням видової різноманітності, важливою галуззю стає розвиток марікультури. До марікультури відноситься не тільки створення ферм для штучного вирощування моллюсків, але і культивація, і вселення риб, тварин та рослин. Останніми роками в Чорному морі хорошим акліматізантом став тихоокеанський пеленгас.

Останнім часом вводяться численні обмеження, направлені на охорону памолоді і риб, що нерестяться. На договірних началах стали обмежувати кількість виловлюваної риби. Іноді квоти вводяться непрямим чином, а саме: шляхом обмеження сезону промислу або встановлення певного розміру чарунок риболовних сітей. Після вилову деякої, наперед обумовленої кількості риби, промисел припиняють до наступного року.

Сучасні програми регулювання риболовецького промислу спрямовані на отримання «максимального стійкого улову», тобто на вилов найбільшої кількості риби, при якій, проте, не порушується відновлення її запасів. Для поповнення майбутнього запасу повинна залишатися достатня кількість зрілих самок; памолодь повинна охоронятися і виловлюватися по досягненні певних розмірів. Однак рибу вигідніше ловити зразу по завершенні фази максимального зростання, оскільки після досягнення зрілого віку вона дає менший приріст ваги порівняно з кількістю споживаної їжі.

*Мінеральні ресурси океану.* Ресурсом вважається накопичення в земній корі або на її поверхні твердих, рідких або газоподібних природних речовин в такій формі, яка допускає економічно вигідне їх видобування в даний момент або в майбутньому в якості промислової сировини. У цьому визначенні підкреслюються економічні аспекти використання ресурсу; якщо це використання виключається, то і немає підстав називати будь-яку речовину ресурсом.

У всіх прибережних районах океану, де населення так чи інакше відчуває брак прісної води, потенційно важливим ресурсом є сама морська вода. Крім того, значну потенційну цінність має ряд хімічних елементів і сполук, розчинених в морській воді. Головною перешкодою до використання служить їх низька концентрація. Проте, у будь-якому випадку опріснення морської води і добування з неї мінеральних речовин виключається за відсутності дешевих джерел енергії та з-за нерентабельності.

*Ресурси морського дна.* Сьогодні в багатьох країнах видобуваються міднопорфірові руди з середнім вмістом міді менше 1%; залізомарганцеві конкреції теж можна було б розглядати як потенційний ресурс, але поки що вони не знайшли застосування в господарській діяльності.

Фосфорити зустрічаються в багатьох районах континентальних закраїн. З моря видобувається дуже небагато фосфоритів, тому їх можна віднести до розряду потенційних ресурсів. Фосфорити утворюються із залишків живих організмів, у відкладеннях, що збереглися в твердих або рихлих породах. Порооди, що містять фосфор, зустрічаються переважно на таких ділянках побережжя, де в результаті швидких змін температури або солоності гинуть великі маси організмів і на дні з'являється достатньо багатой фосфором речовини, що розкладається. Фосфор широко використовується при виробництві добрив, різних реактивів і детергентів.

Найважливішою мінеральною сировиною, що видобувається сьогодні з морського дна, є будівельні матеріали – пісок, гравій і ракушняк. На континентальному шельфі щороку здобувається понад 40 млн. кубічних метрів піску і гравію.

*Паливно-енергетичні ресурси.* Вуглеводні – нафта і газ – поза сумнівом, є найціннішою мінеральною сировиною, що видобувається з порід морського дна. Сьогодні діють сотні морських свердловин. Добуток нафти і газу відноситься до однієї з найбільш гострих і актуальних проблем в даний час – забезпеченню всезростаючих потреб багатьох країн світу у паливно-енергетичних ресурсах. Планетарні поєднання басейнів з покладами є головними поясами нафтогазонакопичення Землі. Геологи встановили, що існує комплекс природних передумов, сприятливих для розвитку великомасштабних процесів нафтогазоутворення і нафтогазонакопичення.



Істотна особливість сучасних морських нафтопромислів – їх розміщення в межах шельфу. Добуток нафти ведеться, головним чином, до глибин 200м.

На даний момент утворилося декілька найбільших центрів підводних нафторозробок, які визначають рівень видобутку нафти в Світовому океані.

Перший – у Персидській затоці, де видобуток складає понад 200 млн. т нафти і 42 млрд. м<sup>3</sup> газу, що відповідає 40 і 25% їх світового видобутку у морі.

Другий – Венесуельська затока. Великі запаси мають в своєму розпорядженні Мексиканська і Гвінейська затоки, Північне море. Для Великобританії і Норвегії добуток нафти і газу став істотним стимулом промислового зростання.

Головний елемент розвідки і видобутку нафти – буріння. У морі воно ведеться за спеціальних гідротехнічних споруд – стаціонарних основин для бурових, або з пересувних бурових установок. Крім того, між берегом і морською розробкою зазвичай прокладають трубопровід під водою. Сьогодні не припускається можливості витоку нафти в море, але на випадок аварійних ситуацій передбачені природоохоронні заходи.

У Чорному морі добуток нафти проводиться Румунією в суміжній з Україною області шельфу. В даний час ведуться пошукові роботи українськими фахівцями в північно-західній частині моря. У акваторії Криму, в Каркінітській затоці ведеться промислове видобування газу.

*Морський транспорт.* Транспортний флот – це сукупність суден різного призначення і розмірів, використовуваних як пересувний склад для перевезення вантажів і пасажирів. Морські шляхи, на відміну від транспортних магістралей суші, створені природою і не потребують витрат на будівництво, експлуатацію і ремонт. Вантажонапруженість морських трас нічим не обмежена. Вони володіють значною пропускнуою спроможністю, за винятком деяких проток і каналів. Морські шляхи часто бувають значно коротші за сухопутні. Однак, морські шляхи розташовані в Світовому океані у край нерівномірно і зосереджені у відомих транспортних коридорах.

Серед морських перевезень вантажів велика частина припадає на сиру нафту і нафтопродукти. Більше 60% нафти, що видобувається, транспортується до споживачів по морських шляхах.

Збільшення об'єму перевезень і розмірів суден призвело, зокрема, до виникнення важковирішуваної проблеми по розширенню портів і всього портового господарства в цілому. Місцеположення багатьох портів, створених в більшості випадків щонайменше 100 років тому, коли судна з осіданням більше 6 метрів були рідкістю, є незадовільним з погляду на вимоги сучасного морського флоту.

Зараз акваторії крупних портів доводиться заглиблювати до 9 м, більшість – до 12 м. Таке поглиблення часто буває пов'язане з виїмкою великого об'єму корінних порід, значним подовженням судноплавного фарватеру, і, отже, виникає проблема розміщення вийнятого ґрунту. Зараз багато портів вже не задовольняють сучасним вимогам. У таких випадках доводиться здійснювати навантажувально-розвантажувальні операції на підходах до порту і доставляти вантажі на берег по трубопроводах або на баржах. Одним з рішень проблем, що виникають з-за необхідності все більшого поглиблення підходів до портів, є будівництво причалів у віддаленні від берега. За таких умов крупні танкери і суховантажі безперешкодно розвантажуватимуться у глибоководній зоні за допомогою суден з малим осіданням [5].

### *Питання для самоконтролю*

1. Що таке біологічні ресурси моря?
2. Назвіть основні мінеральні ресурси Світового океану.
3. Перелічите основні ресурси морських екосистем української акваторії Чорного і Азовського морів.
4. Яким чином судноплавство впливає на морські екосистеми?

## 3 ОСОБЛИВОСТІ ЕКОСИСТЕМИ ЧОРНОГО МОРЯ

### 3.1 Основні компоненти чорноморської екосистеми

Чорне море належить до басейну Атлантичного океану. Розташоване в глибині материка, Чорне море (разом з Азовським) найбільш відособлена частина Світового океану. Площа Чорного моря складає 423000 км<sup>2</sup>, об'єм – 547000 км<sup>3</sup>, середня глибина – 1315 м, найбільша глибина – 2210 м. На південному заході воно сполучається з Мармуровим морем через протоку Босфор (довжина Босфору – 30 км, ширина 0,7-3,6 км, глибина судноплавної частини 20-102 м, глибина порогу з боку Чорного моря – до 50 м, із сторони Мармурового – до 40м). Межа між морями проходить по лінії м. Румелі – м. Анадолю. Керченська протока сполучує Чорне море з Азовським. Межею служить лінія між мисом Такиль і мисом Панагія.

У північно-західній частині моря, яка повністю розташована в українському секторі, знаходяться найбільші затоки – Одеська, Каркінітська і Каламітська. Тут же знаходяться невеликі острівці – Зміїний і Березань. Ще один невеликий острів (о. Кефкен) знаходиться на схід від Босфору.

Основна частина річкового стоку надходить в північно-західну частину, куди несуть води найбільш крупні ріки: Дунай (200 км<sup>3</sup>/год), Дніпро (50 км<sup>3</sup>/год) і Дністер (10 км<sup>3</sup>/год).

У рельєфі дна моря чітко виділяються три основні структури: шельф, материковий схил і глибоководна улоговина. Шельф займає до 25% загальної площі дна і в середньому обмежується глибинами 100-120 м. Найбільшої ширини (більше 200 км) він досягає в північно-західній частині моря. Вона розташовується в межах шельфової зони. Майже на всьому протязі гористих східних і південних берегів моря шельф дуже вузький (всього декілька кілометрів), а в південно-західній частині моря ширший (десятки кілометрів).

Материковий схил, що займає до 40% площі дна, опускається приблизно до глибин 2000м. Він крутий і порізаний підводними каньйонами. Дно улоговини (35%) – це плоска акумулятивна рівнина, глибина якої збільшується до центру.

Глибини Чорного моря насичені токсичним для більшості організмів газом – сірководнем ( $H_2S$ ). Між верхньою (кисневою) і нижньою (сірководневою) зонами Чорного моря є проміжна зона співіснування обох газів. Наявність сірководня в морі, видимо, пов'язана із слабким вертикальним водообміном: Середземне море глибше за Чорне в 2,5 рази, проте сірководень там відсутній. Сірководень утворюється в результаті діяльності сульфатредуючих бактерій за рахунок гниття органічних речовин, що поступають з поверхні моря, і в результаті відновлення

сульфатів. Цей газ спостерігається у воді від глибин 150-200 м до дна. Це одна з особливостей Чорного моря.

*Кліматичні умови.* Віддалене від океану і оточене сушею, Чорне море відрізняється континентальністю клімату, що проявляється у значних сезонних змінах температури повітря. На кліматичні особливості окремих частин моря значно впливає орографія – характер рельєфу прибережної смуги. Так, в північно-західній частині моря, відкритій для дії повітряних мас з півночі, проявляється клімат степів (холодна зима, жарке сухе літо), а в захищеній високими горами південно-східній частині – клімат вологих субтропиків (велика кількість опадів, тепла зима, вологе літо).

Взимку море зазнає дії відрогу Сибірського антициклону, що викликає вторгнення холодного континентального повітря. При цьому швидкість північно-західного вітру досягає 7-8 м/с і вище з різким пониженням температури повітря і опадами. При ослабленні взимку дії відрогу Сибірського антициклону, на Чорне море виходять середземноморські циклони. Вони викликають нестійку погоду з теплими, іноді досить сильними південно-західними вітрами і значними коливаннями температури.

Влітку на море розповсюджується вплив Азорського максимуму, встановлюється ясна, суха і жарка погода, термічні умови стають однорідними для всієї акваторії. У цей сезон переважають слабкі північно-західні вітри (2-5 м/с), лише в окремих випадках в прибережній смузі північно-східної частини моря виникають вітри штормової сили. Найнижча температура в січні-лютому спостерігається в північно-західній частині моря (від -1 до -5°).

Водообмін через Босфор зазнає сезонних змін, визначених різницею рівнів Чорного і Мармурового морів, а також характером вітрів в районі протоки.

Сезонні зміни рівня моря створюються, в основному, за рахунок внутрішньорічних відмінностей в надходженні річкового стоку. Тому в теплу пору року рівень вищий, а в холодну – нижчий. Максимальний рівень коливань досягає 40 см. Найбільшу величину в сірчаному морі мають згінно-нагінні коливання рівня. Особливо часто вони спостерігаються в осінньо-зимовий період, коли ця величина досягає 1 м. Для Чорного моря характерні неправильні півдобові приливи, величина коливань яких не перевищує 10 см.

Лід утворюється не регулярно, в основному, в північно-західній частині моря. Навіть в суворі зими льодом покрито 5%, а в помірні – 1,5% акваторії моря. У дуже суворі зими лід досягає берегів Болгарії, а плавучий лід виноситься до Босфору. За останні 150 років крижини в протоці спостерігалися 5 разів. У м'які зими льодом покриваються тільки лимани і окремі бухти. Льодоутворення звичайно починається в грудні, а максимальне

розповсюдження спостерігається в лютому. Очищення від криги відбувається в березні. Тривалість льодового періоду значно міняється: від 130 до 40 діб. В останні 10 років статистика льодоутворення зазнала скорочення тривалості періодів. Товщина льоду в середньому не перевищує 15 см, в суворі зими доходить до 0,5 м.

Циркуляція вод протягом всього року має циклонний характер з циклонічними круговоротами в західній і східній частинах моря і обгинаючою їх уздовжбереговою основною чорноморською течією. Зона основної чорноморської течії, шириною 40-80 км, розташована над материковим схилом. Швидкості течій на поверхні складають 40-50 см/с, а в стрижні потоку – до 100 см/с. З глибиною швидкості течій згасають, на горизонті 500-1000 м до 5см/с. У мілководдях, північно-західній частині, циркуляція збурюється вітром.

Температура води на поверхні моря взимку підвищується від  $-0,5$  до  $0^{\circ}$  в прибережних районах північно-західної частини, до  $7-8^{\circ}$  в центральних районах і до  $9-10^{\circ}$  – в південно-східній частині моря. Влітку поверхневий шар води прогрівається до  $23-26^{\circ}$  і лише під час згонів можуть відбуватися істотні короточасні пониження температури. В період прогрівання моря на нижній межі вітрового перемішування утворюється шар „стрибка температури”, що обмежує розповсюдження тепла однорідним верхнім шаром.

Солоність на поверхні Чорного моря весь рік мінімальна в північно-західній його частині, куди надходить основний об'єм річкових вод. У пригирлових районах солоність змінюється від 0-2 до 5-10‰, а на більшій частині акваторії відкритого моря вона дорівнює 17,5-18,3‰.

У холодний сезон в морській воді розвивається вертикальна циркуляція, в яку, до кінця зими, залучений шар товщиною від 30 до 50 м в центральних районах, до 100-150 м в прибережних районах. Найсильніше охолоджуються води північно-західної частини моря, звідки вони течіями розповсюджуються на проміжних горизонтах по всьому морю і можуть досягати найвіддаленіших від „осередків холоду” районів. Як наслідок зимової конвекції, при подальшому літньому прогріванні в морі утворюється холодний проміжний шар. Він зберігається впродовж всього року на горизонтах 60-100 м і виділяється по температурі на межах  $8^{\circ}$ , а в ядрі –  $6,5-7,5^{\circ}$ .

Чорне море має двошарову гідрохімічну структуру. На відміну від інших морів в ньому тільки верхній шар (0-50 м) добре перемішаний і насичений киснем ( $7-8$  мл/дм<sup>3</sup>). Глибше вміст кисню починає швидко зменшуватися, а вже на горизонтах 100-150 м він дорівнює нулю. На цих же горизонтах з'являється сірководень, кількість якого зростає з глибиною до  $8-10$  мг/дм<sup>3</sup> на горизонті 1500 м, і далі до дна він стабілізується.

*Різноманітний рослинний і тваринний світ* Чорного моря майже цілком зосереджений у верхньому шарі води товщиною 150-200 м, що становить 10-15% об'єму моря. Глибинна товща вод, позбавлена кисню і яка містить сірководень, майже позбавлена життя і населена тільки анаеробними бактеріями.

Іхтіофауна Чорного моря сформувалася з представників різного походження і налічує близько 160 видів. У опріснених районах і соленатоводних лиманах є представники прадавньої фауни, що збереглася ще з часів існування стародавнього Понто-Каспійського басейну. Найбільш цінними є осетрові, а також декілька видів оселедців. Значну групу чорноморських риб складають іммігранти з Північної Атлантики – це холодолюбні шпроти і мерлан, середземноморські вселенці – пеламіда, скумбрія, тунець, ставрида. Тільки 60 видів складають риби середземноморського походження, які постійно живуть в Чорному морі і вже можуть вважатися чорноморськими. До них відносяться хамса, кефаль, ставрида, камбала-калкан та ін. З 20 промислових видів риб в Чорному морі значення мають тільки хамса, дрібна ставрида і шпроти.

### 3.2 Сучасні проблеми екосистеми Чорного моря

Сьогодні стан чорноморської екосистеми неблагополучний. Відбувається скорочення видового складу рослин і тварин. В першу чергу це відноситься до районів шельфу які значно потерпають від антропогенного навантаження. Найбільші змінення відмічені в північно-західній частині моря. Велика кількість біогенних і органічних речовин надходить сюди з материковим стоком, викликає масовий розвиток планктонних водоростей і «цвітіння» морської води. У районі улиття стоку Дунаю біомаса фітопланктону зростає в 10-20 разів, відмічені випадки «червоних припливів». При цьому розвиваються деякі види водоростей, які мають токсичні властивості. Крім того, при інтенсивному розвитку планктону після закінчення життєвого циклу, велика кількість відмерлих організмів осідає на дно, де на їх розкладання витрачається розчинений кисень. При добре вираженій стратифікації вод, що перешкоджає надходженню кисню з поверхневого шару в придонний, у дна розвиваються умови дефіциту кисню (гіпоксія). Це призводить до загибелі донних організмів – заморів. З 1973 р. замори різної інтенсивності продовжуються практично щороку. Аналогічні процеси характерні і для мілководного Азовського моря, яке знаходиться під впливом рік Дону і Кубані.

### *Питання для самоконтролю*

1. Які кліматичні умови характерні для Чорного моря?
2. Назвіть особливості водообміну і циркуляції основних течій.
3. Які особливості іхтіофауни Чорного моря?
4. У чому полягає специфіка північно-західної частини Чорного і Азовського морів?

## 4 ЛИМАНИ І ГИРЛОВІ ОБЛАСТІ ПІВНІЧНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я

Гирлові області річок, займаючи проміжне положення між річковими басейнами і приймальними водоймищами, є специфічними “прикордонними” екосистемами. Вони мають багатющі водні, земельні, біологічні ресурси. Не зважаючи на те, що їх площа складає менш 0,4% поверхні Світового океану, вони володіють найвищою питомою біопродуктивністю з усіх екосистем на планеті, вище за продуктивність впадаючих річок і прилеглого моря, і дають більш 4 % всієї первинної продукції океану. Гирлові області виконують роль біофільтра, в них затримуються біогенні речовини, що привносяться сюди з річковим стоком і мають найважливіше екологічне і економічне значення.

### 4.1 Сучасний стан екосистеми нижнього Дністра і Дністровського лиману

Дністер належить до найбільших рік України і Молдови. Його водозбірна площа розташована на густонаселеній і урбанізованій території, з високим промисловим потенціалом і інтенсивно розвиненим сільським господарством. Для Дністра властиві значні коливання водного стоку. Це обумовлено постачанням з гір за рахунок танення снігів, наявності багаторазових зливових паводків, скиданням великого об'єму комунально-побутових, промислових, дренажних, тваринницьких і сільськогосподарських стоків і високою інтенсивністю водоспоживання.

В Україні забруднення вод Дністра, в основному, відбувається в результаті функціонування промислових підприємств, в Молдові – сільського господарства, особливо виноградарства і садівництва. Наприкінці 90-х років безповоротне водоспоживання в басейні Дністра склало 883,8 млн. ·м<sup>3</sup>. Інтенсивне використання водних ресурсів ріки призвело до змінення її природного стану. Можна виділити три періоди екологічного стану вод Дністра: перший – природний стан, коли її русло було природним, а гідрологічний і гідрохімічний режими формували природні чинники; другий період – після введення в дію Дубосарського водосховища і відповідної ГЕС, коли основне русло перегородили дамбою. Вона стала перешкодою на шляху міграції риб і інших гідробіонтів. Біоценози русла ріки, зайнятого водосховищем, з-за зниження швидкості течій перетворилися, зменшилася каламутність води. Третій період пов'язаний з введенням в дію



Дністровського водосховища і ГЕС (після 1987 р.), завдяки чому стало можливим управління водними ресурсами ріки і станом її екосистем.

У 1951-1953 рр. проведені дослідження і їх результати в нижній течії р. Дністер і Дністровському лимані надають уявлення про стан і якість вод ріки і лиману. Ці матеріали можна приймати за «норму» при оцінці змін, які відбулися в річці і лимані, особливо стосовно вмісту біогенних речовин, за 50 років.

Вміст біогенних речовин в річці і лимані в 50-і роки забезпечували нормальний розвиток біологічних процесів. Найбільш високі значення вмісту біогенних речовин були приурочені до піку весняної повені і осінніх паводків. Особливістю цього періоду був високий вміст органічних речовин, визначуваних по перманганатній окислюваності (ПО), максимальний вміст яких також, як і біогенних речовин, було приурочено до весняного періоду. Отже, основним джерелом мінеральних і органічних речовин слугувала водозбірна площа р. Дністер.

#### 4.2 Гирлова область Дунаю

Географічне положення гирлової області р. Дунай. Річка Дунай відноситься до рік дельтового типу, в нижній течії вона протікає по Нижньодунайській рівнині, розділяючись на численні рукави і протоки. Ширина річки досягає 1,2 км, глибина 5-7 м, швидкість течії 0,5-1,0 м/с. Гирлова область Дунаю включає дельту площею 5640 км<sup>2</sup> і напівзакрите гирлове узмор'я площею близько 1360 км<sup>2</sup> [9].

У свою чергу, гирлове узмор'я підрозділяється на частину з обмілинами і частину, що має значну глибину біля берега. Гирлова область розташована на території двох країн: України і Румунії. Українська частина дельти складає площу 1240 км<sup>2</sup> (близько 22% від загальної площі), решта частина належить Румунії. Загальна площа естуарної області Дунаю близько 7000 км<sup>2</sup>. Довжина дельти по її головному Кілійському рукаву – 115 км, протяжність морського краю дельти складає 180 км, середня ширина узмор'я – 6-10 км. За вершину дельти р. Дунай приймають місце розділення річки на два найбільші рукави: Кілійський (лівий) і Тульчинський (правий) (рис. 4.1). Висота дельтової рівнини над рівнем моря у Ізмаїла 3,7 м, поблизу Сулинського гирла – 0,5 м [10]. Дельта поділяється на дві частини: прадавню річкову і молодшу морську. Північна межа дельти прилягає до корінного берега Буджакського плато і проходить по вершинах озер-лиманів української частки дельти і системах водотоків Кілійського рукава. Південно-західна межа естуарної

області співпадає із західним берегом озерно-лагунного комплексу Разельм-Синоє.

Кілійський рукав (115 км), є головним рукавом дельти Дунаю за стічними і морфометричними характеристиками. Кілійський рукав має ширину 0,3-0,7 км. На усьому протязі Кілійський рукав формує дві внутрішні і одну зовнішню (морську) дельти. Внутрішні дельти - вище і нижче за р. Кілія, мають бічні рукави, більшість з яких до теперішнього часу відмерла. З рукавів, що збереглися, найбільш великі в першій внутрішній дельті – Середній, Татару, Кислицький, в другій внутрішній дельті – Соломонів, Прямий, Бабіна. Між внутрішніми дельтами і нижче за другу внутрішню дельту Кілійський рукав протікає одним потоком на ділянках завдовжки 15 і 5 км відповідно. Вершина зовнішньої (морської) дельти розташована у м. Вилкове, де Кілійський рукав розділяється на два крупні рукави: Очаківський (лівий) і Старостамбульський (правий). Кожний з цих рукавів утворює свою особову систему водотоков (рис. 4.1).

До системи Очаківського рукава належать рукави Білгородський, Анкудінов, Полуденний, Прірва, Потаповський і Гнеушев.

До системи Старостамбульського рукава належать рукави Бистрий, Восточний, Лімба, Курільський і Циган. Всі ці рукави впадають у море.

Тульчинський рукав має довжину 17 км і розділяється нижче р. Тульча на Сулінський (69 км) і Георгіївський (109 км, ширина 0,25-0,55 км) рукави. У гирлі Георгіївський рукав має невелику особову дельту. Сулінський рукав випрямлено до довжини 87 км землечерпанням і обвалуванням протягом 1867 – 1895 рр. Рішенням Дунайської комісії його перетворено на судноплавний канал міжнародного значення з паралельними молами в гирлі. До випрямлення він мав найбільшу ширину 0,25 км і найменшу глибину 2,5 м. Його дельту складають численні озера, лагуни, лимани загальною площею близько 1400 км<sup>2</sup>.

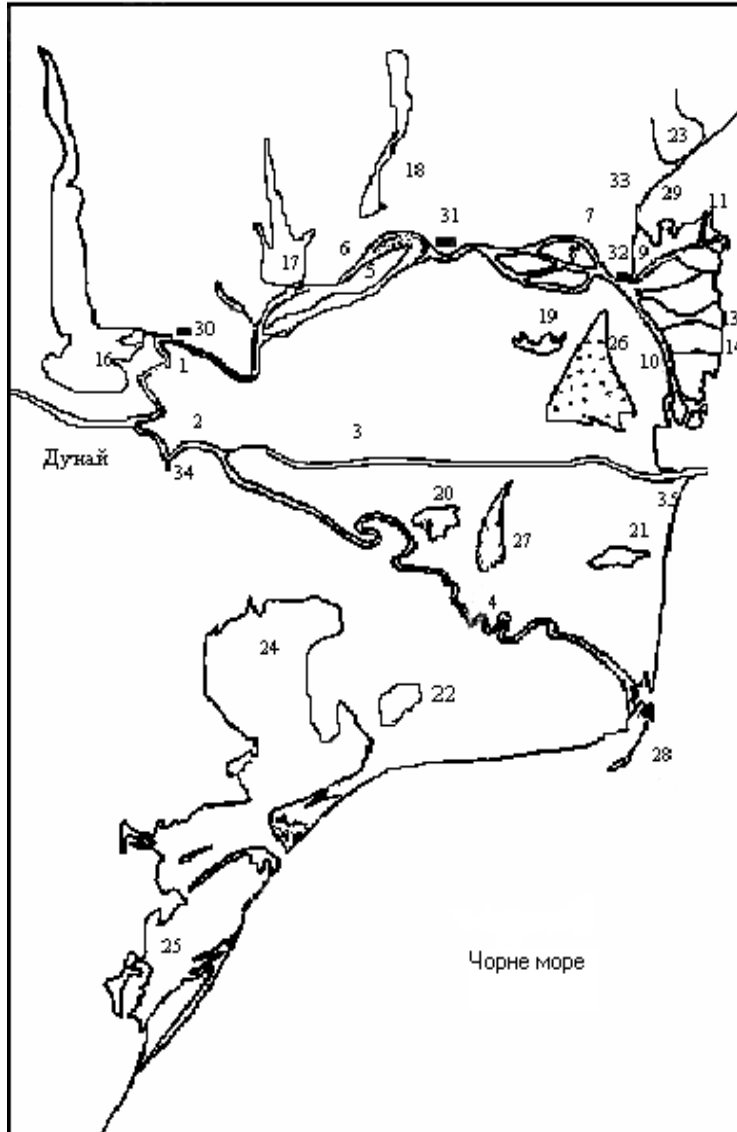


Рисунок 4.1 – Гирлова область Дунаю

*Рукави:* 1 - Кілійський, 2 - Тульчинський, 3 - Сулінський, 4 - Георгіївський, 5 - Середній, 6 - Кислицький, 7 - Соломонів, 8 - Прямий, 9 - Очаківський, 10 - Старостамбульський, 11 - Прірва, 12 - Потапівський, 13 - Бистрий, 14 - Східний; *Озера:* 15 - Ялпух, 16 - Кугурлуй, 17 - Катлабух, 18 - Китай, 19 - Мерхей, 20 - Узліна, 21 - Рошу, 22 - Дранов; *Лагуни:* 23 - Сасик, 24 - Разельм, 25 - Синоє; *Піщані гряди:* 26 - Летівши, 27 - Караорман, 28 - о. Сахалін; 29 - Жебриянська бухта; *Населені пункти:* 30 - Ізмаїл, 31 - Кілія, 32 - Вилкове, 33 - Приморське, 34 - Тульча, 35 - Суліна.

В українській частині дельти це озера-лимани – Ялпух, Кугурлуй, Катлабух і Китай загальною площею близько 360 км<sup>2</sup>, в румунській частині – озерно-лагуний комплекс Разельм-Синоє (740 км<sup>2</sup>) і озерний комплекс внутрішньої частини дельти (270 км<sup>2</sup>).

Державний кордон між Україною і Румунією проходить по фарватеру Дунаю, Кілійського рукава і його розгалуженням – Середньому, Прямому, Старостамбульському і о. Лімба.

Сучасна дельта Дунаю – це величезний заболочений простір, перерізаний мережею численних рукавів і ериків і розділений рядом підійнятих гряд – берегових валів (місцева назва – гринди). Близько 87 % площі дельти зайнято ільменями, або плаурами (місцева назва), які утворилися в поглибленнях між береговими валами рукавів дельти. На їх дні – річковий пісок, поверх якого потужні поклади мулу, що утворилися, головним чином, з перегнилих рослинних залишків. Глибина таких ільменей 1-2 м, рідше 3-4 м. У ільменях у величезній кількості розвивається вища водяна рослинність. На деяких ділянках утворилися відособлені плавневі водоймища (озера). Особливо багато таких озер на островах між Кілійським, Сулінським і Георгіївським рукавами.

Дельта Дунаю – унікальний природний об'єкт зі своєрідним ландшафтом, кліматом, багатими природними ресурсами.

*Клімат дельти Дунаю* помірно континентальний з короткою зимою і тривалим літом. Середня річна температура повітря вища 10 С. Середня тривалість періоду з негативною середньодобовою температурою складає близько 50 днів. Чорне море і крупні заплавні озера підвищують вологість повітря і зменшують температурний контраст. У холодний період року (жовтень – лютий) температура повітря на побережжі моря, в середньому, на 1°С вища ніж у вершині гирлової області. Кількість опадів у дельті поступається випаровуванню. Зима починається звичайно з другої половини грудня і триває до другої половини лютого. Погодні умови взимку дуже мінливі. Опади випадають як у вигляді снігу, так і дощу. Весна (березень, квітень) суха і прохолодна. Стійкі позитивні температури наступають тільки в березні. Опадів весною випадає мало. Літо (травень-вересень) жарке і сухе. Літні опади, в середньому, складають половину річної суми. Дощі часто носять зливовий характер і нерідко супроводжуються грозами. Осінь триває до другої половини грудня. Перша половина осені тепла і суха, друга – прохолодна і дощова. Перші заморозки найчастіше наступають в жовтні [7].

Опади по території гирлової області розподіляються досить рівномірно, з невеликим їх зменшенням на морському побережжі. Розподіл опадів по сезонах нерівномірний. Найбільша їх кількість випадає в теплу пору року у

вигляді злив. Сніжний покрив звичайно нестійкий і його висота, в середньому, складає 2-6 см.

Для гирлової області Дунаю характерні слабкі і помірні вітри швидкістю до 5 м/с. Повторюваність штормових вітрів (більше 15 м/с) в гирловій області складає 1-3 %. Протягом року переважають вітри північних напрямів.

Середня багаторічна температура води за даними спостережень на посту Вилкове складає 12,9°C, межі коливань середньорічної температури – від 11,9° С (1956 р.) до 14,3°C (2000 р.). У річному ході температури максимум (до 28,4° С) настає в липні-серпні.

Льодові явища в гирловій області Дунаю спостерігаються не кожного року, оскільки кліматичні умови цього регіону характеризуються відносно м'якою зимою з частою відлигою [9].

Рівневий режим водотоків дельти Дунаю визначається, в основному, змінами водності ріки і згінно-нагінними явищами на гирловому узмор'ї.

В дельті Дунаю вітрами нагону є вітри східних румбів, а згону – західних румбів. В більшості випадків величини коливань рівня під час згінно-нагінних явищ невеликі і не перевищують 20-40 см, при сильних же нагонах перевищують 1,0 м. У окремі роки на рівні води істотно впливають затори льоду. Залежно від місця утворення і потужності, затори можуть призводити до підвищення рівня і затоплення території дельти.

Дунай в своїй нижній течії відноситься до річок з розтягнутою весінньо-літньою повинню змішаного (снігового і дощового) походження. Весняна повинь проходить, як правило, двома хвилями: перша – від танення снігу на рівнинах в середній течії, друга – від танення снігу в горах і дощів, що випали в цей період. Максимальний рівень весняної повені, звично, найвищий в році. У осінній період спостерігаються дощові паводки, проте вони не такі тривалі, як в період повені і супроводжуються меншим підйомом рівня порівняно з весною. Мінімальні рівні води спостерігаються в літньо-осінній період, але в окремі роки вони можуть бути і взимку. Проте ці закономірності останніми роками порушуються. Це пов'язано із змінами кліматичних умов – тенденцією до підвищення середньорічних температур на Європейському континенті. Амплітуда коливань рівня води в Дунаї зменшується вниз за течією і складає у міст Рені – 620 см, у Кілії – 305 см і у Вилкового – 261 см.

Нааявність відкритого приглибокого гирлового узмор'я, де осолоненні води знаходяться поблизу від морського краю дельти, служить причиною їх надходження в рукави Дунаю. Мілководі бари перешкоджають вільному просуванню вод узмор'я в гирла рукавів дельти. Найдаліше просування

солоних вод в дельту Дунаю спостерігається в невеликих рукавах, по яких морські води просуваються всією довжиною цих рукавів.

*Еволюція гирлової зони.* На початку новоевксінської епохи вся північно-західна частина чорноморської западини була величезною об'єднаною дельтою Дунаю, Дністра, Буга і Дніпра. Їх води вливалися в морі приблизно на сучасній відмітці дна 75-100 м. В кінці цієї епохи трансгресія моря затопила гирлову частину цієї дельти, що призвело до утворення величезного і майже прісноводного естуарію.

Сучасна дельта Дунаю почала формуватися близько 5 тис. років тому. І сталося це після того, як затока була частково блокована з боку моря довгою морською косою (пересипом) і перетворилася на величезну лагуну, де під захистом кіс швидко йшло формування дельти.

Утворення дельти Дунаю відбувалося таким чином: першою йшло утворення Ізмаїльської вилки, коли утворилися 2 рукави – Ізмаїльський (менший) і Тульчинський (більший).

Далі відбувалося утворення Георгіївської вилки – з розділенням Тульчинського рукава на Георгіївський і Сулінський. Першим, мабуть, утворився найпівденніший рукав дельти (Георгіївський), потім косу було прорвано в середній частині, результатом чого стало утворення Сулінського рукава (V - I вв. до н.е.).

Спочатку Ізмаїльський рукав ділився на рукав Стипок і північні рукави. Після відмирання рукава Стипок, приблизно в XVI-XVII вв., відбувається злиття північних рукавів в один – Кілійський. Кілійський рукав поступово збільшив свою водоносність і швидко сформував в мілководій затоці дві послідовні внутрішні дельти.

З намулів Сулінського рукава хвилювання північно-північно-східних вітрів в мілководій затоці збудувало о. Караорман, а потім, південніше, трикутну дельту Георгіївського рукава.

З намулів Кілійського рукава утворюється о. Летівши. Надлишок намулів, рухаючись на південь і з'єднуючись з наносами Сулінського рукава, формує ділянку Георгіївської дельти.

З початку XVIII століття, після заповнення намулами майже всієї північної частини лагуни, Кілійський рукав вийшов за межу кіс і почав формувати дельту висунення (морську), яку зараз називають Кілійською. Надходження намулів до південних дельт різко скорочується [10].

У середині XVIII століття зародилася морська дельта Кілійського рукава (орієнтовно 1740 р.). Історія формування цієї дельти висунення має чотири послідовні фази: однорукавну (1740-1800 рр.), малорукавну – число рукавів не перевищувало 20 (1800-1856 рр.), багаторукавну, коли число

рукавів досягало 40-60 (1856-1956 рр.) і знов малорукавну (починаючи з 1957 р.), коли число рукавів зменшилося (у 1993 р.) до 14 [7].

Найбільш активне зростання Кілійської дельти ( $3,1 \text{ км}^2/\text{рік}$ ) відмічене в багатоводні (1871-1922) роки. До 1980 р. площа Кілійської дельти збільшилася з  $80 \text{ км}^2$  до  $348 \text{ км}^2$ . Сьогодні, у зв'язку із скороченням стоку намулів, підвищенням рівня Чорного моря, зростання дельти сповільнилося і в 1943-1980 рр. воно склало  $1,1 \text{ км}^2/\text{рік}$ . Уздовж берегової лінії дельти стали формуватися пляжі, піщані коси перекрили невеликі затоки – кути. У деяких частинах морського краю дельти спостерігається розмив і відступ, а також розмивання берега [12].

Дельта Дунаю в процесі господарського використання піддалася значній антропогенній дії, що завдала впливу мережі, гідрографії дельти і її режиму.

Так, Сулінський рукав перетворений на судноплавний канал, що функціонує з 1858 р. У гирлі рукава в 1867-1895 рр. були споруджені парні моли, спочатку висунуті в море на 1400 м, сьогодні їх довжина перевищила вже 8 км. Загальна довжина каналу 79,6 км, глибина 7,3 м. Бар перед рукавом поглиблений до 7-8 м [13]. Для переспрямування частини стоку з Дунаю у Сулінський рукав вище м. Ізмаїл, була споруджена струмінеспрямовуюча гребля.

Канал у Георгієвському рукаві будується з 1966 р., його проектна довжина повинна скласти 168 км, глибина 8,0-8,4 м.

У Кілійському рукаві зараз судноплавство майже відсутнє, не вважаючи невеликих перевезень, здійснюваних через робочий сполучний канал порту Усть-Дунайськ, який з'єднав 3 км рукава Прірва з Жебриянською бухтою. Глибина каналу рукав Прірва – Жебриянська бухта складає 2,5 м. Сполучний канал забезпечує постійне надходження дунайських вод в бухту, що призвело до розвитку тут умов, характерних для гирлових зон моря. Поглиблення рукавів і барів, що проводяться в Кілійській дельті, були невдалими, канали швидко заносилися піском.

Багато рукавів дельти обваловані. Площа обвалованих земель в румунській частині дельти досягла 430 тис. га, в українській – більше 30 тис. га. Довжина гребель на українській території уздовж Дунаю і рукавів склала 118 км. Збільшується водозабір з рукавів для зрошування земель і обводнення дельтових і придельтових озер, які використовуються для зрошування і рибного господарства. Відгороджена від моря лагуна Сасик перетворена на водосховище для дунайської води, об'єм якого складає  $0,235 \text{ км}^3$ . У плавнях дельти побудована густа мережа зрошувальних, обводнювальних і дренажних каналів, куди вода надходить самопливом або за допомогою насосів.

*Гідрологічна характеристика гирлової області. Розподілення стоку по рукавах Дунаю і його внутрішньорічна і міжрічна мінливість.* Особливістю водного режиму Дунаю є досить постійна величина стоку. Так, середньорічний водний стік Дунаю за 1921-1993 рр. складав 203 км<sup>3</sup>/рік, а за 1921-1999 рр. – 204 км<sup>3</sup>/рік [14]. Найменший об'єм стоку за останнє сторіччя був відмічений в 1921 р. (близько 134 км<sup>3</sup>/рік), найбільший в 1941 р. – 313 км<sup>3</sup>/рік.

Середньорічна витрата води в гирлі – 6460 м<sup>3</sup>/с. Максимальні витрати води в нижній його частині складають 20000 м<sup>3</sup>/с, мінімальні – 1800 м<sup>3</sup>/с. [15]. У останні 10 років спостерігається різке коливання стоку Дунаю: від 132,3 км<sup>3</sup>/рік (1990) до 236 км<sup>3</sup>/рік (1996). Безповоротний водозабір в українській частині дельти складає, в середньому, 0,9 км<sup>3</sup>/рік (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Динаміка річного стоку (км<sup>3</sup>/рік) Дунаю (за даними Гідрометобсерваторії м. Ізмаїл)

Рік	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	000
Стік	32	98	72	54	81	30	36	24	21	63	15

Протягом року коливання стоку характеризується декількома фазами: зима – 25 %, весна – 30 %, літо – 25 % і осінь – 20 % [16]. Зимовий мінімум стоку спостерігається з першої декади грудня до другої декади лютого.

Витрати води в цей період змінюються від 1,5 до 7,5 тис. м<sup>3</sup>/с. Зимовий максимум стоку спостерігається з січня по березень. Витрати в цей період можуть складати від 3 до 11,5 тис. м<sup>3</sup>/с. Зимовий максимум стоку пов'язаний з таненням снігу в середньому басейні Дунаю, а також з випаданням інтенсивних дощів.

До початку загального танення снігу стік Дунаю проходить ще через один мінімум, який звичайно спостерігається в останній декаді лютого або початку березня. Найбільш багатоводні місяці року – квітень, травень і червень, на частку яких припадає по 10-12 % річного стоку.

Восени дощі в басейні ріки формують осінній максимум, який найчастіше буває в другій половині листопада або в першій половині грудня.

Найменший стік спостерігається у вересні-жовтні (по 5,5-6 % річного стоку). Максимальні витрати води в повені досягають 15-16 тис.м<sup>3</sup>/с, в межень витрати знижуються до 1,3-1,5 тис. м<sup>3</sup>/с.



Найменшими за рік показники рівня води бувають звичайно в літньо-осінній період. Від вершини дельти до моря величина коливань рівнів води, обумовлених сезонними змінами стоку, зменшується приблизно від 5 до 0,5 м. При зміні витрати води Дунаю від 1280 до 16200 м<sup>3</sup>/с розмах "стічних" коливань рівня складає: у Рені – 6,3, Ізмаїлі – 4,4, Кілії – 2,6, Вилковому – 1,7, Прірві – 0,8 м. Обвалування рукавів призвело до перевищення максимальних рівнів води в повені на 0,2-0,3 м. Повне двостороннє обвалування рукавів дельти може підвищити максимальні рівні на 0,5-1 м. За 40 років (1963-1992 рр.) рівень води піднявся у Вилковому на 17 см, в Кілії – на 4 см. Нагонно-згінні процеси дуже часто спричиняють коливання рівнів, проте в більшості випадків їх величина не перевищує, наприклад, поблизу Вилкового 20-50 см, в Кілії – 24-40 см. Середня тривалість нагонно-згінних явищ не перевищує, як правило, 1-2 днів, максимальна – близько 4 днів.

Стік води Дунаю розподіляється по трьох основних рукавах – Кілійському, Сулінському і Георгіївському. Частка стоку найбагатководнішого Кілійського рукава збільшувалася з кінця XIX – початку XX століття і складала в 1895 р. – 70%, у 1905 р. – 67%, у сучасних умовах знизилася і складала до 1999 р. - 57,8%.

Перерозподіл стоку води і намулів є однією із складових загального процесу дельтоутворення, що відбувається в результаті природних морфологічних процесів: гирлового подовження, розмиву або замулювання водотоків. Перерозподіл стоку води і намулів по рукавах дельти Дунаю до середини XIX століття відбувалося з причин природного характеру.

У минулому Кілійський рукав поступався по водності Сулінському і Георгіївському, але після виходу цього рукава на відкрите морське побережжя він активізувався і збільшив свою частку стоку за рахунок суміжних рукавів, які стали відмирати. Проте потім, у зв'язку з масштабними гідротехнічними роботами по поліпшенню судноплавних умов в Сулінському рукаві (випрямлення, днопоглиблення, спорудження гребель, напрямних), а також з-за інтенсивного гирлового подовження водотоків системи Кілійського рукава, процес перерозподілення стоку змінився на протилежний (табл. 4.2; 4.3).

Таблиця 4.2 – Розподілення стоку води по основних рукавах дельти Дунаю у % від середнього стоку Дунаю

Система	856	871-1893	895	910	1928-1929	1958-1960	1980-1985	1986-1990
Кілійська	3	63	70	72	66	62,5	59	57
Тульчинська	7	7	30	28	34	37,5	41	43

Таблиця 4.3 – Розподілення стоку води по рукавах Кілійської дельти Дунаю у % від середнього стоку Дунаю

Рукав	1984-1895	1942-1943	1958-1960	1966-1970	1976-1980	1986-1990
Очаківський	-	-	25,3	20,7	18,0	16,9
Білгородський	1,4	-	0,1	0,1	0,1	0,1
Північний	1,0	4,0	0	-	-	-
Прірва	10,0	4,6	6,1	7,7	7,6	7,6
Потапівський	5,7	20,0	15,0	8,2	4,3	3,1
Старостамбульський (початок)	-	-	37,2	40,5	40,7	-
Середній	10,5	1,7	0,7	0,2	0,1	0
Бистрий	-	6,6	10,2	12,4	14,3	16,5
Східний	-	1,0	1,5	1,7	2,3	-
Старостамбульський (гирло)	-	21,6	22,9	21,6	19,6	-

Частка Сулінського рукава за останні 140 років неухильно зростає (від 7-8 до 17% стоку Дунаю). Це пов'язано з тим, що приватна система очаківського рукава в даний час відмирає, а Старостамбульського – активізується.

За період 1981-1997 рр. частка стоку Очаківського рукава зменшилася з 30,8 до 28,7% стоку Кілійського рукава, Старостамбульського, відповідно, збільшилася і досягла 71,3 %.

У системі Старостамбульського рукава, як і раніше, найбільш активним є рукав Бистрий, частка стоку якого з 1980 р. зросла на 9,2% і складає нині 44,4% стоку Старостамбульського рукава (при середній водності). Частка стоку рукавів Східного і Лімби практично не змінилися – 5,6-5,8 і 1,1% відповідно.

Слід зазначити, що в 1983-1984 рр. повністю припинили своє існування як водотоки рукави Середній і Заводнінський, що раніше належали до системи Старостамбульського гирла.

Однією із сторін загального процесу дельтоутворення є гирлове подовження рукавів. Швидкість гирлового подовження і утворення бару зростає із збільшенням стоку води і, отже, намулів. У водотоках, що розвиваються, процес збільшення стоку продовжується до тих пір, поки довжина рукава не досягне деякого граничного значення, або ж перед гирлом рукава не сформується значна барова мілина. Таким чином, процес збільшення стоку рукава стимулює його висунення в море і зростання бару, що в надалі стає фактором, стримуючим подальшу активізацію рукава. Прикладами таких рукавів в морській Кілійській дельті (з числа тих, що нині існують) є Потапівський і Старостамбульський.

Від вершини дельти до моря величина коливань рівня води, пов'язаних з сезонними змінами стоку, зменшується від 5 до 0,5 м. Найменшими за рік показники рівня води бувають звичайно в літньо-осінній період. Водоймища і плавні дельти є природними регуляторами стоку, забираючи частину води на підйомі повені і віддаючи її в рукави на спаді повені і в межень. При витраті води близько 16000 м<sup>3</sup>/с вся територія дельти, за винятком високих гряд, раніше затоплювалася. Тепер унаслідок обвалування рукавів і островів українська частина дельти Дунаю затоплюється не більше 1/4 території.

*Гідрологічний режим узмор'я.* Гирлове узмор'я (взмор'я) Дунаю має як відкриту ділянку, так і закриту – Жебриянську бухту. Головною особливістю режиму гирлового узмор'я є залежність солоності і площ з роспрісненими морськими водами від стоку Дунаю і режиму вітру. Тому зовнішня межа гирлового узмор'я є межею умовною.

Найбільш загальну картину розподілу солоності дають «язики» опріснених вод в морі проти крупних рукавів. За характером розподілення солоності виділяються три зони: зона транзиту прісних річкових вод, зона змішування річкових і морських вод, і зона морських вод. Перша і третя зони характеризуються відносною однорідністю гідролого-гідрохімічних показників, а друга зона – великою їх різноманітністю і мінливістю. Межі і площі цих зон змінюються залежно від величини річкового стоку і напрямку вітру на узмор'ї.

Найбільший інтерес представляє зона змішування річкових і морських вод. Її внутрішня межа (ізогалина 2‰) знаходиться, в середньому, на відстані 0-4 км від гирл дельтових водотоків. Зовнішня межа зони змішування розташована в різні сезони в 3-10 км від гирл водотоків. Максимальні горизонтальні градієнти солоності знаходяться, як правило, на відстані 2-8 км

від гирла рукавів. При вітрах східних румбів зона змішування річкових і морських вод звужується, а при вітрах західних румбів – розширюється. Дунайська вода на узмор'ї розтікається по поверхні «язиками» шаром завтовшки 1-3 м (рідше до 5м), тоді як нижні шари заповнені однорідними солонішими (до 17-18‰) водними масами. На межах річкових вод формуються області значних градієнтів солоності і температури, що утруднює перемішування річкових і морських вод. Градієнт солоності, величина якого визначається ступенем опріснення, існує протягом всього року, а вертикальний градієнт температури спостерігається тільки в теплий період року.

У повені, залежно від наганяння (північно-східний, східний і південно-східний напрями вітру), і зганяння (північні, північно-західні вітри), солоність на узмор'ї може змінюватися від 4 до 17‰ і умовна межа узмор'я здатна віддалятися від гирла крупних рукавів на 20 і більше кілометрів. Під час межені, при дуже низьких витратах, солоність на узмор'ї міняється в межах 15-17‰. Вертикальну структуру поля солоності на узмор'ї характеризують коливання солоності в поверхневому шарі від 4 до 16‰ і майже до постійної – 18-19‰ у придонному шарі на глибині 10-14м.

Колівання температури поверхневого шару води на узмор'ї носять чітко виражений сезонний характер: від 2°C в січні до 22°C в серпні. При цьому мінімальні коливання температури взимку можуть бути негативними (-0,4°C), а максимальні в липні перевищують 27°C. Добовий хід температури на узмор'ї при помірному вітрі і штилі може досягати 6°C.

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°C/м. До серпня в результаті прогрівання і вітрового перемішування термоклин опускається до 15-20 м, а максимальні градієнти можуть досягати 3-5°C/м. На менших глибинах прогріта водна маса займає всю товщу. До листопада термовтрати з поверхні і зимова вертикальна циркуляція вирівнюють температуру від поверхні до дна. В цей час вона складає близько 1°C, а протягом зими (до початку весняного прогрівання) поступово знижується до 2-4°C по всій товщі.

У літній період в придонному шарі узмор'я відмічається закономірність утворення дефіциту кисню по мірі заглиблення сезонного термоклину. 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 термоклину відповідає топографії морського дна. Придонний шар формується ізольованою водною масою, де в результаті окислення і за відсутності джерел

надходження виникає придонна гіпоксія. Рідкісні адвективні струмені можуть тимчасово поліпшити кисневий режим, але в цілому, розвиток придонної гіпоксії стійкий і триває до середини осіннього періоду. Загальне відновлення відбувається взимку, в результаті осінньо-зимової вертикальної конвекції [19]. Режим течій і хвилювань на узмор'ї визначає режим вітрів, оскільки стічна течія, хоч і має в повені швидкість до 1,5 м/с на виході з крупних рукавів, але в морі не простежується далі 3-4 км.

Для режиму вітрів на узмор'ї Дунаю характерне переважання вітрів північних румбів над вітрами південних румбів (40-50%, проти 30-38%). Сильні вітри (більше 12 м/с) північно-східного (П-Сх) напрямку панують над вітрами південних румбів: 60-75% проти 10-12%. З цієї причини на узмор'ї переважають течії з південною складовою. При змінненні північних вітрів на південні перебудова течій на північні не завжди встигає завершитися. Часто процес перебудови обмежується тільки зменшенням швидкості південної течії. Відповідно до режиму вітрів на узмор'ї переважає вітрове хвилювання від північних румбів [20].

*Фізико-хімічні процеси на узмор'ї.* Твердий стік Дунаю на узмор'ї, в зоні змішування річкових і морських вод, при зменшенні швидкості течії, зазнає ряду фізичних перетворень: коагуляції і седиментації. Коагуляція, або укрупнення тонких частинок суспензії і їх швидке виведення з водної товщі, найактивніше відбувається в діапазоні солоності 2-6‰ при найменших значеннях електрокінетичного потенціалу.

Процесу коагуляції на узмор'ї сприяють підвищення температури, легке перемішування вод, переважання тонких суспензій. Разом з процесом укрупнення частинок має місце і зменшення їх розміру за рахунок мікробіологічного розпаду детриту і при розчиненні частинок. Ці процеси залежать від  $pH$  і  $Eh$  водного середовища. Найбільш тонкі частинки залишаються у верхньому опрісненому шарі води. У відкрите море виносяться грубіші (розміром 2-5 мкм) і важчі, які опускаються – сегментують в солоний придонний шар води і далі осідають на дно.

Узмор'я Дунаю відноситься до області лавинної седиментації. Тут осідають і вибувають з подальшого транспортування у відкриту частину моря великі маси завислих речовин.

З геохімічної точки зору тут проходить бар'єр, по різні боки якого існують відмінні умови щодо утворення осаду, а це призводить до втрати деяких елементів і до зміни їх концентрації у воді. Це – зона, в якій відбуваються різкі зміни якості середовища. Хімічні реакції в зоні змішування річкових і морських вод складні. Значна частина деяких компонентів річкового стоку осідає біля рідкої межі морських і річкових вод і

акумулюється на дні. При коагуляції і флокуляції органічні речовини зв'язуються і в осад випадають сполуки заліза (більше 50%), марганцю (більше 80%), фосфору (більше 50%), алюмінію (10-70%), а також цинк, мідь, нікель, кобальт, свинець, молібден і інші мікроелементи.

Крім того, з води при коагуляції частково виводяться іони основного сольового складу морської води – хлор, натрій, магній, сірка, кальцій, калій. Проте, за певних умов, такі іони можуть переходити з суспензії у розчин. На узмор'ї осідає, в середньому, до 10-60% завислих в річковій воді речовин, а рідке дно, утворене щільною морською водою і нахилене до берега, затримує значну частину суспензій. Це призводить до появи піщаних кіс і обміління передгирлового узмор'я.

*Гідрохімічний режим гирлової області.* Мінливість гідрохімічних умов в дельті Дунаю обумовлена, перш за все, величиною водного стоку, який залежить від ґрунтового-поверхневого стоку і опадів. Вона пов'язана також з метеоумовами, життєдіяльністю гідробіонтів, особливо фітопланктоном, які засвоюють біогенні речовини, а також надходженням техногенного стоку (промислові, сільськогосподарські і комунальні стоки). Важливу роль відіграють природні циклічні коливання стоку і його зарегулювання

Будівництво водосховищ Джержап-1 і Джержап-2 (Болгарія, Румунія, Сербія), гідроенергетичного комплексу Гапчиково-Надьямарош (Болгарія, Угорщина) з потужним водосховищем перетворили ділянку ріки протяжністю 200 км. Це істотно вплинуло на гідролого-гідрохімічний режим Дунаю. Водосховища відіграють роль буферних водоймищ відстійників, в яких завислі і забруднювальні речовини в результаті зменшення швидкості течії, акумулюються в донних відкладеннях. За рахунок цього, нижче за водосховище Джержап-1 (р. Видно, Болгарія) в Дунаї формується одна з найчистіших ділянок ріки.

Починаючи від р. Нікопол (Болгарія) і до самої Кілійської дельти, спостерігається погіршення якості води і накопичення забруднювальних речовин в донних відкладеннях. Ця тенденція спостерігалася і на українській частині Дунаю від Рені до Вілково, оскільки на цій ділянці Дунаю розташовані порти Рені, Ізмаїл, Кілія і Вилкове. Придунайські озера-лимани, які приймають забруднені стічні води з території Молдови і Одеської області, з іригаційних систем, також негативно впливають на води Дунаю, оскільки сполучаються з Дунаєм протоками.

*Гідрохімічний режим дельти Дунаю (сольовий і кисневий склад, динаміка завислих і біогенних речовин, забруднювальні речовини – нафтопродукти, важкі метали.*

*Завислі речовини (ЗВР) – ключовий еколого-гідрологічний елемент гирлової ділянки Дунаю [11]. Така оцінка ролі ЗВР визначається, по-перше, великою каламутністю вод Дунаю і, по-друге, високою їх здатністю до адсорбції забруднювальних речовин.*

Не зважаючи на те, що за 20 років (1959-1979) в результаті гідротехнічного будівництва в середній течії ріки каламутність води у вершині дельти знизилася на третину (з 325 до 200-205 г/м<sup>3</sup>) [22, 23]. Але вона залишається все ще дуже високою, а стік ЗВР Дунаю перевищує 44 млн. т/рік. Середньорічні характеристики каламутності за цей період коливалися в межах 93-242 г/м<sup>3</sup>; а середньодобові коливання можуть замінюватись від декількох грамів до 2-3 кг/м<sup>3</sup>. За даними [24] в 1995-1997 рр. середній вміст завислих речовин в Кілійській дельті – 93 г/м<sup>3</sup> при діапазоні коливань 15 - 215 г/м<sup>3</sup>. Це, природно, відбилося на зростанні прозорості води. Проте, в окремі роки в період повені концентрації ЗВР можуть бути вельми значними. Так, в травні 2000 р. їх максимальна концентрація склала 528 г/м<sup>3</sup>. У рукавах дельти, у зв'язку із зменшенням швидкості течії, починається перехід суспензії в донні відкладення.

*Мінералізація води.* Найважливішою характеристикою якості прісних вод вважається їх загальна мінералізація. Мінералізація води порівняно мало змінюється по сезонах (230-400 мг/дм<sup>3</sup>). При цьому спостерігається зворотна залежність мінералізації від величини стоку, тобто, при зростанні весною величини стоку вміст головних іонів і їх сума зменшуються (табл. 4.4). Дунайська вода за своїм складом гідрокарбонатно-кальцієва. Величина гідрокарбонатів коливається від 140 до 25 мг/дм<sup>3</sup>, кальцію – від 40 до 75 мг/дм<sup>3</sup>. Відносний вміст іонів впродовж всього року і в різні за водністю роки залишається практично постійним. У зв'язку зі значною величиною стоку Дунаю, морські води практично не заходять в русло ріки, або заходять тільки на декілька кілометрів. Відмічено, що за останні 50 років мінералізація води в Дунаї зросла в 1,5 рази.

Таке збільшення може носити лише антропогенний характер: скидання неочищених (або недостатньо очищених) вод з промислових підприємств, полів, з каналізаційних систем міст.

За даними Дунайської ГМО середня мінералізація води в Дунаї на ділянці Рені - Вилкове за період 1995-2000 рр. поступово зменшувалася з 403 до 362 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 4.4 – Динаміка величини загальної мінералізації води на українській ділянці Дунаю

Роки	Мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	
1948-1950	226-397	287
1958-1959	253-344	289
1963-1965	235-334	296
1976-1978	275-475	374
1985-1989	295-506	372
1990-1994	297-521	409

Найважливішим екологічним чинником є стік біогенних елементів – сполучень азоту, фосфору і кремнію. Так, в 70-80-х роках ХХ століття концентрації речовин в дунайській воді, що містять азот і фосфор, різко збільшилися у декілька разів, а в 90-х повернулися до значень 50-60-х років (табл. 4.5).

Починаючи з 90-х років, в стоці Дунаю відмічене помітне зменшення концентрацій мінеральних і зростання концентрацій органічних форм азоту і фосфору, а також порушення співвідношень між ними, які існували до початку антропогенного евтрофування.

Про зміну екологічних обставин в дельті Дунаю свідчить і ретроспективний аналіз кількості розчиненого кисню. У середині ХХ століття його вміст змінювався від 8 до 12 мг/дм<sup>3</sup>, а ступінь насичення – від 80 до 95%. У 90-х роках діапазони мінливості істотно розширилися: 5,8-12,8 мг/дм<sup>3</sup> і 60-120%, відповідно. За високими значеннями концентрацій кисню стоїть різке (у 2-5 разів) збільшення біомаси фітопланктону, що пояснюється зростанням прозорості води унаслідок зменшення стоку завислих речовин. Низькі значення концентрації кисню пов'язані з витратою на окислення органічної речовини, що утворюється, головним чином, при відмиранні фітопланктону.



Таблиця 4.5 – Багаторічні зміни концентрацій біогенних речовин у воді Кілійської дельти Дунаю

Період	Об'єм стоку км <sup>3</sup> /рік	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	N <sub>орг.</sub>	PO <sub>4</sub>	P <sub>орг.</sub>	Si
		мг/дм <sup>3</sup>						
1958-1960	179,4	0,25	0,012	0,53	0,63	0,071	0,031	4,38
1977-1985	227,7	0,62	0,044	1,00	0,90	0,165	0,071	3,98
1986-1988	204,7	0,57	0,160	1,26	3,07	0,281	0,100	2,57
1989-1992	169,7	0,44	0,118	1,63	5,07	0,233	0,113	2,98
1993-1996	195,1	0,13	0,074	1,18	3,74	0,091	0,096	2,36
1997-2000	230,9	0,05	0,016	0,56	6,97	0,078	0,048	1,44

*Забруднювальні речовини (ЗР).* Води Дунаю на українській ділянці хронічно забруднені важкими металами (ВМ), нафтопродуктами (НП), фенолами та іншими ЗР за рахунок надходження промислових, комунальних і сільськогосподарських стоків. Середній вміст ВМ і НП наведений в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Середній вміст НП і ВМ у воді української ділянки Дунаю (вересень-жовтень 1990 р.) за матеріалами Другої Міжнародної експедиції “Блакитний Дунай”

Форма	НП	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Co	Cd
	мкг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>							
Розчинена	75	76,0	8,0	55,0	15,0	4,1	5,2	1,5	1,0
Зависла	-	394,0	25,4	20,8	2,9	100	10,6	3,1	1,0

Характер розподілу ЗР в дельті пов'язаний з особливостями гідрологічного режиму і антропогенним впливом (господарська діяльність, судноплавство, функціонування портів і т.д.) на екосистему. Дельта Дунаю може бути віднесена до районів, хронічно забруднених міддю, цинком і кадмієм (табл. 4.7).

Концентрації цих металів в нижній і середній течії ріки значно нижчі, ніж в дельті. Це пов'язано з активним застосуванням на водозбірній площі дельти у виноградарстві і садівництві речовин, що містять *Cu*, *Zn* і *Cd*.

Таблиця 4.7 – Вміст забруднювальних речовин в Кілійській дельті Дунаю у 1993-1997 рр.

Діапазон	НП мг/м <sup>3</sup>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cd</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cd</i>
		розчинена форма (мг/дм <sup>3</sup> )				зависла форма (мг/дм <sup>3</sup> )			
Поверхневий шар									
Min	0,01	0	0	0	0	0	0,004	0	0
Max	0,48	0,005	0,067	0,003	0,001	0,016	0,060	0,013	0,002
Середнє	0,09	0,003	0,011	0,001	0	0,005	0,021	0,004	0,001
Придонний шар									
Min	0,01	0	0	0,001	0	0,001	0,008	0,001	0
Max	0,25	0,007	0,058	0,014	0,001	0,026	0,070	0,016	0,002
Середнє	0,07	0,003	0,014	0,003	0,001	0,008	0,027	0,005	0,001
ГДК мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,001	0,010	0,010	0,010	-	-	-	-

Для Кілійської дельти Дунаю характерні високі концентрації фенолів: 0,013-0,120 мг/дм<sup>3</sup> при ГДК – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>. Такі концентрації, значною мірою, обумовлені надходженням у воду продуктів природної деструкції легководної рослинності (очерет, рогоз і ін.).

*Гідрохімічний режим узмор'я (кисень, динаміка завислих і біогенних речовин, забруднювальні речовини – нафтопродукти, важкі метали.* Гідрохімічний режим узмор'я формується під впливом річкового стоку і специфічних гідрологічних умов (головним чином, наявності вертикальної стратифікації). Моніторинг гідрохімічного режиму узмор'я, проведений з 1977 р. [27, 28] і зіставлення з літературними даними дозволяють встановити, що антропогенне евтрофування вод Дунаю сприяло збільшенню вмісту мінеральних і органічних речовин в зоні впливу його вод.

На узмор'ї Дунаю в 90-і роки спостерігається різке збільшення вмісту азоту органічного на фоні незначного збільшення концентрацій його мінеральних форм. Вміст мінеральних і органічних форм фосфору, іншого найважливішого елемента гідрохімічного режиму з 80-х років незначно змінилося. Було встановлено, що на узмор'ї Дунаю в результаті фізико-хімічних і динамічних процесів максимальний перехід речовин з води в донні відкладення відбувається в межах зони лавинної седиментації (при солоності 2-6‰).

Розвиток біологічних процесів (життєдіяльність фіто-, зоопланктону) на узмор'ї також впливає на динаміку біогенних речовин. Мінеральні і органічні сполуки азоту і фосфору разом із завислою речовиною накопичуються в ґрунтах узмор'я. Ґрунти узмор'я – це “депо” біогенних речовин.

Специфіка гідрологічних умов на узмор'ї така, що в літній період придонний шар ізольований від лежачих вище шарів моря різким термо- і галоклином. За відсутності притоку кисню і деструкції органічної речовини звичайними явищами, на узмор'ї виникають явища гіпоксії і аноксії, а це призводить до виникнення відновних умов. При цьому відбувається перехід біогенних речовин з донних відкладень в придонний шар моря: вони за цих умов відіграють роль вторинного джерела евтрофування.

Розподіл забруднювальних речовин на узмор'ї Дунаю визначається особливостями гідрологічного режиму. Основними чинниками є стік численних рукавів, а також підпірна і розсіююча дія основного уздовжберегового потоку, пов'язаного з домінуючою циркуляцією вод ПЗЧМ. При цьому, істотного впливу надають наявність фронтальних зон і циркуляцій незначного масштабу, пов'язаних з рельєфом дна і конфігурацією берегової лінії.

На узмор'ї, за рахунок активно протікаючих процесів адсорбції ЗР на завислих речовинах та седиментації в зоні змішування морських і прісних вод, спостерігається забруднення нафтопродуктами придонного шару.

У січні-березні 2000 р., після аварійних ситуацій на румунських гірничо-промислових підприємствах «Аурул» (м. Бая-Маре) і «РЕМІН S.F.» (р. Бая-Бурса) в річці басейну Середнього Дунаю, відбувся викид токсичних відходів з високим вмістом ціаністих сполук і важких металів. По всій довжині ріки від місць аварій до дельти, склалася кризова еколотоксикологічна ситуація. В період аварійних скидів при високій водності ріки і швидкості течії, які сприяли промиванню водотоків і розсіюванню поля забруднення, виявлені несприятливі фактори, що визначають загальне неблагополуччя екосистем Кілійської дельти Дунаю. До них можуть бути віднесені наступні характеристики:

- наявність в природних річкових водах ціанідів (у контрольному створі у м. Рені були зафіксовані плями ціаністих забруднень при максимальних значеннях  $0,067 \text{ мг/дм}^3$  (ГДК =  $0,05 \text{ мг/дм}^3$ ). У м. Ізмаїла пляма забруднення мала концентрації  $0,048 \text{ мг/дм}^3$ , а у створі м. Кілії максимальні концентрації –  $0,116 \text{ мг/дм}^3$ . У м. Вилкове відмічені разові перевищення фонового вмісту ціанідів до  $0,044 \text{ мг/дм}^3$ ;

- у березні було відмічене перевищення концентрацій важких металів: *Fe* – 15 ГДК, *Cu* – 8,5 ГДК, *Zn* – 2,7 ГДК (середні значення);

- у квітні: нафтопродукти – 1,2 ГДК, *Cu* – 3,5 ГДК, *Zn* – 1 ГДК, *Fe* – 40 ГДК, *Mn* – 1 ГДК (середні значення).

Відмічений також високий вміст завислих форм металів, ГДК для яких не розроблені, але ці форми ВМ приведуть до забруднення донних відкладень в зоні змішування річкових і морських вод, що може стати причиною загибелі донних біоценозів.

Згідно до «Еколого-санітарної класифікації якості поверхневих вод» води дельти класифікується як «погані», а по ЗР, як «брудні».

Інтегральні показники якості вод, засновані на даних біотестування, виявили ознаки хронічної, а у ряді випадків – і гострої токсичності.

Розподілення забруднювальних речовин (табл. 4.8) на узмор'ї Дунаю визначається особливостями його гідрологічного режиму.

Водні маси дунайського узмор'я характеризуються підвищеним вмістом фенолів: у поверхневому шарі ( $0,012\text{-}0,018 \text{ мг/дм}^3$ ) за весь період спостережень в 1994-1999 рр. (при тій же величині ГДК-  $0,001 \text{ мкг/дм}^3$ ).

Води гирлової області Дунаю за період спостереження (з квітня по грудень 1998 р.) характеризувалися високим рівнем забруднення НП, як в поверхневому, так і в придонному шарі. У гирлі рукава Прірва ці значення складають 1,5-2 ГДК, аналогічні концентрації спостерігаються в рукаві Потапівському на 15, 18 і 21 км Дунаю.

На акваторії порту Усть-Дунайськ ці значення були в межах 1,5-2,2 ГДК в квітні і грудні і лише в серпні ці значення зменшилися. Це пов'язано із збільшенням швидкості розпаду нафтопродуктів в літній час (високі температури, гарна аерація, розвиток мікроорганізмів деструкцій НП).

На контрольній точці в Жебриянській бухті значення НП були близькі до концентрацій для акваторії порту, а це є підтвердженням того, що забруднення НП Жебриянської бухти відбувається за рахунок річкового стоку із сполучного каналу і рукава Прірва.

Максимальні концентрації НП у воді Жебриянської бухти спостерігалися в поверхневому – 7 ГДК і придонному – 6 ГДК шарі. Спостереження, проведені на гирловому узмор'ї Дунаю, також виявили забруднення усієї водної товщі нафтопродуктами – більше 1 ГДК в

поверхневому і 1,5 ГДК в придонному шарі. Концентрації НП на станції дампіngu ґрунту і на акваторії порту близькі між собою.

Таблиця 4.8 – Склад забруднювальних речовин на узмор'ї Дунаю в 1993-1997 рр.

Діапазон	НП, мг/м <sup>3</sup>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cd</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cd</i>
		Поверхневий шар							
Min	0,04	0,068	0	0,56	0	0	1,88	0	0
Max	0,34	3,62	50,13	2,65	1,22	4,45	63,37	3,08	0,93
Середнє	0,10	2,28	11,34	1,39	0,31	1,37	13,09	1,06	0,29
		Придонний шар							
Min	0,03	0,35	0	0,61	0	0	0,13	0	0
Max	0,39	6,12	65,12	11,44	12,37	12,83	40,67	10,44	0,91
Середнє	0,10	2,51	12,70	2,62	0,57	2,12	9,37	1,52	0,25
ГДК <sub>3</sub> г/дм <sup>3</sup>	0,05	0,005	0,050	0,010	0,005	-	-	-	-

Ґрунти рукавів дельти Дунаю класифікуються як сильно забруднені (III клас) з квітня по серпень, і лише зимова повінь в грудні значно понизила вміст в них НП. Ґрунти акваторії Жебріянської бухти з квітня по грудень мають III-IV клас забруднення, зменшення забруднення НП відбулося в грудні. Ґрунти узмор'я на станції дампіngu класифікуються як сильно забруднені і токсичні протягом всього періоду спостережень, що може бути слідством, як дампіngu ґрунту, так і впливом стоку з рукавів Потапівського і Прірва. Ґрунти гирлового узмор'я Дунаю також класифікуються як сильно забруднені і токсичні, про що свідчить хронічне забруднення ґрунтів НП придунайського узмор'я в цілому.

Слід зазначити, що рівень забруднення води і ґрунтів дельти Дунаю, Жебріянської бухти і узмор'я НП знаходиться в межах величин, зафіксованих в 1993-1997 рр.

### *Питання для самоконтролю*

1. Що таке естуарій?
2. У чому полягає проблема розподілу водного стоку?
3. Якій існує зв'язок між фізичними і хімічними процесами в естуарій області Дунаю?
4. Охарактеризуйте сучасний стан авандельти Дунаю.
5. Назвіть причину негативних тенденцій розвитку екосистем цих процесів.

## 5 НЕНАВМИСНЕ ВСЕЛЕННЯ ЧУЖОРІДНИХ ВОДЯНИХ ОРГАНІЗМІВ З БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ СУДЕН

«Вторгнення» шкідливих водяних організмів і патогенів в нове навколишнє середовище з судновим водним баластом і іншими шляхами визнане одним з чотирьох найсерйозніших погроз для Світового океану. З метою вирішення проблем, пов'язаних з перенесенням водного баласту, Міжнародна морська організація (ММО) здійснює ряд наступних заходів:

- ухвалення Керівництва ММО щодо контролю і управління судновим водним баластом з метою зведення до мінімуму перенесення шкідливих водяних організмів і патогенів;
- розробка нового міжнародного правового документа (Конвенції) по управлінню водним баластом;
- надання технічної допомоги країнам, що розвиваються, шляхом імплементації Міжнародної Програми ООН по управлінню водним баластом (ГлоБаласт).

Неможливо контролювати вторгнення чужерідних водяних організмів (ЧВО) і управляти ними, не знаючи наперед, *що вони собою являють і де їх постійне місце мешкання*. Керівництво ММО надає підтримку державам в проведенні біологічних досліджень і моніторингу на території їх портів. Завдяки результатам досліджень, можна контролювати виявлення деяких ЧВО і не рекомендувати суднам приймати на борт баласт у певних акваторіях, в певний час. Це може допомогти звести до мінімуму потрапляння на борт шкідливих організмів і вірогідність їх перенесення.

Було б у край бажано, якби дослідження ЧВО проводилися згідно до стандартизованих уніфікованих методів. Це допомогло б забезпечити контроль якості, дотримуватися основного мінімального стандарту і порівнювати дані різних регіонів. Така стандартизація надзвичайно важлива при здійсненні міжнародної діяльності, такої як судноплавство і транскордонне переміщення видів, яка вимагає високого рівня взаємодії і координації між усіма країнами.

Австралійський Центр по дослідженнях морських біологічних вторгнень (CRIMP) розробив типові протоколи дослідження ЧВО в 1996 році. Починаючи з 1996 року, вони були ретельно протестовані в 34 портах Австралії. У 2001 році протоколи були переглянуті і опубліковані [30].

Створення біологічних баз досліджень і потенціал дослідників ЧВО в шести великих портах різних найбільш розвинених регіонів світу є важливим кроком, спрямованим на вирішення проблеми ЧВО. Важливо, що Програма ГлоБаласт зробила значні зусилля для організації довгострокового моніторингу за ЧВО в цих регіонах і його поширення на інші регіони світу.

Протоколи CRIMP також прийняті Університетом Уельсу для портів Великобританії і Міністерством рибного господарства Нової Зеландії для всебічних досліджень. Вони були впроваджені на території США і запропоновані для використання країнам, розташованим на побережжі Балтійського, Середземного і Східно-Азіатських морів.

Зв'язок досліджень початкового етапу Програми ГлоБаласт з дослідженнями, які проводилися (або планувалися) в інших країнах і регіонах, забезпечує створення важливого стандартного блоку для функціонування необхідних систем міжнародного моніторингу і систем завчасного попередження.

Життєво важливим є те, що результати досліджень спрямовують в національні, регіональні і міжнародні бази даних, а також те, що вони пов'язані з системами комунікації і звітності, а це дозволяє міжнародному судноплавству і урядовим установам бути заздалегідь попередженими про появи спалахів шкідливих організмів. Це надасть допомогу і можливість вжити відповідних і своєчасних заходів по управлінню спалахами.

#### 5.1 Вивчення інтрузії водяних організмів (на прикладі акваторії Одеського порту)

Цілями і завданням базового біологічного дослідження акваторії порту Одеса є:

- надання базових даних про різноманітність видів, їх розповсюдження і щільність у водному середовищі акваторії порту;
- визначення наявності/відсутності ЧВО в порту;
- забезпечення персоналу в Україні, якій займається дослідженнями і моніторингом ЧВО у всіх аспектах, належним навчанням і засобами проведення досліджень;
- розробка комплектів рекомендацій і підтверджуючих документів щодо ЧВО в Україні;
- накопичення фундаментальних даних для створення бази і інформаційної системи ЧВО в Україні;
- створення достатньої бази для здійснення довгострокового моніторингу за ЧВО в порту Одеса, проведення досліджень ЧВО і моніторингу в інших аналогічних портах України;
- створення умов для можливого виявлення ЧВО, функціонування систем завчасного попередження і звітності, пов'язаних з іншими системами в регіональному і світовому масштабі.



Одеський порт – найбільший в Україні. Він спроможний переробляти щороку 24 млн. т наливних і 14 млн. т сухих вантажів, зокрема, в 100000 умовних одиниць (20-футових) контейнерів, а також обслуговувати 4 млн. пасажирів. У 2001 р. через нього пройшло близько 29 млн. т вантажів, тобто це третина з майже 90 млн. т, оброблених у всіх 18 морських портах України. Цю кількість вантажів склали: 13,5 млн. т нафти, 4,9 млн. т нафтопродуктів, 6,2 млн. т металу, 0,4 млн. т зерна і хлібопродуктів, 0,1 млн. т зрідженого газу.

Природні глибини в затоці не перевищують 14 м. На підхідних каналах до порту і у деяких причалів глибини, завдяки штучному днопоглибленню, підтримуються на рівні 16-18 м. Найбільш мілковода частина порту припадає на Практичну і Заводську гавані, де глибини 2-5 м.

З північного сходу порт захищений Старим і Новим хвилеломами; зі сходу – Карантинним і Рейдовим молами, з півночі – молотом Нафтової гавані. Це накладає деякі обмеження на обмін вод акваторії порту і відкритої частини затоки, який здійснюється через проходи між хвилеломами і підхідні канали.

На гідрологічні умови Одеської затоки і порту значно впливають багатоводні річки Дніпро і Південний Буг. Їх площі водозбору 504000 і 63700 км<sup>2</sup>, а середні об'єми річкового стоку 43,8 і 2,8 км<sup>3</sup> відповідно. Вплив обумовлений також відносною близькістю (57,8 км) від порту до виходу з Дніпро-бузького лиману, води якого, за певних вітрових умов, легко досягають Одеської затоки і порту.

Порт розташований у межах міста Одеса близько до рекреаційних зон і міських піщаних пляжів. Відстань від південного входу в порт (Одеський маяк) до пляжу Ланжерон складає 2,3 км і від північного входу (Нафтова гавань) до пляжу Лузанівка – 3,5 км.

*Організми-вселенці.* Аналіз численної інформації стосовно проблеми біологічних інвазій в Чорне море, дозволяє скласти загальне уявлення про дане явище, а також представити його хронологію. Серед водяних рослин і тварин (виключаючи ссавців) Чорного моря до 2001 року було зареєстровано 55 видів вселенців, з яких 18 – зустрічалися в Одеській затоці і могли бути виявлені в акваторії Одеського порту.

Характеризуючи хронологію реєстрації екзотичних організмів в Чорному морі на протязі ХХ століття, можна виділити три періоди їх інтродукції, які були пов'язані з діяльністю людини. Перший (1920-1950-і роки) – період інтенсивного розвитку судноплавства, будівництво портів. У цей період зареєстровано 9 вселенців з середньою інтенсивністю появи: 1 вид на кожні 4 роки. Якщо не зважати на риб і устрицю, які були переселені в море навмисно, практично вся решта організмів проникла з обростанням суден. Другий період (50-80-і роки)

характеризувався посиленням процесу проникнення нових видів. Всього за 30 років їх було виявлено 24. Якщо не враховувати спроб штучної інтродукції риб і ракоподібних (13 видів), швидкість вселення чужорідних організмів в цей період досягла 1 виду на кожні 2,5 роки. До другого періоду відноситься також проникнення багатьох мешканців Чорного моря, зокрема вселенців, в Азовське у зв'язку з його осолонюванням і зарегулюванням стоку Дону і Кубані. Нарешті, третій період (80-90-і роки) відрізнявся інтенсивним вселенням чужорідних організмів, що було пов'язано з порушенням сталості екосистеми Чорного моря з-за антропогенного евтрофування, а також появою великотоннажних суден, що використовують як баласт морську воду. Інтенсивність вселення впродовж третього періоду склала, в середньому, 1 рік – 1 вид. На переважання проникнення вселенців з баластними водами указує та обставина, що два нові види – гребневики *Mnemiopsis leidy* і *Beroe ovata* є планктонними організмами на всіх етапах свого розвитку.

Резюмуючи сказане, можна констатувати, що близько 41% вселенців (14 видів) не рахуючи риб, потрапили в Чорне море за допомогою суден, і своїм життєвим циклом тісно пов'язані з твердим субстратом. Підтвердженням факту завезення нового виду рослин і тварин водяним транспортом служать місця їх перших виявлень. Як правило – це райони крупних портів, зокрема, Варненської і Одеської заток, Севастопольської і Новоросійської бухт. У Одеській затоці відмічено 18 екзотичних видів, що склало 33% від їх загальної кількості, виявленої в Чорному морі. Дана обставина свідчить про безумовний зв'язок вселень з судноплаванням – близькістю портів Одеси і Іллічівська, розташованих на віддаленні близько 20 км один від одного.

Разом із різким збільшенням об'ємів баластних вод, що перевозяться суднами, зросла вірогідність переселення водних організмів. Не менш важливою причиною стрімкого зростання числа видів-вселенців, що змінюють вигляд екосистеми Чорного моря, як за біологічною структурою, так і за функціональною активністю, стало евтрофування. Порушення гомеостазу екосистеми, викликане істотним збільшенням надходження в море біогенних речовин, призвело до стимулювання розвитку дрібних високопродуктивних організмів. Трофічні ланцюги, що склалися тисячоліттями стали рушитися, звільняючи екологічні ніші. Більшість гідробіонтів-вселенців характеризуються максимальною питомою продуктивністю, що дозволяє їм перемагати в конкурентній боротьбі з аборигенними видами, вони краще пристосовуються до потоку органічної речовини, що посилюється [31].

## 5.2 Оцінка і зниження ризику занесення небезпечних водяних і патогенних організмів з судновими баластними водами: біологічний і судноплавний аспекти проблеми

Не зважаючи на те, що біологічні аспекти проблеми переселення водних організмів вивчаються фахівцями ось вже більше 100 років, найбільш гостра необхідність в контролі і попередженні даного явища виникла недавно.

За даними Міжнародної морської організації щорічно в світі перевозиться близько 10 млрд. т баластних вод, в яких зареєстровано близько 3000 водяних організмів. Загальна кількість суден, що проходять Босфор, склала, в середньому, для періоду 1995-2000 рр. 47-51 тис./рік, з них суден, довжиною понад 200 м – 2-7 тис./рік.

Інтенсивність вселення чужорідних організмів в різні райони Світового океану за останні 200 років має наступну динаміку: прибережна зона і естуарії Атлантичного і Тихоокеанського побережжя Північної Америки – 298 видів, Середземне море – 240 видів, прибережна зона Австралії – 210 видів, Балтійське море – 105 видів, Чорне море – 75 видів.

Інтенсивність вселення екзотичних видів зростає в геометричній прогресії, що описується експоненціальним рівнянням. З'явився ряд публікацій, в яких автори, на основі фактичних даних за хронологією реєстрації випадків біологічних інвазій, виводять формули прогнозу найближчих перспектив внесення чужорідних організмів. Такі рівняння виведені для побережжя США, а також басейну Чорного моря.

За оцінками експертів основними чинниками переселення організмів в Світовому океані є: судноплавство (51% зареєстрованих випадків інвазій), рибальство – 15%, судноплавство і рибальство – 22%. Якщо до початку 70-х років однією з основних причин переселення організмів була марікультура – навмисне переселення організмів з їх подальшою акліматизацією для підвищення рибопродуктивності водоймищ і поліпшення асортименту харчової продукції, то сьогодні найбільш важливим антропогенним чинником, що визначає нові інвазії, є водний транспорт. Процес інтродукції чужорідних видів з баластними водами суден прийняв глобальний характер і навіть одержав таку красномовну назву як «екологічна рулетка».

За останнє десятиліття фахівці звернули увагу на потенційну небезпеку нових переселень організмів з водним транспортом в різні райони Світового океану. Проте, тільки після економічного обґрунтування наслідків біологічних інвазій дана інформація була прийнята до дії цілим рядом міжнародних організацій: International Council for Exploration of the Sea (ICES), International Maritime Organisation (IMO), International Oceanographic

Commission (IOC) і ін. Вселення молюска дрейсени з Дніпро-бузького лиману у Великі Озера, викликало економічні втрати США в розмірі до 500 млн. USD/рік. Вселення гребневіка мнеміопсиса в Чорне море з прибережних акваторій Атлантичного побережжя США обійшлося причорноморським країнам в 300 млн. USD/рік. Значних втрат зазнало рибальство в Балтійському морі внаслідок переселення з Чорного моря хижого планктонного рачка церкопагеса.

В зв'язку з цим були запроваджені спеціальні наукові товариства по вивченню біологічних інвазій, по спеціально затвердженим програмам. Наприклад, разом з програмою ІМО «ГлоБаласт» була затверджена до фінансування міжнародна програма Global Invasive Species Program – GISP. Створено спеціальний щомісячний науковий журнал (Biological Invasions – Kluwer Academic Publishers), з'явилися навіть спеціальні законодавчі акти: «Керівництво по запобіганню внесенню небажаних водних і патогенних організмів в результаті скидання з суден водного баласту і осаду», прийнята в листопаді 1993 року Асамблеєю ІМО резолюція А.774(18); виконавча директива президента Клінтона № 13112 за 1999 р. «Про види вселенців».

Оцінка ризику біологічних інвазій з баластними водами – один з основних компонентів Програми «ГлоБаласт». Вона зводиться до розрахунку вірогідності потрапляння екзотичних видів в акваторію водоймищ при заміні суднового баласту. Оскільки сьогодні технічні рішення проблеми стерилізації баластних вод знаходяться у стадії розробки і апробації, практично єдиним способом понизити вірогідність завезення вселенців є заміна баласту у встановлених районах Світового океану. Вибір районів і елементарні правила заміни баласту засновані на загальних закономірностях розподілу організмів в Світовому океані.

Основні правила заміни баласту і їх біологічне обґрунтування:

- заміну баласту слід проводити у відкритих водах (точніше було б говорити над глибинами більше 50 м). Як правило, це повинні бути райони за межами шельфу, де концентрація водних мешканців на декілька порядків величин нижча, ніж в прибережній зоні. Крім того, це райони з низькою різноманітністю біотопу (місць мешкань), де могли б прижитися привезені організми. Відкриті води значно віддалені від берега, до якого прямують привезені вселенці (як правило, вони мешкають, харчуються і розмножуються в прибережній зоні) і чим більша ця відстань, тим вища вірогідність того, що вселенці будуть з'ідені представниками аборигенної фауни (безхребетними, рибами і ссавцями);

- зміну баласту проводити в світлий час доби. Вночі багато видів планктонних і бентосних організмів мігрують до водної поверхні. Таким чином, загальна концентрація і видова різноманітність водяних організмів в

темний час доби істотно зростає в приповерхневому шарі, де проводиться забір баластної води.

Не зважаючи на існування рекомендованих районів заміни баласту, частіше за все його замінюють безпосередньо в акваторії порту. Зокрема, в Одеському порту за останні два роки загальний об'єм скинутого водного баласту склав 4-5 млн. м<sup>3</sup>, що складає близько 15% об'єму води акваторії порту. Це пояснює велику кількість вселенців (15 видів) із числа тих, що ніколи раніше не зустрічалися в Чорному морі. Вони виявлені під час базових досліджень за програмою «ГлоБаласт».

В зв'язку з цим передбачається, що оцінка ризику біологічних інвазій дозволить регулювати скидання баласту в акваторії порту. При цьому суднам з «низьким ризиком» може бути дозволене скидання баласту безпосередньо в порту, а з «високим» – лише в рекомендованих районах, або на станції очищення баластних вод (можливо, в майбутньому, такі станції будуть спеціально створені не тільки для збору нафтопродуктів).

Розрахунок вірогідності завезення шкідливих і небажаних організмів, інакше, оцінка ризику, базується на обчисленні 4-х коефіцієнтів. Перші два коефіцієнти відображають географію (походження) водного баласту: об'єм баластних вод і частоту їх завезення від конкретного порту (напрями). Третій коефіцієнт показує ступінь схожості місця існування порту донора баластних вод і порту реципієнта. Нарешті, четвертий коефіцієнт, відображає біологічну небезпеку баласту, що перевозиться, і містить інтегровані дані по загальній кількості вселенців, числу теоретично небезпечних видів.

Означена розрахункова методологія, не дивлячись на її прогресивність, поки залишається недосконалою з ряду причин:

- відсутність повної інформації про біологічну складову екосистем портових акваторій. Для багатьох портів така інформація зовсім відсутня, а для решти вивчена різною мірою. В зв'язку з цим, часто може виникати ситуація, коли „біологічно” не вивчений порт представлятиме мінімальну небезпеку з огляду можливих інвазій, і навпаки;

- недостатньо обґрунтована вагома частка кожного з чотирьох розрахункових коефіцієнтів. В даний час, за відсутності повної біологічної інформації оцінка ризику відображає лише вектор завезення баластних вод, а не їх біологічну небезпеку;

- оцінка ризику базується на початковій сумнівній інформації по операціях з судновим баластом, що виписується інспектором з судового журналу.

Рекомендації щодо оцінки ризику нових вселень:

- створити автоматизовану судову систему по реєстрації часу, місця (координати) і об'єму узятих (або скинутих) баластних вод, їх температури і солоності;
- обґрунтувати коректні методи визначення (оцінки) ризику вселення.

Завдання щодо зниження ризику занесення небезпечних водяних і патогенних організмів (далі – НВПО) з судовими баластними водами має низку вже вироблених світовою спільнотою способів, якщо не рішень, то, в усякому разі, рекомендацій по мінімізації небажаних наслідків. На жаль, очевидні з погляду біології заходи, які повинні були б прийняті на судні з метою такої мінімізації, не завжди співпадають з правилами експлуатації морських суден, вимогами, виробленими людством і викладеними в міжнародних і національних морських правилах убезпечення судна і екіпажа.

Основний набір рекомендацій для використання судовими екіпажами міститься в „Керівництві за контролем водного баласту суден і управлінню ним для зведення до мінімуму перенесення небезпечних водяних і патогенних організмів”, схваленого 20 Асамблеєю Міжнародної морської організації (ММО) 27 листопада 1997 року.

Однією з базових рекомендацій, направлених на кардинальне (або майже кардинальне) зниження ризику занесення НВПО і їх виживання в нових екосистемах, є рекомендація по прийому баласту «на глибокій воді» або, принаймні, його заміни там. Прийнята таким чином вода не несе в собі, як правило, небезпечної для прибережної екосистеми біологічної складової: дуже відмінні умови життя в цих водах унеможливають виживання занесених видів. Однак проблеми, які виникають при цьому, часто підвищують «вартість» такого рішення до неприпустимо високого рівня. Не прийнявши необхідну кількість баласту під час розвантаження, судно майже завжди (а танкер і балкер – завжди) втрачає свої основні характеристики, що дозволяють безпечно рухатися. Це і остійність, і керованість, подовжня і поперечна міцність, і огляд з містка, і парусність. До десятка істотних характеристик судна, що полягають в основі безпечного мореплавання, виходять з проектних норм!

Маневри такого судна по акваторії порту істотно утруднені. Виникає потреба залучення додаткових буксирів, з'являються нештатні ситуації, пов'язані із зміненням основних елементів руху судна. За складних погодних умов судно просто стає некерованим на хвилях до моменту, поки баласт не буде прийнятий на борт в розрахунковій кількості. Надмірно говорити, що на цей період судно стає джерелом підвищеної небезпеки для інших суден, портових споруд, людського життя, вантажів, іншого майна тощо.

Аналогічна картина спостерігається набагато частіше в портах, де введені безрозсудно жорсткі правила скидання баласту і капітани прагнуть зайти на завантаження з мінімальною його кількістю на борту.

З не меншими небезпеками пов'язане і замінення баласту у відкритому морі. Конструктивно на існуючих суднах передбачений тільки один метод заміни баласту: послідовний (тобто, повне скидання і подальший прийом). Цей метод, особливо за несприятливих погодних умов, зберігає такі ж неприємності, що і відмова від закачування баласту в акваторії порту, яку ми розглянули вище. Окрім цього, потрібні значні енерговитрати на перекачування десятків і сотень тонн води, що потребує збільшення запасів палива, мастила, величини трудовитрат і ін.

Проте, строго кажучи, потрібного ефекту при такій кількості негативних супутніх чинників досягти, все одно, не вдасться. Донні осади з баластних танків (вони мають дуже складну і насичену елементами внутрішню конструкцію) фактично, без спеціальних заходів по очищенню з розчином, видалити в рейсі неможливо.

Інший метод, що набув останнім часом широкого розповсюдження – це метод заміщення переливом, коли в баластні танки приймається вода, яка витискує їх вміст завдяки повітрю і міряльним трубам. Прийнято вважати, що триразове прокачування через танк нової води фактично еквівалентне за своєю ефективністю попередньому методу. Відмітимо в дужках, що і за неможливістю видалити осади – теж.

Позбавившись за допомогою такого метода заміни баласту від ряду неприємностей, пов'язаних з тимчасово порожніми танками судна, екіпаж фактично йде на грубе порушення правил технічної експлуатації, коли використовує судові системи і танки в нерозрахунковому, екстремальному режимі. На час операції слід зняти повітряні головки з труб, відкрити пробки міряльних пристроїв. Надмірно говорити, до яких наслідків може призвести така «самодіяльність» в аварійній ситуації і наскільки знижується живучість судна. Окрім цього, судовий набір, палуба, перегородки піддаються нерозрахунковим навантаженням, пов'язаним з надмірним тиском в баластній магістралі і танках. Це здатне викликати, особливо на старих суднах, порушення геометрії палуб і перегородок, водотечу корпусу і систем.

Таким чином, при всіх перерахованих незручностях і небезпеках, проблема перенесення НВПО повністю не розв'язується. Саме тому в проекті нової міжнародної конвенції по управлінню баластними водами і осадами, що розробляється ММО, заміна баласту визнається лише тимчасовим, вимушеним заходом, який перестане широко застосовуватися у міру розвитку інших технологій захисту.

Додатковими заходами, доступними сьогодні капітану, Керівництво ММО називає:

- виключення прийняття баласту на мілководді, де підвищена вірогідність захоплення через кінгстон донних відкладень;
- виключення прийняття води в темний час доби, коли багато видів організмів піднімаються ближче до поверхні моря;
- виключення забору води в районах її цвітіння і т.д.

Правильніший і перспективніший напрям вирішення проблеми криється в пошуку методів обробки баластних вод на борту судна при зберіганні або скиданні баласту. Розроблення адекватної технології у ряді країн, під егідою великої кількості міжнародних і національних проектів протягом більш десяти років виявив декілька найбільш ефективних напрямів. Перш за все, це обробка води перед скиданням (ультрафіолетовими променями, озоном, біогенними речовинами; фільтрування, гравітаційна сепарація і деякі інші методи). Зазначимо, що деякі напрями пошуку вже випробувались неодноразово в багатьох країнах. Проте, необхідного рішення, яке б повністю задовольняло всім вимогам, що пред'являються до суднових установок, поки не знайдено. Пошук такого рішення триває сьогодні і в Україні.

### *Питання для самоконтролю*

1. Що таке інтрузія водяних організмів?
2. У чому полягає проблема біологічного забруднення морської екосистеми?
3. Яка мета Програми ООН “ГлоБаласт”?
4. Яким чином здійснюється пошук інтродуцентів?
5. Назвіть методи оцінки ризику біологічного забруднення морської екосистеми.



## 6 МІНІМІЗАЦІЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ І РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

### 6.1 Днопоглиблення і дампінг ґрунту

*Дампінг* – навмисне скидання в поверхневій воді ґрунтів днопоглиблення, які з'являються унаслідок проведення будь-яких підводних земляних робіт (будівництва гідротехнічних споруд, поновлення проектних глибин акваторій тощо).

*Днопоглиблення* – комплекс робіт із створення штучних глибин у водоймищах для інженерних споруд або інших цілей. Воно включає розробку, транспортування і складування ґрунтів. Розрізняють *ремонтне днопоглиблення* – для підтримки навігаційних глибин на акваторіях і підхідних каналах і *капітальне днопоглиблення* – днопоглиблення в корінних породах для створення нових або реконструкції існуючих споруд.

*Підводне звалище* – це спеціально відведена ділянка дна водоймища для складування ґрунтів днопоглиблення при вільному скиданні їх у воду.

*Береговий відвал* – це ділянка суші або прибережних вод, обрамована по контуру або його частині гідротехнічними спорудами, що забезпечують акумуляцію ґрунтів днопоглиблення з формуванням території.

При здійсненні днопоглиблювальних робіт і дампінгу ґрунтів основними параметрами водного середовища, які можуть змінюватися є: режим каламутності, гідрохімічний режим, умови існування водних організмів, рельєф дна в районі проведення робіт.

Основним способом попередження погіршення якості водного середовища при днопоглибленні є дослідження складу і властивості ґрунтів, що розробляються. При цьому повинні бути визначені фізичні властивості ґрунту, хімічний склад, санітарно-гігієнічні показники ґрунтів.

У таблиці 6.1 представлена класифікація ґрунтів днопоглиблення відносно Азовсько-Чорноморського басейну за ступенем їх забруднення.

Загальним критерієм, що визначає клас ґрунту за ступенем забрудненості, є інтегральний показник. Він є сумою відношень середніх концентрацій кожного інгредієнта в пробах ґрунту до відповідної концентрації інгредієнта в еталонному класі (клас А).

Якщо один з інгредієнтів забруднювальних речовин має концентрацію, що перевищує напівсуму граничних значень для класу, визначеного за інтегральним показником, і поряд стоячого вищого класу, то слід ґрунт віднести до вищого класу.

Таблиця 6.1 – Класифікація ґрунтів днопоглиблення Азово-Чорноморського басейну за ступенем їх забруднення

Інгредієнти (мг/кг)	Класи				
	A	I	II	III	IV
Кадмій	≤ 1.0	> 1.0	> 2.0	> 3.0	> 5.0
Ртуть	≤ 0.1	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.5
Свинець	≤ 10	> 10	> 20	> 100	> 200
Цинк	≤ 60	> 60	> 80	> 150	> 400
Мідь	≤ 30	> 30	> 50	> 100	> 250
Миш'як	≤ 5.0	> 5.0	> 6.0	> 8.0	> 10
Загал. фосфор	≤ 670	> 670	> 800	> 1000	> 1200
Загал. фтор	≤ 200	> 200	> 400	> 500	> 600
Ціаніди	Не знайдені				
Нафтопродукти	≤ 100	> 100	> 200	> 300	> 1000
Феноли	≤ 1.0	> 1.0	> 1.5	> 2.0	> 3.0
Coli-index	Відсутня	$4 \cdot 10^2 - 8 \cdot 10^4$	$10^4 - 1.2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^5 - 10^6$	$> 10^6$
Мікробне число (загальна чисельність бактерій)	Відсутня	$10^2 - 9.5 \cdot 10^4$	$1.8 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^5$	$10^5 - 9 \cdot 10^6$	$> 2.9 \cdot 10^6$
Санітарно-токсичний показник (дегенерація культури клітин)	Відсутня	Помірна	Виражена	Тотальна	
Інтегральний коефіцієнт забруднення відносно еталону	Еталон	≤ 15.0	≤ 30	≤ 60	> 60

При оцінюванні впливу днопоглиблювальних робіт технологічний процес розбивається на три етапи:

- 1) безпосередньо розробка донних ґрунтів;
- 2) транспортування ґрунтів до місця складування;
- 3) складування ґрунтів на підводне звалище.

## 6.2 Розрахунок збитку, завданого водному середовищу і біологічним ресурсам

При розрахунку збитку використані: «Тимчасова методика оцінки збитку, що наноситься рибним запасам в результаті будівництва, реконструкції і розширення підприємств, споруд і інших об'єктів і проведення різних видів робіт на рибогосподарських водоймищах» М.: 1989; «Порядок встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього середовища і стягнення цього збору», затверджений Ухвалою Кабінету Міністрів України № 303 від 1.03.1999 г із Зміною № 402 від 28.03.2003 р. і «Інструкція про порядок розрахунку і сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища» № 162/379 від 19.07.99 р.

Загальний збиток (Y) дорівнює сумі втрат, що наносяться водним біоресурсам (Y<sub>1</sub>) і водному середовищу (Y<sub>2</sub>):

$$Y = Y_1 + Y_2 \quad (6.1)$$

У зв'язку з тим, що при проведенні робіт основним об'єктом негативної дії є кормова база риб, величина збитку в натуральному вираженні розраховується за формулою:

$$N = n_0 \times P / B \times 1 / K_2 \times K_3 / 100 F \times T \times 10^{-6}, \quad (6.2)$$

де N – величина збитку від загибелі кормових організмів в т; F – об'єм (м<sup>3</sup>), площа (м<sup>2</sup>) ураження; P/B – коефіцієнт для перетворення біомаси кормових організмів на продукцію кормових організмів; n<sub>0</sub> – середня концентрація кормових організмів, г/ м<sup>3</sup> води; K<sub>2</sub> – кормовий коефіцієнт для перетворення продукції кормових організмів на рибопродукцію; K<sub>3</sub> – показник гранично можливого використання кормової бази рибою, у відсотках; T – коефіцієнт кратності, що відображає час негативної дії; 10<sup>-6</sup> – множник для переведення грамів в тонни.

Згідно до п. 4 «Тимчасової методики...» вартісна величина збитку може визначатися за допомогою розрахунку капітальних вкладень на здійснення заходів, компенсуючих збитки, нанесені рибним запасам. В цілях компенсації збитку доцільне будівництво заводу (рибоводу), по розведенню осетрових. В основу покладені розрахунки питомих капіталовкладень на виробництво 1 т риби-сирцю промповернення інституту «Укррибпроект», на об'єкти-аналоги, рибоводи.

Збиток у вартісному вираженні в цьому випадку розраховується по формулі (6.3) «Тимчасової методики...»:

$$K = \sum_{i=1}^n (M_i \times K_i) \times E_n \times t_i, \quad (6.3)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;  $t_i$  – час негативної дії на рибні запаси;  $i$  – тип заходу або об'єкту;  $M_i$  – потужність його по промислового поверненню, в тоннах;  $K_i$  – питомі капітальні вкладення в об'єкти даного типу.

У разі проведення робіт в нерестовий період необхідно враховувати величину збитку, що наноситься водним біологічним ресурсам унаслідок погіршення умов нересту. Даний розрахунок збитку повинен проводитися додатково при кожному конкретному випадку і в питомому розрахунку, що приводиться нижче, не враховується.

Розміри платежів за викиди забруднювальних речовин в поверхневі води, територіальні і внутрішні морські води визначається по формулі:

$$P = \sum_{I=1}^N [(H_{\delta i} \times M_{\lambda i}) + (K_n \times H_{\delta i} \times M_{ni})] \times K_T \times K_{ind}, \quad (6.4)$$

де  $P_B$  – розмір платежу, грн.;  $H_{\delta i}$  – базовий норматив сплати за викид 1 т і-ої забруднювальної речовини в межах ліміту, грн/т;  $M_{ni}$  – маса річного скидання і-ої забруднювальної речовини в межах ліміту. У нашому випадку  $M_{\lambda i} = 0$ .

Отже, формула набуває вигляду:

$$P_B = \sum_{I=1}^N K_N \times H_{\delta i} \times M_{ni} \times K_T \times K_{ind}, \quad (6.5)$$

де  $K_N$  – коефіцієнт кратності сплати за понадлімітні скидання забруднювальних речовин;  $K_T$  – регіональний коефіцієнт, що враховує територіальні екологічні особливості.  $K_T$  для басейнів Чорного і Азовського морів дорівнює 2,0;  $M_{ni}$  – маса понадлімітного річного скидання і-ої забруднювальної речовини, т;  $K_{ind}$  – коефіцієнт індексації ( $K_{ind} = 1$ ).

### *Питання для самоконтролю*

1. Що таке дампінг ґрунтів і яка його необхідність?
2. Що таке днопоглиблення і які заподії від днопоглиблювальних робіт?
3. Що таке морський відвал ґрунту і в чому полягає його необхідність?
4. Яким чином визначається клас ґрунту за ступенем забруднення?
5. Які параметри необхідні для розрахунку нанесення збитків водному середовищу і біологічним ресурсам?
6. Для яких видів виробничої діяльності необхідне проведення розрахунку збитку?

## 7 ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА НАФТОЮ І НАФТОПРОДУКТАМИ

### 7.1 Основні джерела надходження нафти і нафтопродуктів в Світовий океан

Відкриття нових місць накопичень нафти на шельфі морів і океанів активізувало пошуки шляхів ефективного і безпечного транспортування нафти морем. Разом з традиційним, найпоширенішим способом, перевезення нафти і нафтопродуктів (НП) за допомогою танкерів, останніми роками інтенсивно розробляються проекти прокладення трубопроводів по дну моря, що здешевить і, як здається, забезпечить сам процес транспортування нафти і НП. Але при розгляді цих методик, як перший спосіб, так і другий не виключають аварійні ситуації, наслідком яких є розливи нафти і НП та забруднення обширних акваторій моря і шельфової зони.

Найбільша забрудненість нафтою спостерігається поблизу узбережжя промислово розвинених країн, уздовж напружених морських комунікацій і в районах морських нафтових промислів. Викиди нафти і НП в результаті аварій нафтоналивних суден також можуть викликати забруднення значних морських акваторій.

Нафта і НП є вантажем, що ставить перед морським транспортом численні якісні вимоги. Організація навантажувально-розвантажувальних робіт і устаткування для їх здійснення, а також способи транспортування нафти і НП, тісно пов'язані з питаннями охорони навколишнього природного середовища.

Основними джерелами надходження НП в Світовий океан є:

1) морське транспортування – 1,83 млн. т/рік; 2) аварійні розливи – 0,3 млн. т/рік; 3) річковий стік, включаючи стічні води міст – 1,9 млн. т/рік; 4) стічні води прибережної зони – 0,8 млн. т/рік; 5) атмосферні опади – 0,6 млн. т/рік; 6) природні нафтові свердловини – 0,6 млн. т/рік; 7) видобування нафти в морі – 0,08 млн. т/рік. Всього у Світовий океан протягом року з вищевідзначених джерел надходить 6,11 млн. тонн.

Внесок джерел надходження НП в морське середовище оцінюється таким чином: скидання вод з суден – 23%, скидання в портах і припортових акваторіях – 17%, скидання промислових відходів і стічних вод – 10%, зливові стоки – 5%, катастрофи суден і бурових установок – 6%, буріння на шельфі – 1%, атмосферні опади – 10%, винесення річковим стоком – 28%. В межах північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) може існувати більшість з вказаних джерел надходження НП в морське середовище (зливові

стоки, що відносять нафтові забруднення з побережжя, замивання танків танкерів і т.д.).

У нафті і НП присутні сіркомісткі (до 7% сірки), кисневомісткі (до 5% кисню) і азотомісткі (до 1% азоту) сполучення, а також металоорганічні (з *V*, *Ni*, *Co*) порфіринові комплекси. Продукти переробки нафти (НП) можуть бути як складною сумішшю різних вуглеводнів (бензин, гас), так і неуглеводневих фракцій (смоли, асфальтени, мазут, дизельне паливо). У зв'язку із цим, залежно від фізико-хімічних властивостей і хімічного складу нафти і НП, змінюються не тільки методи їх визначення, але й негативні впливи на стан морської екосистеми.

Форми існування нафти і НП різноманітні: розчинена, емульгована, плівкова, твердоподібна.

Оскільки ступінь забруднення морів все зростає, то нерідко здатність води до самоочищення виявляється вже недостатньою, щоб справитися з кількістю забруднювальних речовин, що скидаються і яка постійно зростає (в т.ч. НП). Поля забруднення формуються, в основному, в прибережних водах потужних промислових центрів, а також в районах інтенсивного судноплавства і нафтовидобутку.

Забруднювальні речовини течіями розповсюджуються дуже швидко і надають шкоди морському середовищу і гідробіонтам, завдають збитку економіці і стану морських екосистем. Схема розповсюдження НП для умов Чорного моря відображена на рис. 7.1. У зв'язку із зростанням видобутку, транспортування, переробки і споживання нафти і НП зростають і масштаби забруднення природного середовища.

Одним із джерел забруднення морського середовища нафтою і НП є морські бурові платформи. При аварійній ситуації, коли не вдається перекрити джерело забруднення нафтою і площа нафтової плями значна, спроби зібрати нафту з поверхні моря часто демонструють повну неспроможність технічного обладнання, по видаленню нафтових плям.

Збільшення споживання нафти і НП у всьому світі призвело до значного збільшення танкерного флоту. У портах не вдається вивантажити нафту і НП повністю. Близько 1% її витрачається на випаровування, а також залишається на стінках і днищах танкерів. Доводиться танки промивати, а це найчастіше роблять у відкритому морі. І оскільки порожній танкер втрачає керуваність і щоб уникнути цього, в танкери закачують морську воду як баласт. Перед кожним новим завантаженням баласт викачують разом із залишками нафти і НП. За підрахунками фахівців танкери і інші судна, які промивають свої трюми у відкритому морі, залишають в ньому більше 2 млн. тон нафти на рік.

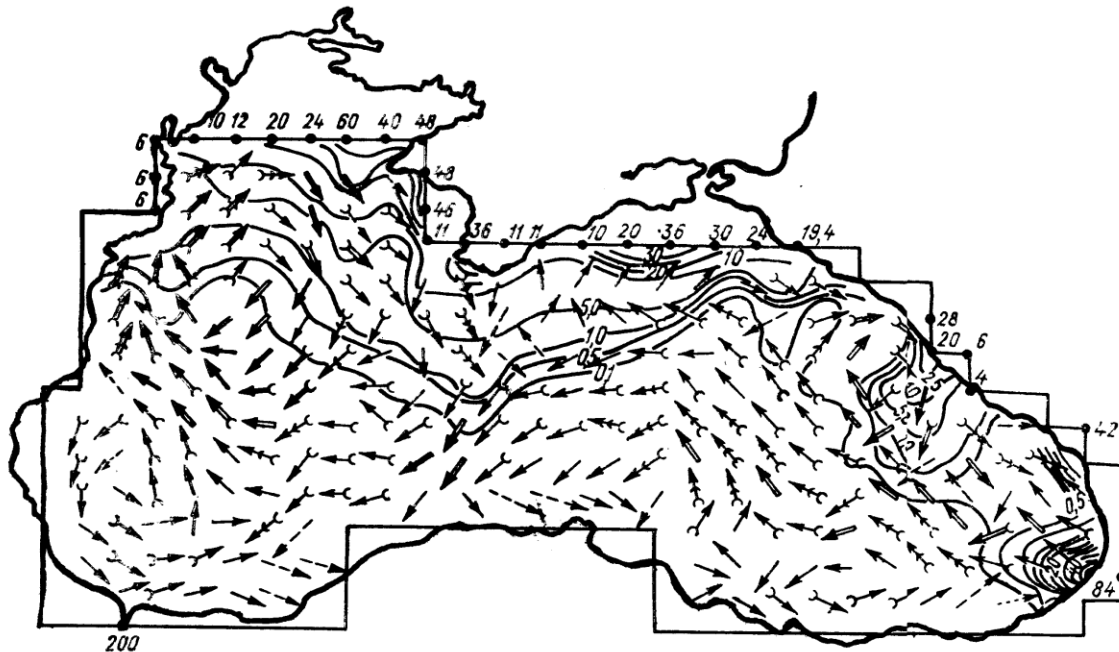


Рисунок 7.1 – Розповсюдження пасивної домішки від берегових джерел скидання і картина течій весною у Чорному морі на глибині 10 м

В межах ПЗЧЧМ значних розливів нафти і НП не зафіксовано, але розширення мережі транспортних коридорів і створення нових потужних нафтотерміналів, не виключає в перспективі таких аварійних ситуацій. У зв'язку з цим, вважається доцільним навести найбільш відомі приклади розливів нафти і НП.

Найбільші втрати сирової нафти і НП пов'язані з її транспортуванням із районів видобування. Аварійні ситуації, зливання за борт танкерами промивальних і баластних вод – все це обумовлює наявність постійних полів забруднень на трасах морських шляхів.

Великі маси нафти і НП надходять з суші в моря по річках у складі поворотних вод, особливо з комунально-побутовими і зливовими стоками. Об'єм забруднення нафтою і НП з цього джерела перевищує 2 млн. т/рік. Зі стоками нафтопереробних заводів і інших промислових об'єктів щороку в море надходить до 0,5 млн. тонн нафти і НП.

Потрапляючи в морське середовище, нафта спочатку розтікається у вигляді поверхневої плівки, утворюючи сліди різної потужності. За кольором плівки можна приблизно оцінити її товщину. Нафтова плівка змінює інтенсивність і спектральний склад проникаючого у водну масу світла. Пропускання світла тонкими плівками сирової нафти складає 1-10% (280 нм), 60-70% (400 нм). Характерною властивістю нафти є її флуоресценція при



ультрафіолетовому опромінюванні. Максимальна інтенсивність флуоресценції спостерігається в інтервалі хвиль 440-483 нм.

Для оцінювання забруднення нафтою і НП використовується відмінність оптичних характеристик нафтових плівок і морської води. З цією метою застосовують різні методи, які базуються на визначенні випромінювання (природного відбитого) або випромінюваного системою «нафта–вода». Ефективність використання цих методів залежить від випромінювальних і відбивних характеристик поверхні – температури, параметрів атмосфери, спектрального діапазону спостережень, кута візування і поляризації. Для виявлення нафтових плівок використовуються спектральні скануючі системи, відеосистеми, апаратура з відповідною оптикою і фільтрами.

Дистанційні методи контролю за забрудненням водної поверхні дуже перспективні. За приблизними оцінками швидкість пересування нафтових плям складає 60% швидкості течії і 2-4% швидкості вітру, причому, нафта рухається за напрямом вітру. Нафтова плівка повністю знищує капілярні хвилі, пригнічує дрібні гравітаційні хвилі і в 2-3 рази зменшує параметр натягнутості водної поверхні.

Зразу після утворення нафтових сліків велике значення має процес випаровування вуглеводнів. За даними спостережень, за 12 годин випаровується до 25% легких фракцій нафти, при температурі води 15°C всі вуглеводні до C<sub>15</sub> випаровуються за 10 діб.

Всі вуглеводні володіють слабкою розчинністю у воді, яка зменшується із зростанням числа атомів вуглеводню в молекулі. Розчинні компоненти, вміст яких в сирій нафті не перевищує 0,01%, є найбільш токсичними для водних організмів. Змішуючись з водою, нафта утворює емульсії двох типів: прямі – «нафта у воді» і зворотні – «вода у нафті». Після видалення летючих і розчинних фракцій залишкова нафта, найчастіше, утворює в'язкі зворотні емульсії, які стабілізуються високомолекулярними сполуками типу смол і асфальтенів; вони містять 50-80% води («шоколадний мус»). Під впливом абіотичних процесів в'язкість «мусу» підвищується і починається його злипання в агрегати – нафтові грудочки розмірами від 1мм до 10 см. Агрегати є сумішшю високомолекулярних вуглеводнів, смол і асфальтенів. Витрати нафти на формування агрегатів складають 5-10%. Високов'язкі структуровані утворення – «шоколадний мус» і нафтові грудочки – можуть тривалий час зберігатися на поверхні моря, переноситися течіями, викидатися на берег і осідати на дно. Нафтові грудочки часто заселяються перифітоном (синьо-зеленими і діатомовими водоростями, вусоногими рачками і ін.).

Аналіз нафти і НП у воді можна здійснити диференціальними (газорідинна хроматографія, мас-спектрометрія) або інтегральними (ваговий,

ультрафіолетова і інфрачервона спектрометрія люмінесцентна, рефрактометрія) методами, причому інтегральні методи набагато простіші і зручніші для проведення спостережень за станом нафтового забруднення водойм. Для повної оцінки забруднення нафтою і НП необхідно застосовувати групу методів.

Сьогодні НП прийнято вважати найбільш характерною частиною нафти і продуктів її переробки, що складається з неполярних і малополярних сполучень і що екстрагуються гексаном (або петролейним ефіром). Визначення НП у воді звичайно проводиться методом ультрафіолетової спектроскопії при довжинах хвиль 0,200-0,225 мкм за допомогою СФ-46. Метод заснований на витяганні НП з води гексаном, очищенні екстракту колоночною хроматографією і подальшому визначенні НП за інтенсивністю флуоресценції аналітичного розчину в ультрафіолетовій області спектру на спектрофлуориметрі. Мінімальна визначувана концентрація НП при даному методі – 0,1 мкг/дм<sup>3</sup>. При визначенні вмісту НП в донних відкладеннях, вони з осушеної і гомогенізуючої проби екстрагувалися гексаном з подальшим визначенням інтенсивності спектрів поглинання в ультрафіолетовій області в діапазоні довжин хвиль 0,21-0,225 мкм.

Залежно від молекулярної ваги і складу, НП утворюють плівку в поверхневому мікро-шарі моря, або водну емульсію і осідають на дно. Одна тонна нафти може утворити на поверхні моря плівку площею до 12 км<sup>2</sup>. При цьому погіршуються умови газообміну між морем і атмосферою, порушуються нормальні умови для життєдіяльності більшості гідробіонтів. Наприклад, в районі Одеської затоки добове надходження НП від місцевих джерел коливається від 1,5 до 1,8 тонн. Орієнтовна продуктивність процесів самоочищення вод в цій частині досліджуваної території залежно від сезонних кліматичних і гідрологічних умов складає від 1 до 3,7 т/добу.

На відміну від океанічних вод з приблизно такою ж солоністю, в ПЗЧМ, що знаходиться під істотним впливом річкового стоку, мінливість цього параметра (солоності) також впливає на здатність до самоочищення. Значний об'єм експериментальних даних за кінетикою процесів самоочищення при відмінній солоності вод, відібраних в різних акваторіях, дозволив встановити характер залежності показника швидкості розпаду НП від солоності. Для Каркінітської затоки, що характеризується порівняно високою і однорідною солоністю (16-18‰) характерний понижений вміст органічних речовин, що обумовлює порівняно низьку інтенсивність процесів розпаду НП по всій акваторії затоки. Абсолютні значення показників швидкості розпаду НП не можуть бути однозначно визначені тільки зовнішніми фізико-хімічними і біологічними чинниками середовища. Необхідно також враховувати фізико-хімічні і токсикологічні властивості

компонентного складу досліджуваних НП і його можливі зміни в процесі біохімічного окислення.

### *Питання для самоконтролю*

1. Назвіть основні джерела надходжень нафтопродуктів в моря.
2. Які ділянки (акваторії) морів найбільш схильні до забруднення нафтопродуктами?
3. В яких формах може існувати нафта і НП?
4. Які методи застосовують для оцінки ступеня забруднення нафтопродуктами морського середовища?
5. Від яких зовнішніх чинників залежить швидкість розпаду НП?

### 7.2 Закономірності трансформації нафтопродуктів в шельфовій зоні

Процес розповсюдження нафтових плям в шельфовій зоні є складним процесом, залежним від безлічі чинників. Вони визначають як стан навколишнього середовища, так і властивості самих НП. Для вирішення цього багатофункціонального завдання потрібен комплексний підхід, що містить один із важливих напрямів дослідження структури гідрофізичних полів і їх мінливості під впливом гідрометеорологічних факторів. При постановці завдання про дослідження перенесення нафтового забруднення в шельфі слід адекватно описувати не тільки фізико-хімічні властивості самої нафти і характер джерел забруднення, але й такі характеристики водного середовища як течії, хвилювання, стратифікацію, взаємодію моря і атмосфери.

При розливах нафти в морі відбуваються наступні процеси: випаровування, емульгування, розчинення, окислювання, утворення нафтових агрегатів, седиментація і біодеградація.

*Оцінка механізмів перенесення нафти.* До механізмів, що визначають поведінку нафтової плями в морі, відносяться: початкове формування сліка під впливом гравітаційних сил, адвективне перенесення, турбулентне перемішування, випаровування, емульгування, диспергування, фотоокислення, розчинення, біодеградація і осідання. Деякі з цих процесів, разом із зміненням об'єму, міняють також властивості нафти – щільність і в'язкість.

*Гравітаційне розтікання.* Якщо деякий об'єм нафти  $V$  потрапляє в море, то сили гравітації досить швидко приводять до формування слика на поверхні. Його площу  $A$  можна оцінити по формулі

$$\frac{dA}{dt} = K_1 A^{0.33} (V/A)^{1.33}, \quad (7.1)$$

де  $K_1$  – розмірний коефіцієнт, який дорівнює 150/с;  $t$  – час.

Процес гравітаційного розтікання звичайно займає короткий проміжок часу, тому в моделях довгострокового прогнозу поведінки нафти в морі його, як правило, не враховують або за формулою (7.1) оцінюється початкова площа плями.

*Адвекція.* Рух плями нафти, як єдиного цілого, відбувається під впливом течії, компоненти вектора якої ( $V$ ), визначаються сукупністю ряду складових:

$$V_i = V_i^{wid} + V_i^{wad} + V_i^d + V_i^c, \quad (7.2)$$

де  $V_i^{wid}$  і  $V_i^{wad}$  відповідають вітровому і хвильовому дрейфу плями, які в загальному випадку можуть не співпадати за напрямом;  $V_i^d$  – середня швидкість дрейфової течії і  $V_i^c$  позначає середню кліматичну складову швидкості течії. Дрейф плями під безпосередньою дією вітру і хвиль враховувався на основі співвідношення  $V_i^{wid} + V_i^{wad} = 0.03 U_A$  для випадку, коли хвилювання розвивається за напрямом вітру [23].

*Турбулентна дифузія.* Краплі нафти, що утворюються з-за процесу диспергування, знаходяться також під впливом процесів горизонтального і вертикального перемішування, ефективність якого, крім інтенсивності процесів дифузії, визначатиметься також розміром і щільністю крапель. Деякі великі краплі можуть підніматися догори, примикаючи до поверхневого сліку, але якщо турбулентність достатньо інтенсивна, то більшість їх залишається в товщі води. Це в сукупності з поверхневим сліком складає пляму нафти, що охоплює певний приповерхневий шар моря.

У простому випадку, для аналітичного опису розподілення нафти по глибині ( $z$ ) за допомогою турбулентного перемішування, використовується напівемпірична формула

$$C = C_s \exp\left(-z \sqrt{\frac{\pi}{4 D_v t}}\right), \quad (7.3)$$

де  $C_s$  – концентрація нафти на поверхні моря. За результатами дослідження було визначено, що ефективний коефіцієнт вертикальної турбулентної дифузії нафти  $D_v$  складає близько  $0.0126 \text{ м}^2/\text{с}$ .

**Випаровування.** Найбільш важливою характеристикою для будь-якої нафти є швидкість її випаровування. При розливах нафти на поверхню моря, летючі компоненти з низькою точкою кипіння, які є її складовими, швидко випаровуватимуться, зменшуючи об'єм нафти. Таким чином, випаровування є початковим етапом видалення нафти з поверхні моря. Цей процес для більшості типів нафти є найбільш важливим. Під час випаровування нафта в першу добу може втрачати близько 25-30% її легких фракцій. Більш важкі фракції нафти стійкіші з-за обмеженого випаровування, тому цей процес може продовжуватися місяці. Для урахування цієї важливої властивості використовується так званий псевдокомпонентний підхід, суть якого полягає в тому, що нафта представляється у вигляді набору вуглеводневих фракцій, згрупованих за молекулярною вагою і фізико-хімічними властивостями. При цьому розглядається декілька фракцій, включаючи основні легкі і важкі фракції. Такий підхід точніше описує процес випаровування кожної з фракцій і суміші в цілому. При цьому швидкість втрати маси  $dm_i/dt$  кожного ( $i$ -того) компонента в результаті випаровування може бути розрахована на основі відомого тиску її пари  $P_i$ , молекулярної маси  $M_i$  і площі розтікання  $A$ :

$$\frac{d m_i}{dt} = \frac{K_E M_i P_i}{R T_{oil}} A f_i , \quad (7.4)$$

де  $R$  – газова постійна;  $T_{oil}$  – температура нафти;  $f_i$  – частка  $i$ -тої фракції і  $K_E$  – коефіцієнт масового перенесення вуглеводнів, пов'язаний із швидкістю вітру  $U_A$

$$K_E = 0.0025 U_A^{0.78} \quad (7.5)$$

Процес випаровування призводить також до збільшення в'язкості нафти  $\mu$ . Це змінення задається формулою:

$$\mu = \mu_0 (C_\mu F_E), \quad (7.6)$$

де  $\mu_0$  – початкова в'язкість,  $C_\mu$  – коефіцієнт від 1 до 10, вибраний відповідно до типу нафти.

*Емульгування.* Під механічною дією хвиль краплі води можуть захватуватися нафтовою плямою, утворюючи емульсії типу "вода в нафті". В'язкість таких емульсій коливається в широкому діапазоні і характеризується високою в'язкістю і стійкістю до дії хімічних диспергаторів. Утворення сильно розкиданих місць високов'язкої нафти або емульсій утруднює механічне збирання забруднення.

Процес, що управляє утворенням емульсії, не зовсім зрозумілий, тому для оцінки швидкостей емульгування використовуються різні емпіричні формули. Змінення водовмісту нафти  $Y_w$ , часто представляється в такому виді:

$$\frac{d Y_w}{dt} = K_A (1 + U_A)^2 (1 - K_B Y_w), \quad (7.7)$$

де  $K_A$  – величина, зворотна максимальному водовмісту  $Y_w$  в емульсії (0.8), а  $K_B$  – підгінний коефіцієнт (близько 1.43), значення якого підбирається залежно від швидкості вітру.

Формула (7.7) показує, що практично будь-яка нафта, зрештою, емульгує до одного і того ж ступеня (тобто до водовмісту 80%) і відбувається це з однією і тією ж швидкістю. Є, проте, докази, що відмінні типи нафти зв'язують різний об'єм води, і швидкість цього процесу міняється залежно від типу нафти. Проте відхилення від формули (7.7) при цьому невелике. Слід зазначити, що легкі речовини, такі як бензин і гас, не утворюють емульсій.

Процес емульгування так само, як і процес випаровування, супроводжується збільшенням в'язкості нафти:

$$\mu = \mu_0 \exp\left(\frac{2.5 Y_w}{1.0 - 0.65 Y_w}\right) \quad (7.8)$$

*Диспергування* є процесом, в результаті якого нафта (або емульсія) видаляється з поверхні морської води завдяки впливу турбулентного перемішування і дії поверхневих хвиль. Цей процес складається із утворення нафтових крапель, розмір діаметру яких знаходиться в діапазоні від 1 до 500 мм і які знаходяться у вертикальному русі. Характерно, що краплі діаметром менш 70 мм залишатимуться в диспергованному стані майже за будь-яких морських умов. Рух таких крапель відбувається під впливом турбулентної дифузії, конвекції і сил плавучості і, якщо вони залишаються нижче за поверхню води, то вважаються диспергованими. При цьому, на

відміну від випаровування, процес диспергування йде з однаковою швидкістю, незалежно від фракційного складу нафти.

Збільшення маси крапель завдяки вітровій дії можна описати формулою

$$\frac{dm}{dt} = 0.4m \frac{W^2}{W_0^2} e^{-0.5t}, \quad (7.9)$$

Процес диспергування можна представити як роботу безперервно діючого джерела, розподіленого на поверхні і яке поставляє частинки (краплі) нафти в нижні шари моря. У цьому сенсі процес перенесення нафтових забруднень слід описувати як тривимірний. При цьому для практичних цілей часто використовуються оцінки потоку маси нафтових крапель  $Q_R$ . Для виразу потоку  $Q_R$  використовується наступна емпірична формула:

$$Q_R(d_0) = C(0) D_{BA}^{0.57} S_{cov} F_{wc} d^{0.7} \Delta d, \quad (7.10)$$

де  $Q_R(d_0)$  – потік маси крапель з розміром у інтервалі  $d_0 + \Delta d$ ;  $F_{wc} = c_b(U_A - U_{wi})T_w$ ; – частка поверхні моря, покрита перекидними хвилями;  $T_w$  – період хвилі;  $U_{wi}$  – початкова швидкість вітру за якої починається перекидання ( $\approx 5$  м/с);  $c_b$  – константа ( $\approx 0.32$  с/м);  $S_{cov}$  – частка водної поверхні, вкритої нафтою;  $D_{BA} = 0.0034 \rho_w g H_{rms}^2$  – середня енергія дисипації перекидних хвиль з середньоквадратичною висотою  $H$ ;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $C(0)$  – емпіричний коефіцієнт, залежний від в'язкості нафти:  $C(0) \approx [\mu(T_{oil})]^{-1}$  та  $\rho_w$ , – щільність води.

*Зміна щільності.* В результаті випаровування і емульгування нафти її щільність може істотно змінюватися. Деякі сорти нафти в наслідок цих процесів можуть ставати щільнішими за воду і осідати на дно, але більшість все ж таки залишається на поверхні моря, хоча їх щільність стає близькою до щільності води. Зміну щільності нафти можна записати у вигляді

$$\rho_E = Y_w \rho_w + (1 - Y_w)(\rho_c + C_p F_E), \quad (7.11)$$

де  $\rho_E$  – щільність емульсії;  $\rho_c$  – щільність сирі нафти і  $C_p$  – константа, що залежить від сорту нафти (0.2  $\rho_c$ ).

Спочатку, на певних етапах розвитку процесу перенесення, основний вплив внесків різних процесів в змінення маси нафти надають випаровування, емульгація і диспергування, тоді як окислення, розчинення, біодеградація та осадження починають істотно впливати через 30-40 діб. Це

дозволяє при постановці конкретного завдання і визначенні періоду прогнозу забруднення задавати ті конкретні процеси, які необхідно враховувати, нехтуючи другорядними.

### *Питання для самоконтролю*

1. Охарактеризуйте процеси, які відбуваються при розливах нафти в морі.
2. Назвіть механізми, що визначають поведінку нафтової плями в морі.
3. У чому полягає суть гравітаційного розтікання і турбулентної дифузії?
4. Як трансформується нафтова пляма під час випаровування і емульгування?
5. За рахунок чого відбувається змінення щільності нафти?

### 7.3 Вплив нафтопродуктів на гідробіоти

Відомо, що нафта і НП, покриваючи найтоншою плівкою водні поверхні, порушують газовий обмін між атмосферою і приповерхневими шарами води, а це погано впливає на умови існування гідробіотів. До найбільш токсичних і швидкодіючих відносяться поліциклічні вуглеводні, які навіть при малих концентраціях, з-за здатності до біоаккумуляції в трофічному ланцюзі негативно відображаються на біотичних компонентах водної екосистеми.

Небезпека отруєння нафтою і НП зростає із збільшенням її концентрації. Токсичність у водному середовищі виявляється при концентрації більш за 1 мг/м<sup>3</sup>. Навіть незначний вміст нафти (200-400 мг/м<sup>3</sup>) надає воді специфічного запаху. З часом концентрація нафти у воді під дією випаровування найбільш летючих компонентів, розчинення, окислення, емульгування і біодеградації зменшується. Окислені нафтові компоненти осідають на дно водойм і накопичуються в донних відкладеннях.

Як вже наголошувалося, нафта і НП діють на багато живих організмів і згубно впливають на всі ланки біологічного ланцюга. Нафтові плівки на поверхні моря можуть порушувати обмін енергією, теплом, вологою і газами між океаном і атмосферою. Зрештою, наявність плівки на поверхні моря може вплинути не тільки на фізико-хімічні і гідробіологічні умови в морі, але також і на клімат, на баланс кисню в атмосфері.

Нафтове забруднення завдає жорстокого удару по біологічній рівновазі моря. Пляма не пропускає сонячні промені, уповільнює оновлення кисню у



воді. В результаті перестає розмножуватися планктон – основний продукт живлення морських мешканців. У верхніх п'яти-десяти сантиметрах водної товщі розвивається багатоще угруповання найрізноманітніших організмів. Його називають нейстоном. Розчинні компоненти нафти дуже отруйні. Їх наявність приводить до загибелі морських мешканців і, перш за все, риб, що завдає серйозного збитку економіці. Розчинні компоненти нафти нерідко стають причиною загибелі морських птахів, негативно впливають на смакові якості морепродуктів. Якщо запліднену ікру риби помістити в акваріум з вельми незначною концентрацією НП, то більшість зародків гинуть, а багато з тих, які збереглися, виявляються виродливими. Нафта також негативно впливає і на фізіологічні процеси, спричиняє патологічні зміни в тканинах і органах, порушує роботу ферментативного апарату, нервової системи.

При сильному розливі нафти найбільш явною є її механічна дія на природне середовище. Досліди показали, що нафта разюче впливає на морські організми навіть при короткочасній дії (години, хвилини), призводячи до загибелі деяких гідробіонтів навіть після подальшого їх перебування в чистій морській воді. Для більшості основних груп організмів діапазон токсичних порогових концентрацій НП надзвичайно широкий (табл. 7.1). Зокрема, це пояснюється високою мінливістю індивідуальних реакцій морських організмів на присутність нафти і НП в морському середовищі.

Таблиця 7.1 – Токсичні і летальні (порогові) концентрації нафти для морських гідробіонтів

Види морських гідробіонтів	Токсичні концентрації ( $C_T$ ),	Летальні концен-трації ( $C_L$ ), мг/л
Риби	1,5	більше 10
Ікра риб	$0,1 \cdot 10^{-3}$	1
Личинки ікри, кормові	$0,01 \cdot 10^{-3}$ -	-
Організми	$0,1 \cdot 10^{-3}$	більше $0,1 \cdot 10^{-3}$
Фітопланктон	0,01-0,1	1
Зоопланктон	0,005 - 0,01	більше 0,01
Зообентос	0,1	1
Фітобентос	0,1	1

*Дія на фітопланктон.* Найбільш важливим негативним чинником дії розливу на планктон є зменшення притоку світла під товстим нафтовим сликом більш, чим на 90%, що різко знижує швидкість фотосинтезу фітопланктону і може перешкоджати щоденній міграції зоопланктону,

регульованою інтенсивністю світла. Затемнення, що спричиняється великою кількістю нафти, крім її механічної і хімічної дії, завдає непрямого впливу на живлення і поведінку організмів всіх розмірів. Наукові праці у області вивчення впливу нафти і НП на масові види організмів Чорного моря показують, що в забрудненій воді відмічене значне уповільнення розмноження планктонних водоростей. Окремі види фітопланктону, наприклад, деякі діатомові водорості, гинуть протягом 24 годин при концентрації НП  $100 \text{ мкг/дм}^3$  і менш. П'ятихвилинне занурення діатомових водоростей в морську воду, що містить  $1 \text{ мл/дм}^3$  рідкого палива, викликає уповільнення розвитку, а після годинної витримки в нафтовому екстракті і подальшому перенесенні в чисту воду клітки починають гинути через 3 дні. Деякі види уповільнюють швидкість зростання при 1% екстракті сирої нафти.

*Дія на зоопланктон.* Більшість даних щодо зоопланктону стосується копепод. Памолодь деяких видів чорноморських копепод гине через 3-4 дні після занурення у воду, що містить  $1 \text{ мкл/л}$  нафти. Дорослі особини після перебування у воді з меншою концентрацією нафти швидко гинуть після більш тривалішого занурення у воду. Після перебування в морській воді, що містить  $100 \text{ мкг/л}$ , такі види як, *Acartia* і *Calanus* гинуть через добу. Більшість ікринок морських риб плавають у складі планктону. Досліди показують, що смертність ікринок деяких видів риб за наявності лише  $5 \text{ млн.}^{-1}$  розчинених вуглеводнів в  $1 \text{ дм}^3$  води в перші 3-4 дні складає 70-100%. Ікринки, з яких викльовувалися мальки, навіть якщо вони поміщалися в забруднену воду на останній стадії дозрівання, давали виродливі гіпертрофовані форми. Личинки, виведені звичайним шляхом і перенесені в забруднену воду, гинуть протягом 2-3 днів. Різні види риб на ранній стадії онтогенезу по-різному чутливі до малих концентрацій нафти, проте ясно, що під час аварійного розливу концентрації нафти в морській воді перевищують поріг токсичності.

*Дія на риб.* Є припущення, що оскільки риба має хороший зір і мешкає в основному, в товщі води або поблизу дна, вона ясно розрізняє темну масу, що рухається до неї або затемняючи світло нафти. Цьоголітки риб володіють певною усталеністю до нафтового забруднення, залишаючись життєздатними впродовж ряду діб з концентрацією нафти і нафтопродуктів  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ . Разом з тим, концентрація нафти від  $10$  до  $10^3 \text{ мг/дм}^3$  може стати летальною для багатьох видів риб. На ранній стадії розвитку риба є надзвичайно чутливою до нафтового забруднення (токсичні концентрації  $10^{-2}$ - $10^{-1} \text{ мг/дм}^3$ ). Займаючи в трофічному ланцюзі високе положення, риби, поглинаючи корм, можуть накопичувати значну кількість нафти або її компонентів. Якщо ці компоненти не заподіюють серйозної шкоди риbam, то вони часто надають неприємного присмаку їх м'ясу, від чого рибна

продукція втрачає свої товарні якості. Хоча риби знаходять оптимальні за звичайними характеристиками середовища умови і, як правило, уникають зони сильного забруднення, вони можуть постраждати в результаті дії емульгаторів і диспергаторів, які використовуються для ліквідації нафтових розливів. Більшість поверхнево-активних речовин за токсичністю не поступаються НП, а навіть перевершують в цьому відношенні плівкову нафту, для боротьби з якою вони і застосовуються (діапазон токсичних концентрацій емульгаторів нафти для риби значно вужчий: від менш 10 до 10 мг/дм<sup>3</sup>). Відзначається також ефект синергізму: сумісна дія на морські організми нафти і синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР).

*Дія на бентосні організми.* Якщо дно не покрите шаром нафти, то, втрачаючи в процесі випаровування (або окислення) свої токсичні компоненти, нафта не може заподіяти значної шкоди при низьких її концентраціях. Чорноморські мідії можуть витримати концентрацію нафти 20 мг/дм<sup>3</sup>, тоді як морські жолуді втрачали здатність закриватися і гинули через 3 дні. Смертність серед інших бентосних організмів складає близько 50% протягом 6-18 днів після додавання нафти в воду при концентрації 10 мг/дм<sup>3</sup>. В цілому, діапазон токсичних концентрацій для бентосних організмів складає від 0,1 до 1 мг/дм<sup>3</sup> для молюсків і 0,1-102 мг/дм<sup>3</sup> для ракоподібних.

Як і інші морські організми, бентос надзвичайно чутливий до емульгаторів нафти, особливо до не іонних СПАР (табл. 7.2)

Таблиця 7.2 – Концентрація СПАР (мг/дм<sup>3</sup>), що приводить до 50%-ової смертності серед типових морських безхребетних

Безхребетні	Аніонні СПАР		Не іонні СПАР	
	1 - 10	1 - 5	1 - 5	0,1 - 2,5
Поліхета	100	-	33 - 100	-
Креветка	800	10 - 25	10 - 100	5 - 50
Ізопода	800	5,0 - 25	1 - 25	0,6 - 5
Мідія	10 - 33	-	10 - 100	-

*Дія на птахів.* Нафтові розливи дуже небезпечні в районах водно-болотяних угідь міжнародного значення, де мешкають у великих кількостях лебеді, пелікани, качки та інші птахи. У зв'язку з цим, при екологічному обґрунтуванні транспортування нафти морським шляхом і її перевантаженні за будь-якого із наявних варіантів будівництва нафтового терміналу в прибережній зоні моря, слід враховувати і цей чинник.

*Забруднення океану неорганічними речовинами.* Забруднення моря нафтопродуктами викликає занепокоєння, але нафта, в силу свого органічного походження, з часом може все - таки бути перероблена морськими організмами, а ось такі важкі метали, як свинець, кадмій і ртуть, зберігають токсичність нескінченно довго. Причому морські організми роблять їх ще більш отруйними. Довгий час вважалося, що токсичність ртуті, що потрапила в прибережні води Японії, не представляється небезпечною. Однак тут відбулося перетворення ртуті в метилову ртуть, сильна отрута, що згубно діє на нервову систему. Як це нерідко трапляється, отрута концентрувався в рибі і молюсках, що споживаються, і викликав спалах хвороби, відомої тепер, як хвороба Минимата; причини, що породили її, майже десятиліття залишалися нез'ясованими. У затоці Минимата і в деяких інших бухтах Японії, де ртуть все ще залишається в морській воді, рибальський промисел ніколи тепер не буде безпечний. Однак лиха, заподіяні забрудненням океану, поки ще мало кого хвилюють. Знадобилося багато зусиль, щоб встановити причину сумнозвісної масової загибелі морських птахів в Ірландському морі. Зрештою з'ясувалося, що виною всьому поліхлорідфеніли - органічні сполуки, постійно скидаються промисловими стічними водами в естуарій річки Клайд. Деякі з токсичних речовин, що потрапляють в море, переносяться дуже далеко від джерела забруднення, та до того ж риби і птахи можуть розносити найсильніші інсектициди в найвіддаленіші куточки земної кулі. А навіть зовсім незначний вміст, наприклад, сумно відомого ДДТ може зупинити фотосинтез, що грає важливу роль не тільки в житті морських водоростей, а й в кисневому балансі Землі.

*Радіоактивне забруднення.* В даний час неможливо зробити огляд екологічних наслідків радіоактивного забруднення, оскільки ця проблема, як недавно виникла, так і складна. Це забруднення впливає головним чином непрямим шляхом (генетичні, канцерогенні наслідки і т.д.) і зачіпає в першу чергу біологію людини. Зазвичай національні інтереси охороняються більш ревно, ніж Загальна надбаня всього людства, і поки не посиляться міжнародне співробітництво, океан служитиме звалищем для стічних вод, твердих відходів, радіоактивних речовин і інших покидьків цивілізації. А що буде, коли ядерні відходи виберуться з ув'язнення, поховані на дні океанів в контейнерах.

*Теплове забруднення.* Теплове забруднення поверхні водойм і прибережних морських акваторій виникає в результаті скидання нагрітих стічних вод електростанціями і деякими промисловими виробництвами. Скидання нагрітих вод у багатьох випадках спричиняється підвищення температури води у водоймах на 6-8 градусів Цельсія. Площа плям нагрітих вод в прибережних районах може досягати 30 кв. км. Більш стійка

температурна стратифікація перешкоджає водообміну поверхневих і донних шаром. Розчинність кисню зменшується, а споживання його зростає, оскільки з ростом температури підсилюється активність аеробних бактерій, що розкладають органічну речовину. Посилюється видове різноманіття фітопланктону і всієї флори водоростей. На підставі узагальнення матеріалу можна зробити висновок, що ефекти антропогенного впливу на водне середовище проявляються на індивідуальному і популяційно-биоценоотическом рівнях, і тривала дія забруднюючих речовин приводить до спрощення екосистеми.

### *Питання для самоконтролю*

1. Як нафтове забруднення впливає на біологічну рівновагу моря?
2. У чому полягає дія нафтопродуктів на фіто- і зоопланктон?
3. У чому полягає дія нафтопродуктів на риб?
4. У чому полягає дія нафтопродуктів на бентосні організми?

## 8. МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОД СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Застосовуються наступні методи очищення Світового океану:

- локалізація ділянки (за допомогою плаваючих огорожень),
- спалювання на локалізованих ділянках,
- видалення за допомогою піску, обробленого особливим складом,

В результаті чого нафту прилипає до зернам піску і опускається на дно.

- поглинення нафти соломою, тирсою, емульсіями, диспергаторами, за допомогою гіпсу,
- препарат "ДН-75", за кілька хвилин очищає поверхню моря від нафтових забруднень.
- ряд біологічних методів, застосування мікроорганізмів, які здатні розкласти вуглеводні аж до вуглекислоти і води.
- використання спеціальних судів, оснащених установками для збору нафти з поверхні моря.

Створені спеціальні судна малих розмірів, які доставляються літаками до місця аварії танкерів; кожне таке судно може всмоктувати до 1,5 тис. л нафтоводяної суміші, відокремлюючи понад 90 (нафти і закінчуючи її в спеціальні плавучі ємності, буксирівані потім до берега.

- передбачені норми безпеки при будівництві танкерів, при організації систем транспортування, пересування в бухтах.

Але всі вони страждають недоліком - розпливчасті формулювання дозволяють приватним компаніям їх обходити; крім берегової охорони нікому стежити за дотриманням цих законів.

## 9. ОХОРОНА МОРІВ І ОКЕАНІВ

Найбільш серйозною проблемою морів і океанів в нашому столітті є забруднення нафтою, наслідки якого згубні для всього життя на Землі. Тому в 1954 році в Лондоні пройшла міжнародна конференція, що ставилася метою виробити погоджені дії по охороні морського середовища від забруднення нафтою. На ній була прийнята конвенція, що визначає обов'язки держав в цій галузі. Пізніше в 1958 році в Женеві були прийняті ще чотири документи: про відкрите море, про територіальне море та прилеглу зону, про континентальний шельф, про рибальство й охорону живих ресурсів моря. Ці конвенції юридично закріпили принципи і норми морського права. Вони ставили за обов'язок кожній країні розробити і ввести в дію закони, що

забороняють забруднювати морське середовище нафтою, радіювідходами і іншими шкідливими речовинами. Минулий в 1973 році в Лондоні конференція прийняла документи по запобіганню забруднення з суден. Відповідно до прийнятої конвенції, кожне судно повинне мати сертифікат - свідчення про те, що корпус, механізми й інше оснащення перебувають у справному стані і не завдають шкоди морю. Відповідність сертифікатам перевіряється інспекцією при заході в порт.

Заборонено злив речовин, що містять нафту вод з танкерів, всі скидання з них повинні викачуватися тільки на берегові приймальні пункти. Для очищення і знезараження судових стічних вод, у тому числі господарсько-побутових, створені електрохімічні установки. Інститут океанології РАН розробив емульсійний метод очищення морських танкерів, що повністю виключає влучення нафти в акваторію. Він полягає у додаванні до промивної води декількох поверхнево-активних речовин (препарат МЛ), що дозволяє здійснити на самому судні очищення без скидання забрудненої води або залишків нафти, яку можна згодом регенерувати для подальшого використання. З кожного танкера вдається відмити до 300 т нафти. В мету запобіганню витоків нафти вдосконалюються конструкції нафтоналивних суден. Багато сучасних танкерів мають подвійне дно. При пошкодженні одного з них нафта не вил'ється, її затримає друга оболонка.

Капітани суден зобов'язані фіксувати в спеціальних журналах відомості про всі вантажні операції з нафтою та нафтопродуктами, відзначати місце і час здачі або зливу з судна забруднених стічних вод. Для систематичного очищення акваторій від випадкових розливів застосовуються плавучі нафтозбірники і бічні загородження. Також з метою запобіганню розтікання нафти використовуються фізико-хімічні методи. Створено препарат пінопластової групи, який при зіткненні з нафтовою плямою повністю його обволікає. Після віджиму пінопласт може використовуватися вдруге як сорбент. Такі препарати дуже зручні через простоту застосування й невисокої вартості, однак їхнє масове виробництво поки не налагоджене. Також існують сорбуючі кошти на основі рослинних, мінеральних і синтетичних речовин. Деякі з них можуть збирати до 90% розлитої нафти. Головна вимога, що до них пред'являється, - це непотопляємість. Після збору нафти сорбентами або механічними засобами на поверхні води завжди залишається тонка плівка, яку можна видалити шляхом розбризкування розкладають її хімічних препаратів. Але при цьому ці речовини повинні бути біологічно безпечні.

В Японії створена й апробована унікальна технологія, за допомогою якої можна в короткий термін ліквідувати гігантську пляму. Корпорація «Кансай Сагг» випустила реактив ASWW, основний компонент якого - спеціально оброблена рисова лущиння. Розпорошений по поверхні, препарат

протягом півгодини всмоктує в себе викид і перетворюється в густу масу, яку можна стягнути простою сіткою. Оригінальний спосіб очищення продемонстрований американськими вченими в Атлантичному океані. Під нафтову плівку на певну глибину опускається керамічна пластинка. До неї приєднується акустична пластинка. Під дією вібрації спочатку накопичується товстим шаром над місцем, де встановлена пластинка, а потім зміщується з водою і починає фонтанувати. Електричний струм, підведений до пластинки, підпалює фонтан, і нафта повністю згорає.

Для видалення з поверхні прибережних вод плям масел американські вчені створили модифікацію поліпропілену, що притягає жирові частинки. На катері-катамарані між корпусами помістили своєрідну штору із цього матеріалу, кінці якої звисають в воду. Як тільки катер попадає на пляму, нафту міцно прилипає до «штори». Залишається лише припустити полімер через валики спеціального пристрою, що віджимає нафту в приготовлену ємкість. С 1993 року було заборонено скидання рідких радіоактивних відходів (РРВ), але число їх неухильно зростає. Тому з метою захисту навколишнього середовища в 90-і роки стали розроблятися проекти очищення РРВ. У 1996 році представники японських, американських і російських фірм підписали контракт на створення установки з переробки РРВ, що скупчилися на Далекому Сході Росії. На реалізацію проекту уряд Японії виділив 25,2 млн. доларів. Проте, незважаючи на деякі успіхи в пошуку ефективних засобів, які ліквідують забруднення, про рішення проблеми говорити рано. Тільки впровадженням нових методик очищень акваторій неможливо забезпечити чистоту морів і океанів. Центральна завдання, яке необхідно вирішувати всім країнам спільно, - запобігання забруднення.



## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна література:

1. Berlinsky N, Bogatova Yu, Garkavaya G. Estuary of the Danube /The Handbook of Environmental Chemistry. Berlin. 2006. 233 p.
2. Екологічна безпека прибережної і шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу\ Іванов В.О. і інш. Зб.наук.праць. Вип.11. Севастополь. 2004. С. 31-267.

### Додаткова література

1. Берлинский Н. А. Динамика техногенного воздействия на природные комплексы устьевой области Дуная. Одесса : Астропринт, 2012. 252с.
2. Берлинский Н.А. Механизм формирования придонной гипоксии в шельфовых экосистемах . Т. 17: Водные ресурсы, 1989. С. 112-121.
3. Большаков В.С. Трансформация речных вод в Черное море. Киев: Наук.думка,1970. 328 с.
4. Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И., Буланая З.Т. Многолетняя динамика биогенных веществ Килийского гирла Дуная // Другий з'їзд гідроекологічного товариства України (Київ, 27– 31 жовтня 1997). Тези доповідей. Том перший. Київ,1997. С. 23-24.
5. Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И., Берлинский Н.А. Особенности формирования гидрохимических условий украинской части устьевой области Дуная. Экосистема взморья украинской дельты Дуная. Одесса: Астропринт, 1998. С. 21-62.
6. Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И., Берлинский Н.А. Формирование гидрохимических условий на взморье Дуная. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: МГІ, 2000. С.133-141.
7. Океан сам по себе и для нас / Дрейк Ч., Имбри Дж., Кнаус Дж., Турекиан К. Москва: Прогресс, 1982. 272 с.
8. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Гл. Ред. МСЭ, 1989. 408 с.
9. Константинов А.С. Общая гидробиология. 3-е изд. Москва: Высшая школа, 1979. 480 с.

10. Гриневецкий С.Ф., Зонн И.С., Жильцов С.С. Черноморская энциклопедия. Международные Отношения, Москва: 2006. 660 с.
11. Зайцев Ю.П. Введение в экологию Черного моря. Одесса: «Эвен», 2006. 224с.
12. Залогин Б.С. Океан человеку. Москва: Мысль, 1983. 207с.
13. Сафьянов Г.А. Эстуарии. Москва: Мысль, 1987. 190с.
14. Михайлов В.Н. Гидрологические процессы в устьях рек. Москва: ГЕОС, 1997. 176 с.
15. Алмазов А.М., Денисова А.И. Гидрохимия Днестровского лимана. Киев: Изд-во АН УССР, 1955. 137 с.
16. Гидрология устьевой области Дуная / Алмазов А.М., Бондар К.В., Вагин Н.Ф. и др. Москва: Гидрометеиздат, 1963. 382 с.
17. Тимченко В.М., Новиков Б.И. Эколого-гидрологическая характеристика Дуная и придунайских водоемов в пределах Украины. В кн.: Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов. Киев: Наук. думка, 1993. С. 7-22.
18. Самойлов И.В. Устья рек. Москва: Географгиз, 1952. 526 с.
19. Рост дельты выдвигания Килийского рукава и баланс наносов в устье Дуная / Михайлов В.Н. и др. Т.2. *Водные ресурсы*. 1995. С. 489-495.
20. Bondar C. Contribution to the hydraulics study of the outlet on the sea through the Danube mouth .Hydrobiological studies. Vol. XXXII. Bucharest, 1972.
21. Михайлова М.В., Левашова Е.А. Баланс наносов в устье Дуная . *Водные ресурсы*, 2006. С. 203-207.
22. Алмазов А.М. Гидрохимия устьевых рек. – Киев: Изд-во АН УССР, 1962. 252 с.
23. Майстренко Ю.Г., Алмазов А.М., Денисова А. И. Лимнологические исследования Дуная. К.: Наук. думка, 1967. С. 55-67.
24. Михайлов В.Н., Повалишникова Е.С., Морозов В.Н. Многолетние изменения уровней воды в Килийском рукаве дельты Дуная. *Водные ресурсы*. 2001.С.189-195.
25. Толмазин Д.М. Гидролого-гидрохимическая структура вод в районах гипоксии заморозов в северо-западной части Черного моря. *Биология моря*. 1977. С. 12-17.
26. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. Москва: Наука, 1983. 160 с.
27. Харченко Т.А., Ляшенко А.В., Башмакова И.Х. Биоразнообразие водных ценозов и качество воды низовьев Дуная в пределах Украины . *Гидробиол. журн.*, 1998. С. 45-65.

28. Екологічні проблеми пониззя Дунаю, біорізноманіття та біоресурси озерно-болотного ландшафту дельти / Харченко Т.А., Тімченко В.М., Іванов О.І. та ін. Київ: Вид-во Інтерекоцентру, 1998. 92 с.
29. Zaitsev Yu., Mamaev V. Biological Diversity in the Black Sea. A Study of Change and Decline. UN Publications, New York, 1997.
30. Sorokin Yu. The Black Sea Ecology and Oceanography. Backhuys Publishers, Leiden, 2002.
31. Зайцев Ю.П., Александров Б.Г., Миничева Г.Г. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. Киев: Наукова думка, 2006. 256 с.

Навчальне електронне видання

БЕРЛІНСЬКИЙ Микола Анатолійович  
П'ЯТАКОВА Вікторія Францівна

## **ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕГІОНАЛЬНОЇ ОКЕАНОГРАФІЇ**

Конспект лекцій

### **Видавець і виготовлювач**

Одеський державний екологічний університет  
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016  
тел./факс: (0482) 32-67-35  
E-mail: [info@odeku.edu.ua](mailto:info@odeku.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 5242 від 08.11.2016