

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Волинський національний університет імені Лесі Українки**  
Географічний факультет  
Кафедра фізичної географії

**З. К. КАРПЮК**

**ОКЕАНОЛОГІЯ:**  
**методичні рекомендації до практичних робіт**

Луцьк – 2024

УДК 502.211(072)  
К 26

Рекомендовано до друку науково-методичною радою  
Волинського національного університету імені Лесі Українки  
(Протокол № 10 від 19.06.2024 р.)

**Рецензент:**

**Фесюк В. О.** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної географії Волинського національного університету імені Лесі Українки, м. Луцьк;

К 26 **Карпюк З. К.**

Океанологія: методичні рекомендації до практичних робіт. Луцьк : ФОП Мажула Ю. М., 2024. 122 с.

Уміщено завдання практичних робіт із освітнього компонента «Океанологія» та методичні рекомендації щодо їх виконання. Подано теоретичні відомості до кожної із тем, перелік основних та додаткових літературних і картографічних джерел, завдання для самостійної роботи, контрольні питання. Для перевірки засвоєння матеріалу наводиться перелік питань для підготовки до семестрового іспиту.

Рекомендовано для студентів географічного факультету денної і заочної форми навчання спеціальностей 103 Науки про Землю.

© Карпюк З. К., 2024

© Волинський національний університет  
імені Лесі Українки, 2024

© Карпюк З. К. (обкладинка), 2024

## ЗМІСТ

Передмова .....	4
Опис навчального курсу «Океанологія» .....	5
Тематичний план змістових модулів.....	5
Практична робота 1. Світовий океан: єдність і поділ на основні частини.....	8
Практична робота 2. Моря і затоки Світового океану: класифікація, основні морфометричні характеристики .....	13
Практична робота 3. Протоки Світового океану: класифікація, основні морфометричні характеристики .....	18
Практична робота 4. Рельєф дна Світового океану. Підводна окраїна материків: континентальний шельф, материковий схил, материкове підніжжя; ложе океану.....	21
Практична робота 5. Рельєф дна Світового океану. Серединно-океанічні хребти, перехідні зони .....	29
Практична робота 6. Донні відклади: класифікація і поширення.....	36
Практична робота 7. Типи морських берегів.....	43
Практична робота 8–9. Горизонтальний розподіл температури, солоності й густини у Світовому океані.....	59
Практична робота 10–11. Вертикальний розподіл температури, солоності й густини у Світовому океані.....	69
Практична робота 12–13. Хвилювання води в океанах і морях .....	74
Практична робота 14. Припливно-відпливні явища .....	85
Практична робота 15. Течії в океанах і морях.....	91
Практична робота 16. Міжнародно-правове регулювання дослідження і використання морського середовища .....	97
Практична робота 17. Ресурси Світового океану.....	101
Практична робота 18. Забруднення Світового океану: причини і наслідки .....	110
Орієнтовний перелік питань для підготовки до семестрового іспиту.....	116
Література .....	118
Висновки .....	119
Термінологічний словник.....	120

## ПЕРЕДМОВА

Океан, що вкриває три четвертих земної поверхні, формує клімат планети, визначає географію проживання населення та розвитку промислових зон. Водною вкрито 70,8 % площі земної кулі, сушею – 29,2 %. Океани перетворили наш світ із палаючої пустелі у єдину у Сонячній системі планету, придатну для життя. Площа Світового океану складає 361,253 млн км<sup>2</sup>: на Тихий океан припадає 49,5 % площі, на Атлантичний – 25,3 %, на Індійський – 21,1 %, на Північний Льодовитий – 4,1 %. Об'єм води у Світовому океані – 1341 млн км<sup>3</sup>, його максимальна глибина – 11,022 км (Маріанський жолоб у Тихому океані), середня глибина – 3,711 км. У океані зосереджено 97,5 % усієї води, що є на планеті. Решта 2,5 % – це ґрунтові води, крижані шапки полюсів, прісноводні водойми, вода, що міститься у ґрунті і атмосфері. У дедалі більших обсягах споживаються біологічні, мінеральні і енергетичні ресурси Світового океану, викликаючи нові і поглиблюючи вже існуючі екологічні проблеми, включаючи глобальні зміни. В останні десятиліття у проблематиці наукових досліджень середовища океану важливе місце зайняли питання охорони вод та їх біологічних, енергетичних і мінеральних ресурсів. Вивчаються проблеми хімічного забруднення океанів і морів із застосуванням космічних методів досліджень.

Океанологія – це комплекс наук, які вивчають фізичні, хімічні, геологічні та біологічні явища і процеси, що відбуваються у Світовому океані. Освітній компонент «Океанологія» належить до переліку нормативних, забезпечує професійний розвиток бакалавра, формування у слухачів курсу цілісних системних уявлень про Світовий океан, його економічне і екологічне значення, та практичних навичок аналізу змісту основних явищ і процесів, що відбуваються у водній оболонці Землі, географічні закономірності їх прояву. У ході вивчення ОК здобувачі вищої освіти оволодіють комплексом спеціальних знань про структуру, історію походження Світового океану, особливості геологічної будови і рельєфу океанічного дна, хімічний склад та фізичні властивості океанічних вод, сольовий, тепловий баланси, горизонтальний і вертикальний розподіли солоності, густини і температури води, термічний і льодовий режими океанів і морів, загальну циркуляцію вод Світового океану, види і форми руху води у океані та їх причини, природні океанічні ресурси, вплив людини на природні умови океанів і морів, екологічні наслідки та технічні засоби захисту від забруднення морського середовища, міжнародне співробітництво у сфері охорони Світового океану. Завданням навчального курсу є формування у здобувачів освіти цілісних уявлень про взаємовплив і взаємозалежність різних географічних оболонок у Світовому океані, а також розуміння природної різноманітності різних частин океанічних просторів.

Вивчення ОК передбачає прослуховування лекцій, опрацювання практичних робіт, підготовку до семінарських занять, виконання індивідуальних і самостійних завдань.

## ОПИС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма, освітній рівень	Характеристика освітнього компонента
Денна форма навчання	<b>Галузь знань:</b> 10 Природничі науки  <b>Спеціальність:</b> 103 Науки про Землю  <b>Освітньо-професійна програма:</b> Гідрологія	Нормативний
Кількість годин/кредитів 120 год./4 кредити		Рік навчання – 2
		Семестр – 4-ий
		Лекції – 36 год.
ІНДЗ: немає	Практичні (семінарські) – 36 год.	
	Самостійна робота – 40 год.	
	Консультації – 8 год.	
<b>Мова навчання</b>	<b>Освітній рівень:</b> бакалавр	Форма контролю: екзамен
		Українська

## ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ

### Змістовий модуль 1

*Світовий океан: структура, геологічна історія, рельєф океанічного дна, донні відклади, хімічний склад та фізичні властивості води, термічний і льодовий режими*

#### **Тема 1. Вступ. Структура Світового океану.**

Океанологія як наука. Предмет дослідження і завдання.

Історія розвитку знань про океани і моря.

Сучасний етап океанологічних досліджень та їх найважливіші результати.

#### **Тема 2. Основні етапи дослідження Світового океану**

Поділ Світового океану на окремі океани та його критерії. Межі океанів та основні морфометричні характеристики океанів.

Структурні частини океанів: моря, затоки, протоки.

#### **Тема 3. Походження Світового океану**

Аналіз основних гіпотез походження Світового океану.

Формування рельєфу дна.

#### **Тема 4. Геолого-геоморфологічна будова дна океанів і морів**

Особливість земної кори дна океанів і морів.

Планетарні форми рельєфу дна Світового океану.

### **Тема 5. Донні відклади Світового океану**

1. Теригенні, органогенні відклади.
2. Еолові, пірокластичні, хемогенні, космогенні матеріали морських ґрунтів.

### **Тема 6. Морські береги**

Утворення, розвиток і формування морських берегів, їх типізація.  
Літодинамічні процеси берегової зони.  
Захист берегів від розмиву.

### **Тема 7. Склад та властивості морської води**

Хімічний склад морської води.  
Причини зміни солоності океанічних вод. Горизонтальний і вертикальний розподіл солоності.  
Газовий режим океанічних вод. Роль розчинених у морській воді газів.  
Оптичні і акустичні властивості вод Світового океану.  
Підводний звуковий канал, шуми моря.

### **Тема 8. Температурний режим Світового океану**

Теплові властивості морської води і причини їх зміни.  
Тепловий баланс океану.  
Часові зміни температури води.  
Горизонтальний та вертикальний розподіли температури води.  
Теплова взаємодія океанів і материків.

### **Тема 9. Густина морської води та її залежність від температури і солоності. Водні маси**

Залежність густини від температури і солоності морської води.  
Перемішування морських вод: молекулярне, турбулентне, конвективне.  
Стійкість шарів морської води.  
Поняття водної маси (за О. Добровольським).  
Причини зміни характеристик водних мас.  
Переміщення водних мас.  
Поверхнева і глибинна стратифікація.

### **Тема 10. Морський лід**

Утворення, структура, властивості, класифікація морського льоду.  
Поширення льоду в Світовому океані.  
Деформація та дрейф льоду. Глобальні зміни – зменшення річного максимального льодового покриття в Арктиці і Антарктиці, зменшення товщини льодового покриву у Північній Атлантиці, зростання кількості айсбергів у Південній Атлантиці.

## **Змістовий модуль 2**

### ***Фізичні процеси і явища у Світовому океані. Біорізноманіття океану. Ресурси океану. Екологічні проблеми морського середовища***

#### **Тема 11. Рівень поверхні Світового океану**

Водний баланс Світового океану.

Рівнева (вільна) поверхня Світового океану.

Середній рівень моря: середній добовий, середній місячний, середній річний, середній багаторічний.

Причини коливання рівневої поверхні океану під дією припливотворних, геодинамічних, гідрометеорологічних процесів.

Згінно-нагінні зміни рівня поверхні моря.

#### **Тема 12. Морські хвилі**

Геометричні і кінематичні елементи морських хвиль.

Класифікація хвиль.

Сучасна теорія морського хвилювання.

Вітрові хвилі, сейші, цунамі, внутрішні, корабельні хвилі.

#### **Тема 13. Загальна циркуляція вод Світового океану**

Основні типи течій і причини їх утворення.

Найпотужніші поверхневі течії Світового океану.

Глибинна циркуляція.

#### **Тема 14. Припливно-відпливні явища у Світовому океані**

Причини і механізм утворення припливно-відпливних коливань.

Класифікація і величина припливів, практичне значення їх вивчення.

Поширення припливів у Світовому океані.

#### **Тема 15. Біорізноманіття Світового океану. Біологічні ресурси**

Вплив біологічних процесів на фізико-хімічні властивості океанічних вод.

Біологічна продуктивність Світового океану.

Основні райони рибного промислу.

#### **Тема 16. Мінеральні і енергетичні ресурси Світового океану**

Освоєння ресурсів Світового океану: вилучення морської солі, розробка морських розсипних родовищ: оловоносних пісків, золотовмісних, рідкіснометалічних, магнетитових розсипів, алмазовмісних гравійних відкладів, баритових родовищ, бурштинових відкладів.

Розробка корисних копалин у зоні океанічного шельфу.

#### **Тема 17. Енергетичні ресурси Світового океану**

Енергія припливів, течій, хвиль, вітру, термальна енергія моря.

Використання енергії хвиль і припливів.

#### **Тема 18. Екологічні наслідки освоєння Світового океану**

Джерела забруднення вод Світового океану.

Екологічні наслідки забруднення морських екосистем.

Моніторинг морського середовища.

Міжнародне співробітництво у сфері охорони Світового океану.

## Практична робота № 1

**Тема:** Світовий океан: єдність і поділ на основні частини.

**Мета:** З'ясувати ознаки єдності Світового океану та критерії поділу на окремі частини, розподіл площ океану і суші у різних півкулях, межі та загальні відомості про океани, що входять до його складу.

**Основні терміни і поняття:** Світовий океан, площа, об'єм води, пересічна глибина, максимальна глибина, Південний океан.

### Аудиторні завдання:

1. Користуючись теоретичними відомостями, нанести на контурну карту світу межі Тихого, Атлантичного, Індійського, Північного Льодовитого океанів, вказавши основні орієнтири, за якими ці межі проводять.

2. Користуючись даними **табл. 1**, побудувати кругові діаграми співвідношення площ океанів та об'ємів водної маси у %.

3. Користуючись даними **табл. 1**, побудувати стовпчикову діаграму розподілу глибини в океанах (масштаб вертикальний: 1 см = 1000 м, горизонтальний – довільний, відлік глибини здійснювати зверху вниз).

### Теоретичні відомості з даної теми

Світовий океан – це безперервна водна оболонка земної кулі площею 361 млн км<sup>2</sup> (70,8 % площі планети; *площа земної кулі – 510 млн км<sup>2</sup>*). На сушу припадає 149 млн км<sup>2</sup> (29,2 %) (табл. 1).

Розподіл суші і водного простору на поверхні земної кулі дуже нерівномірний. У північній півкулі на океани припадає 60,7 % площі, на сушу – 39,3 %; у південній півкулі на океани припадає 80,9 % площі, на сушу – 19,1 % . В цілому і в північній, і в південній півкулях площа океану більша за сушу.

Північний приполярний простір зайнятий водою. Північніше 84° пн.ш. (крайня північна точка Гренландії) водна поверхня взагалі немає розривів. Між 60° і 70° пн.ш., навпаки, суша утворює практично суцільне кільце. Далі на південь поверхня суші поступово зменшується. На південь від мису Горн (56° пд.ш.) океан знову охоплює земну кулю суцільним простором, який переривається невеликими островами: Південними Сандвічевими, Південними Оркнейськими, Південними Шетландськими та ін. Тільки на південь від 63° пд.ш. знову з'являється суша – Антарктичний півострів Антарктиди. Біля Південного полюсу суша займає увесь приполярний простір [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Єдність океану характеризується різними ознаками. Солоність, температура і густина вод океану – основні океанологічні характеристики. З ними зв'язані структура, перемішування води, течії і інші процеси, притаманні Світовому океану. Щодо відмінностей температури, солоності і густини з



глибиною, то вони найсуттєвіші у верхньому динамічному шарі води потужністю 200–500 м, в придонних шарах ці характеристики всюди в океані змінюються у дуже незначних межах. Динамічні процеси: хвилювання, течії і ін., найінтенсивніше проявляються на поверхні океану. Саме верхні шари океанічних вод активно взаємодіють із атмосферою, літосферою, материковим стоком. Життєве середовище океану безперервне. У ньому не існує жорстких кордонів, які б перешкоджали розселенню організмів, тому життя пронизує усю товщу океану від поверхні до дна, але найсприятливіші умови мешкання тварин і рослин спостерігаються у поверхневих шарах (до горизонтів 200–500 м), тому вони – головний осередок органічного світу океану. Все це засвідчує єдність Світового океану. Воно забезпечується, насамперед, неперервним рухом його вод, яке відбувається у горизонтальному і вертикальному напрямках. Перенесення води із одних районів в інші, опускання поверхневих шарів у глибину і підйом глибинних вод до поверхні у сукупності створюють загальну циркуляцію вод Світового океану. Вона слугує підґрунтям єдності його природи як планетарного географічного об'єкта.

Таблиця 1

**Основні морфометричні характеристики океанів [Атлас вчителя, 2010]**

Океан (з морями)	Площа, тис. км <sup>2</sup>	Об'єм, тис. км <sup>3</sup>	Глибина, м		Найглибші западини, жолоби
			пересічна	максим.	
Тихий (25)	178 820	710 400	3960	11 022	Маріанська
Атлантичний (16)	91 397	330 000	3926	8742	Пуерто-Ріко
Індійський (11)	76 224	282 700	3711	7729	Зондський жолоб
Північний Льодовитий (11)	14 812	18 000	1225	5449	Котловина Нансена
Світовий (63)	361 253	1 341 100	3711	11 022	Маріанська

Разом з тим основні фізико-хімічні характеристики води (температура, солоність, густина), процеси, що відбуваються у різних частинах океану (течії, припливи і т. ін.), геологічні (склад берегів, дна) і біологічні (біологічна продуктивність, видовий склад організмів і ін.) особливості у різних районах Світового океану суттєво відмінні. Ці природні відмінності визначаються чинниками глобальними, пов'язаними головню з географічною широтою, а також місцевими, що визначаються впливом суші, конфігурацією берегів, рельєфом дна, материковим стоком. За сукупністю взаємозв'язаних геолого-геоморфологічних, гідрометеорологічних, біологічних і інших показників деякі частини океану є об'єктивно існуючими цілісними природними утвореннями із своїми саме їм притаманними особливостями. Як певні природні об'єкти ці утворення характеризуються географічним положенням, розмірами, ступенем зв'язку з відкритими океанічними просторами, системою течій та ін., мають своє ієрархічне підпорядкування і назви, що сформувалися історично.

Світовий океан за низкою ознак він поділяється на окремі океани: Тихий, Атлантичний, Індійський, Північний Льодовитий. Критеріями *поділу Світового океану* на окремі океани є наступні:

- значна площа;
- конфігурація берегової лінії материків і архіпелагів островів;
- рельєф дна;
- самостійні системи океанічних течій і атмосферної циркуляції;
- характерні особливості горизонтального і вертикального розподілу температури і солоності тощо.

Межі ***Тихого океану*** умовно проходять:

*на заході:* береги Азії до півострова Малакка, далі межа проходить по західному берегу о. Суматра, південному берегу о. Ява до о. Тимор, потім прямує до мису Лондондеррі на північному узбережжі Австралії, через Бассову протоку до мису Південний на південно-східній окраїні Тасманії, далі – по меридіану мису Південний (147° сх. д.) до Антарктичного материка;

*на півдні:* берег Антарктиди;

*на сході:* від Землі Греема по меридіану мису Горн (68° зх. д.) перетинає протоку Дрейка, далі – берегами Північної і Південної Америки;

*на півночі:* через Берингову протоку по лінії мис. Дежньова – мис. Принца Уельського.

Межі ***Атлантичного океану*** умовно проходять:

*на заході:* берегами Північної і Південної Америки від Баффінової Землі на півночі до мису Горн на півдні, потім межа йде протокою Дрейка до Антарктиди;

*на півдні:* берег Антарктиди;

*на сході:* береги Європи, Африки і меридіан мису Голковий (20° сх. д.) до Антарктиди;

*на півночі:* межує з Північним Льодовитим океаном по умовній лінії: півострів Статланд – Шетландські острови – Фарерські острови – Ісландія – через Датську протоку до Гренландії – південний берег Гренландії – через Девісову протоку до берега Баффінової Землі – південний вхідний мис у Гудзонову протоку (*ця межа проходить по підводних порогах, які відокремлюють Атлантичний океан від морів Баффіна, Норвезького і Гренландського*).

Межами ***Північного Льодовитого океану*** є вже названі межі з Атлантичним і Тихим океанами, береги Європи, Азії, Північної Америки і Гренландії.

Межами ***Індійського океану*** слугують:

*на півночі:* береги Азії;

*на заході:* береги Африки і меридіан мису Голковий (20° сх. д.);

*на півдні:* берег Антарктиди;

*на сході:* західна межа Тихого океану від півострова Малакка [Хільчевський, Дубняк, 2008].

*Південний океан.* Перша спроба визначити межі і розміри різних частин Світового океану була зроблена у 1650 р. голандським географом Бернхардусом Вареніусом. У книзі «Всеобщая география» він виділив назви 4 океанів: Атлантичного, Тихого, Південного (який включав і Індійський), Гіперборейського («розміщеного далі півночі» (Північного Льодовитого)). З розвитком нових практичних знань і теоретичних уявлень поділ Світового океану на складові частини періодично змінювався. У 1845 р. Королівським географічним товариством у Лондоні було вирішено виділяти 5 океанів: Тихий, Атлантичний, Індійський, Арктичний і Антарктичний. Умовною межею Південного (Антарктичного) океану було Південне полярне коло (цей поділ практично проіснував до 30-их років ХХ ст.).

Хоча були пропозиції, наприклад, у 1907 р. німецьким океанологом Отто Крюммелем розглядати води Арктичного океану як частину Атлантичного, а межі трьох океанів продовжити до берегів Антарктиди, виділяючи таким чином всього три океани: Тихий, Атлантичний, Індійський. Північний Льодовитий океан вважати внутрішнім морем Атлантичного океану. Цю концепцію підтримував радянський океанограф і картограф Юлій Михайлович Шокальський (1917 р.).

З 1928 р. рішенням Міжнародного гідрографічного бюро виділялися і Антарктичний, і Арктичний океани, загальна їх кількість була 5. На російських і радянських картах Північний Льодовитий океан виділявся і до 30-их і після 30-их років ХХ ст. Назва Північний Льодовитий океан з давніх часів характерна для російських географічних карт. Офіційно радянська влада присвоїла цю назву Арктичному океану спеціальною постановою у 1935 р.

У 1952 р. на Міжнародному географічному конгресі в Монако Південний океан був «забраний». Було вирішено не виділяти і Арктичний, який було визнано внутрішнім Полярним морем Атлантичного океану. У 1966 р. на Другому Міжнародному океанографічному конгресі в Москві було визнано правильність класифікації майже столітньої давнини Британського географічного товариства і виділити п'ятий – Південний океан. Але діло далі визнання не дійшло і на сьогодні у Світовому океані офіційно виділяється чотири океани [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Південний океан утворюється південними частинами Атлантичного, Індійського і Тихого океанів, які суцільним кільцем оточують Антарктиду. Виникає закономірне питання про його межі. На півдні він обмежений побережжям Антарктиди, на заході і сході меж не має, північна межа, згідно сучасних наукових досліджень, приблизно співпадає із зоною південної субтропічної конвергенції (смуги сходження поверхневих течій), яка простягається приблизно на широті 40 °пд. ш., і з північною межею Антарктичної циркумполярної течії. Основна особливість цієї умовної географічної межі океану – її певні зміни у часі і просторі у зв'язку з міжрічними і міжсезонними коливаннями положення зони субтропічної конвергенції. Згідно прийнятих меж площа Південного океану – 86 млн км<sup>2</sup>,

середня глибина – 3503 м, максимальна глибина – 8325 м (Південно-Сандвічів жолоб). У Південному океані розкидано багато різних за розмірами островів, більшість із яких вулканічного походження, гористі і високі. Моря знаходяться біля південної країни океану і, за виключенням моря Скоша, на півдні вони обмежені берегом Антарктиди, а на півночі відкриті в океан.

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Дайте коротку характеристику океанів за варіантами: 1) Тихий; 2) Атлантичний; 3) Індійський; 4) Північний Льодовитий. Характеристику потрібно здійснювати за планом: географічне положення, морфометричні показники; рельєф дна, донні відклади; клімат; гідрологічний режим (прозорість, температура води, лід в океані, середній багаторічний рівень води, хвилювання, система течій); гідрохімічний режим (солоність, вміст головних компонентів); біологічні і мінеральні і енергетичні ресурси; екологічні проблеми).

### **Контрольні питання**

1. Обґрунтуйте ознаки єдності та поділу на окремі частини Світового океану.
2. Основні морфометричні характеристики Світового океану.
3. Основні морфометричні характеристики Тихого, Атлантичного, Індійського, Північного Льодовитого океанів.
4. Де проходить умовна межа між Атлантичним і Північним Льодовитим океаном ?
5. Умовні межі Тихого океану.
6. Умовні межі Атлантичного океану.
7. Умовні межі Індійського океану.
8. Умовні межі Північного Льодовитого океану.
9. Південний океан, історія виділення і межі.

### ***Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела***

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. Загальна гідрохімія : підручн. Київ : Либідь, 1997. 384 с.
3. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видав.-поліграф. центр «Київ. ун-т», 2008. 255 с.
4. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

## Практична робота № 2

**Тема:** Моря і затоки Світового океану; класифікація, основні морфометричні характеристики.

**Мета:** З'ясувати ознаки, які покладено в основу поділу океанів на окремі частини та проаналізувати їхні основні морфометричні характеристики.

**Основні терміни і поняття:** море, затока, фіорд, лиман, лагуна, бухта, губа.

### Аудиторні завдання:

1. Використовуючи теоретичні відомості і користуючись даними **табл. 1** (*список морів*), картами: «Фізична карта світу» (Атлас світу, С. 12–13), «Тихий океан» (С. 198–199), «Атлантичний океан» (С. 200–201), «Індійський океан» (С. 202–203), «Північний Льодовитий океан» (Арктика) (С. 203), нанесіть на контурну карту світу середземні, окраїнні і міжострівні моря. Письмово обґрунтуйте, за якими ознаками здійснений цей поділ.

2. Використовуючи теоретичні відомості і користуючись даними **табл. 1** (*список заток*), картами: «Фізична карта світу» (Атлас світу, С. 12–13), «Тихий океан» (С. 198–199), «Атлантичний океан» (С. 200–201), «Індійський океан» (С. 202–203), «Північний Льодовитий океан» (Арктика) (С. 203), нанесіть на контурну карту світу вказані затоки.

3. На картосхемі покажіть райони зосередження різних типів заток (бухт, фіордів, губ, лиманів, лагун). Берегову лінію районів зафарбуйте різними кольоровими олівцями. Обґрунтуйте, за якими ознаками здійснений цей поділ.

### Теоретичні відомості з даної теми

Структурними частинами океанів є моря, затоки і протоки.

*Морем* називається частина акваторії океану, яка далеко врізається в сушу чи відокремлена від океану островами або підводними підвищеннями і відрізняється від прилеглої частини океану своїми природними умовами, головним чином гідрологічним режимом.

Кожне море має притаманні йому риси, які відрізняють його від іншої частини океану:

- можуть відрізнятися будовою земної кори і дна,
- складом і властивостями вод,
- температурним режимом,
- характером припливів,
- власними системами течій (значною мірою ці особливості морів обумовлені взаємодією моря з прилягаючою сушею) [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Існують різні підходи до класифікації морів. Ю. Шокальський поділяє моря на *середземні* і *окраїнні*. У свою чергу середземні моря поділяються на *міжматерикові* (типу Середземного моря) і *внутріматерикові* (Біле, Балтійське), оточені берегами одного материка.

Учений О. Муромцев класифікує моря за ступенем їх відокремленості від океану і за особливостями гідрологічного режиму. Він ділить моря на три групи: 1) *внутрішні (середземні, які у свою чергу поділяються на міжматерикові (типу Середземного моря) і внутріматерикові (Біле, Балтійське), оточені берегами одного материка) і напівзамкнені*; 2) *окраїнні* і 3) *міжострівні*. До *середземних* морів він відносить Біле, Балтійське, Чорне, Середземне. Ці моря зазвичай глибоко вриваються в сушу, з океанами з'єднані вузькими протоками, які обмежують водообмін цих морів з океаном. Вони, зазвичай, мають багато островів, характерні особливості гідрологічного режиму: припливи невеликі, температура від деякої глибини до дна одноманітна. Такою глибиною зазвичай є глибина порогу, який відокремлює великі глибини моря від великих глибин океану. *Напівзамкнені* моря (наприклад, Берингове, Охотське та Японське, Карибське, Східнокитайське та ін.) відокремлені від океану ланцюгом островів, інколи півостровами. Зв'язок таких морів з океаном, зазвичай, більший, ніж у середземних морів. Ці моря мають мало островів, припливи поширюються з океану, їх водні маси подібні до водних мас прилеглого океану, течії значною мірою залежать від океанічних течій. Прикладом *окраїнних* морів є Гренландське, Норвезьке, Баренцове, Карське, Лаптевих тощо. *Міжострівні* моря оточені більш чи менш тісним кільцем островів (наприклад, Яванське, Молуккське, Сулу). Гідрологічний режим цих морів визначається ступенем вільного водообміну через протоки між островами.

Існують різні погляди стосовно меж, розмірів і навіть кількості морів. Зокрема Міжнародним гідрографічним бюро та Міжнародною океанографічною комісією ЮНЕСКО виділяється 59 морів. Л. Жуков виділяє 68 морів [Хільчевський, Дубняк, 2008] (табл. 1).

Таблиця 1

**Основні морфометричні характеристики окремих морів і заток Світового океану**  
[Хільчевський, Дубняк, 2008]

Моря, затоки	Площа, тис. км <sup>2</sup>	Об'єм, тис. км <sup>3</sup>	Глибина, м	
			середня	максимальна
1	2	3	4	5
<b>Тихий океан</b>				
<i>Моря</i>				
Коралове	4068	10038	2468	9174
Південнокитайське	3537	3623	1024	5560
Берингове	3215	3796	1640	4097
Охотське	1603	1316	821	3521
Японське	1062	1631	1536	3699
Східнокитайське	836	258	309	2719
Банда	714	1954	2737	7440
Яванське	552	61	111	1272
Сулавесі	453	1524	3364	5914

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
Жовте	416	16	38	106
Сулу	335	526	1570	5576
Молуккське	274	484	1766	4970
Серам	161	173	1074	5319
Флорес	115	175	1522	5121
Балі	40	32	800	1589
Саву	104	175	1683	3475
<i>Затоки</i>				
Аляска	384	485	1193	4929
Каліфорнійська	180	135	750	3292
Панамська	37	40	1081	3200
<b>Атлантичний океан</b>				
<i>Моря</i>				
Карибське	2777	6745	2429	7090
Середземне	2505	3603	1438	5121
Північне	565	49	87	725
Балтійське	419	21	50	470
Чорне	422	555	1315	2210
Азовське	39	0,3	7	13
Мармурове	12	3	250	1389
<i>Затоки</i>				
Мексиканська	1555	2366	1522	3822
Гвінейська	753	1942	2579	5207
Св. Лаврентія	249	35	141	538
Біскайська	200	302	1510	5100
Мен	95	10	105	227
Брістольська	11	0,4	36	68
<b>Індійський</b>				
<i>Моря</i>				
Аравійське	4832	14523	3006	5803
Арафурське	1017	189	186	3680
Тіморське	432	188	435	3310
Андаманське	605	631	1043	4507
Червоне	460	201	437	3039
<i>Затоки</i>				
Бенгальська	2191	5492	2507	4490
Велика Австралійська	1335	4089	3063	5670
Карпентарія	328	13	40	71
Аденська	259	352	1359	4525
Перська	240	10	42	115
Оманська	112	156	1393	3694
<b>Північний Льодовитий океан</b>				
<i>Моря</i>				
Баренцове	1424	316	222	600
Норвезьке	1340	2325	1735	3970
Гренландське	1195	1961	1641	5527
Східносибірське	913	49	54	915



1	2	3	4	5
Карське	883	98	111	600
Баффінове	530	426	804	2414
Лаптевих	662	353	533	3385
Чукотське	595	42	71	1256
Бофорта	481	739	1536	3749
Біле	90	6	67	350
<i>Затоки</i>				
Гудзонова	848	77	91	258

*Затоки* – це частини океанів, які більше чи менше врізаються в сушу, поступово зменшуючись за шириною і глибиною, але мають вільний водообмін з іншими частинами океану, не відділена від суміжних океанічних просторів підняттям дна (підводним порогом). Межі заток проводять умовно: або прямою лінією між мисами, які прийняті за вхідні миси у затоку, або за умовно обраною лінією рівних глибин – ізобатою.

Залежно від походження, будови берега, форми і розмірів виділяться: фіорди, лимани, лагуни, бухти, губи.

*Фіорди* – вузькі, глибоко і далеко врізані в гористу сушу затоки, з високими і дуже крутими (прямовисними) берегами, складеними корінними породами (міцними метаморфічними і виверженими кристалічними породами архею, протерозою, палеозою, мезозою) на узбережжях субполярних і полярних широт, рідше помірних. Фіорди мають коритоподібне ложе і часто відокремлюються від моря підводними порогами. Походження фіордів пов'язане з діяльністю льодовиків. Найпоширеніші такі затоки на півночі і північному заході Скандинавського півострова, на узбережжях Кольського півострова, на островах Нова Земля, Шпіцберген, Ісландія, Гренландія, на заході Північної Америки, півдні Чилі та Нової Зеландії.

*Лиман* (грецьк. порт, гавань, бухта, затока) – мілководна, глибоко врізана в сушу затока зі звивистими невисокими берегами, з косами і пересипами, яка являє собою затоплену морем гирлову частину річки чи затоплену прибережну низовину. Виникають лиманні береги при затопленні гирл приморських річкових долин і балок у межах низовинного рельєфу прибережних рівнин, складених найчастіше горизонтальними пластами пухких осадових відкладів. Найчастіше лимани відокремлені від моря пересипами чи косами (часто суцільними). Класичні лиманні береги розташовані у межах північного українського і західного румунського узбережжя Чорного моря. Також поширені на узбережжях Азовського моря, південному узбережжі Середземного моря, західному узбережжі Мексиканської затоки та ін.

*Лагуна* (італ. *laguna*, від лат. *lacus* – озеро) – невеликий за площею мілководний природний басейн, відокремлений від моря неширокою смугою суходолу (вузькою і низькою у вигляді бара, пересипу або коси, або ж двох кіс, які ростуть назустріч одна одній із пухких наносів – піску, гальки, черепашняка) або ж сполучений з морем вузькою протокою; внутрішня водойма кільцеподібних коралових островів (атолів). Найпоширеніші такі



береги на низьких акумулятивних узбережжях з широкою мілководною прибережною смугою моря. Лагунні береги можуть простягатися на тисячі кілометрів. У Мексиканській затоці береговий бар (бар'єр: піщаний пляж, острів, коса), який відокремлює ланцюг лагун від берега, має довжину 1800 км. У Росії лагунні береги поширені в Охотському морі вздовж східних берегів Сахаліну і на західному березі Камчатки, на Чукотському і Балтійському морях.

*Бухта* – затока невеликих розмірів, що захищена від хвилювання моря виступаючими мисами. Прикладами типових бухт є Геленджицька, Новоросійська, Севастопольська (Чорне море), Золотий Ріг (Японське море), Порт-Володимир (Баренцове море).

*Губа* – затоки, які глибоко врізаються в сушу і в які впадають великі річки. У таких затоках сильно опріснена вода, колір води різко відрізняється від кольору води прилеглої ділянки моря і має жовтуватий чи коричневий відтінки. Поширені на півночі Євразії (зокрема рф).

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Дайте коротку характеристику одного з морів і однієї затоки океану за варіантами: 1) Тихого; 2) Атлантичного; 3) Індійського; 4) Північного Льодовитого. Характеристику здійснійте за планом: географічне положення, морфометричні показники; береги та рельєф дна; клімат; гідрологічний режим (прозорість, температура води, лід, середній багаторічний рівень води, хвилювання, система течій); гідрохімічний режим (солоність, вміст головних компонентів); біологічні і мінеральні ресурси; екологічні проблеми).

2. Проаналізуйте письмово, які затоки найбільш поширені на Чорноморсько-Азовському побережжі України ?

### **Контрольні питання**

1. Яку акваторію називають морем ?
2. Класифікація морів.
3. Як класифікують затоки залежно від їх походження, будови берегів, форми та розмірів ?
4. Дайте характеристику лагун.
5. Охарактеризуйте фіорди.
6. Де поширені фіорди ?
7. Назвіть найбільші лимани України.

### **Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела**

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. Загальна гідрохімія : підручн. Київ : Либідь, 1997. 384 с.
3. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видав.-поліграф. центр «Київ. ун-т», 2008. 255 с.
4. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

### Практична робота № 3

**Тема:** Протоки Світового океану: класифікація, основні морфометричні характеристики.

**Мета:** Проаналізувати найбільші протоки і канали Світового океану, їхні морфометричні характеристики, значення для розвитку світової економіки.

**Основні терміни і поняття:** протока, канал.

**Аудиторні завдання:**

1. Перелічіть найбільші протоки Світового океану. Які басейни вони з'єднують? Оформіть відповідь у вигляді таблиці: назва протоки, басейни, які з'єднуються протокою, довжина протоки (км), ширина протоки – найбільша і найменша (км). Нанесіть вказані у методичних рекомендаціях протоки на контурну основу («Фізична карта світу», формат А3).

#### Протоки і судноплавні канали

Назва протоки	Басейни, які з'єднуються протокою	Довжина, км	Ширина, км	
			найбільша	найменша

2. Підготуйте коротке повідомлення про один із каналів Світового океану, зазначивши його географічне положення, мету та історію створення, економічне і стратегічне значення.

#### Теоретичні відомості з даної теми

*Протокою* називається порівняно вузька частина океану чи моря, яка простягається між двома ділянками суші і з'єднує дві суміжні водойми. У більшості випадків для протоки характерна наявність підводного порогу. Вони слугують шляхами водообміну, теплообміну, обміну солями, шляхами міграції різних видів морських організмів, мають важливе значення для господарської діяльності людини. Зазвичай протоки мають свій особливий гідрологічний режим, який зумовлюється розмірами протоки, характером водообміну й особливостями режиму з'єднаних водойм. Цим протоки відрізняються від звичайних проходів між невеликими островами архіпелагів чи островами і берегом материка або великого острова. Основоположником учення про протоки є С. Макаров, який уперше вивчив водообмін між Середземним і Чорним морями через протоку Босфор. Наукову класифікацію проток запропонував М. Зубов. Згідно з цією класифікацією протоки поділяються на *проточні* та *обмінні*. У проточних протоках течії, як у річці, по всьому поперечному перерізу спрямовані в один бік (наприклад, Флоридська протока). В обмінній протоці води рухаються в протилежних напрямках. Такого роду протоки поділяються на протоки з водообміном у вертикальній площині і

протоки з водообміном у горизонтальній площині. У перших поверхнева течія спрямована по всій ширині протоки в один бік, а глибинна – в протилежний, як це має місце у протоці Босфор [Хільчевський, Дубняк, 2008].

За М. М. Зубовим\*, протоки характеризуються насамперед їхньою геометрією, чи точніше, геоморфологією: довжиною, шириною, глибиною. Суттєвими для характеристики протоки є площа, глибина, ширина і форма її найменшого поперечного перерізу. Особливо важливе значення цей переріз має для проток, що з'єднують моря із Світовим океаном, бо визначає рівень відокремленості моря. В якості критерія відокремленості моря використовується відношення об'єму моря до площі найменшого перерізу протоки, чи відношення цього перерізу до середнього перерізу моря. За своїм географічним значенням протоки поділяються на *з'єднуючі* між собою чи з відкритим океаном окремі райони Світового океану (Гібралтарська, Босфор, горло Білого моря, Курильські, Алеутські протоки і т. ін.); *відділяючі* острови від материка чи групи островів (Мозамбіцька, Бассова, Корейська і т. ін.), *роз'єднуючі* (Маточкин Шар, протока Кука і ін.). Такий поділ умовний. Наприклад, Берингова протока для океанолога – з'єднуюча (Чукотське і Берингове моря), для географа – роз'єднуюча (материка Азію і Північну Америку).

Перелік найвідоміших проток і каналів:

*Північна Америка:* Датська, Дейвісова, Гудзонова, Мак-Клур, Вайкаут-Мелвілл, Барроу, Ланкастер, Флорідська, Юкатанська, Кабота, Навітрена, Шеліхова;

*Південна Америка:* Магелланова, Дрейка, Фолклендська;

*Австралія:* Торресова, Капрікорн, Бассова;

*Атлантичний океан:* Св. Георга, Ла-Манш (Англійська), Па-де-Кале (Дуврська), Скагеррак, Каттегат, Ересунн (Зунд), Великий Бельт, Малий Бельт, Гібралтарська, Мессінська, Отранто, Босфор, Дарданелли, Керченська;

*Тихий океан:* Ормузька, Каримата, Зондська, Сінгапурська, Малакська, Макасарська, Сімоносекська, Корейська, Цугару (Сангарська), Татарська, Лаперуза, Берингова, Лонга, Саннікова;

*Індійський океан:* Мозамбікська, Баб-ель-Мандебська, Суецький канал;

*Північний Льодовитий океан:* Дмитра Лаптева, Карські Ворота.

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Підготуйте коротке повідомлення про Керченську протоку, зазначивши її географічне положення, економічне і стратегічне значення в сучасних умовах.

---

\*Зубов Микола Миколайович (1885–1960 рр.) – океанолог, інженер-контр-адмірал, автор наукових праць «Динамічна океанографія», «Основи вчення про протоки Світового океану», «Морські води і крижини», «В центрі Арктики», «Деякі міркування про льоди Полярного басейну», один із укладачів «Океанологічних таблиць», які набули широкого застосування в океанологічних роботах; описав вертикальну циркуляцію вод у морях Північного Льодовитого океану.

## Контрольні питання

1. Що таке протоки, яка їхня роль у сучасному судноплаванні ?
2. Яке значення каналів на сучасному етапі розвитку суспільства
3. Покажіть на карті і дайте коротку характеристику проток Атлантичного океану.
4. Дайте коротку характеристику проток Тихого океану.
5. Дайте коротку характеристику проток Індійського океану.
6. Які екологічні проблеми морського середовища пов'язані із протоками ?

### *Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела*

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Карпюк Зоя. Біологічне забруднення морів Світового океану. *Věda a perspektivy*. № 8 (15). 2022. S. 148–160. DOI : [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-8\(15\)-148-160](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-8(15)-148-160).
3. Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. Загальна гідрохімія : підручн. Київ : Либідь, 1997. 384 с.
4. Постанова Кабінету Міністрів України «Про схвалення Морської природоохоронної стратегії України на період до 2036 р.» (№ 1240-2021-р. від 11.10.2021 р.). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-2021-%D1%80#Text>
5. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видав.-поліграф. центр «Київ. ун-т», 2008. 255 с.
6. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

## Практична робота № 4

**Тема:** Рельєф дна Світового океану. Підводна окраїна материків: континентальний шельф, материковий схил, материкове підніжжя; ложе океану.

**Мета:** З'ясувати особливості зазначених структурно-геоморфологічних елементів рельєфу дна Світового океану.

**Основні терміни і поняття:** шельф, материковий схил, материкове підніжжя, ложе океану.

### Аудиторні завдання:

1. Використовуючи лекційний матеріал, теоретичні відомості методичних рекомендацій, наукових публікацій, проаналізуйте **рис. 1–3**, табл. 1 і складіть схему структурно-геоморфологічних елементів океанічного дна.

2. Нанесіть на контурну основу основні котловини, хребти, глибоководні западини, плато дна Світового океану.

3. Письмово проаналізуйте особливості рельєфу підводної материкової окраїни та океанічного ложа океанів за варіантами: а) Тихий, б) Атлантичний, в) Індійський, г) Північний Льодовитий.

### Теоретичні відомості з даної теми

Вигляду, подібного до сучасного, океани набули близько 15 млн р. тому. Рельєф дна океану не менш складний, як рельєф суші. Рельєф дна океанів і морів значною мірою визначається особливостями будови земної кори у їхніх межах. Океанічна і материкова земна кора мають суттєві відмінності. Материкова кора складається з трьох шарів: осадового, кристалічного (гранітного), магматичного (базальтового). Товща осадового шару досягає в середньому 5 км, гранітного – 10–15 км, базальтового – 15 км. Під великими гірськими системами товщина шарів збільшується. На дні океанів осадова товща значно менша (100–1000 м), гранітний шар відсутній, а ложе океанів, яке підстилає осадову товщу, утворене тільки базальтами океанічного типу. Загальна товщина земної кори під океаном – близько 6 км, тобто в п'ять разів менша, ніж під материками (**рис. 1**) [Хільчевський, Дубняк, 2008].

*Планетарні форми рельєфу дна Світового океану.* У межах дна Світового океану, перш за все, виділяються морфологічні зони (основні елементи рельєфу дна): материкова відмілина (шельф), материковий схил, які є підводними окраїнами континентів; дно глибоководних океанічних басейнів (ложе океану), на якому можуть бути поодинокі гори або групи гір вулканічного походження; серединно-океанічні хребти; дуги глибоководних жолобів і островів [Мізерський, 2011]. Кожна з цих зон відрізняється від інших походженням, закономірностями розвитку і деякими іншими ознаками (величиною кута нахилу дна тощо) (**рис. 2**).

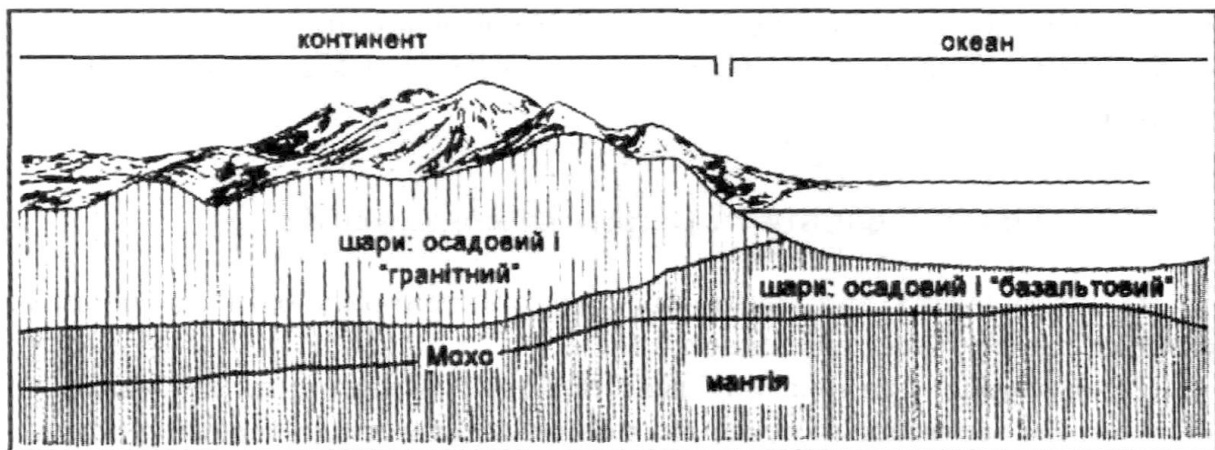


Рис. 1. Принципова відмінність між будовою континенту й дна океану [Мізерський, 2011]

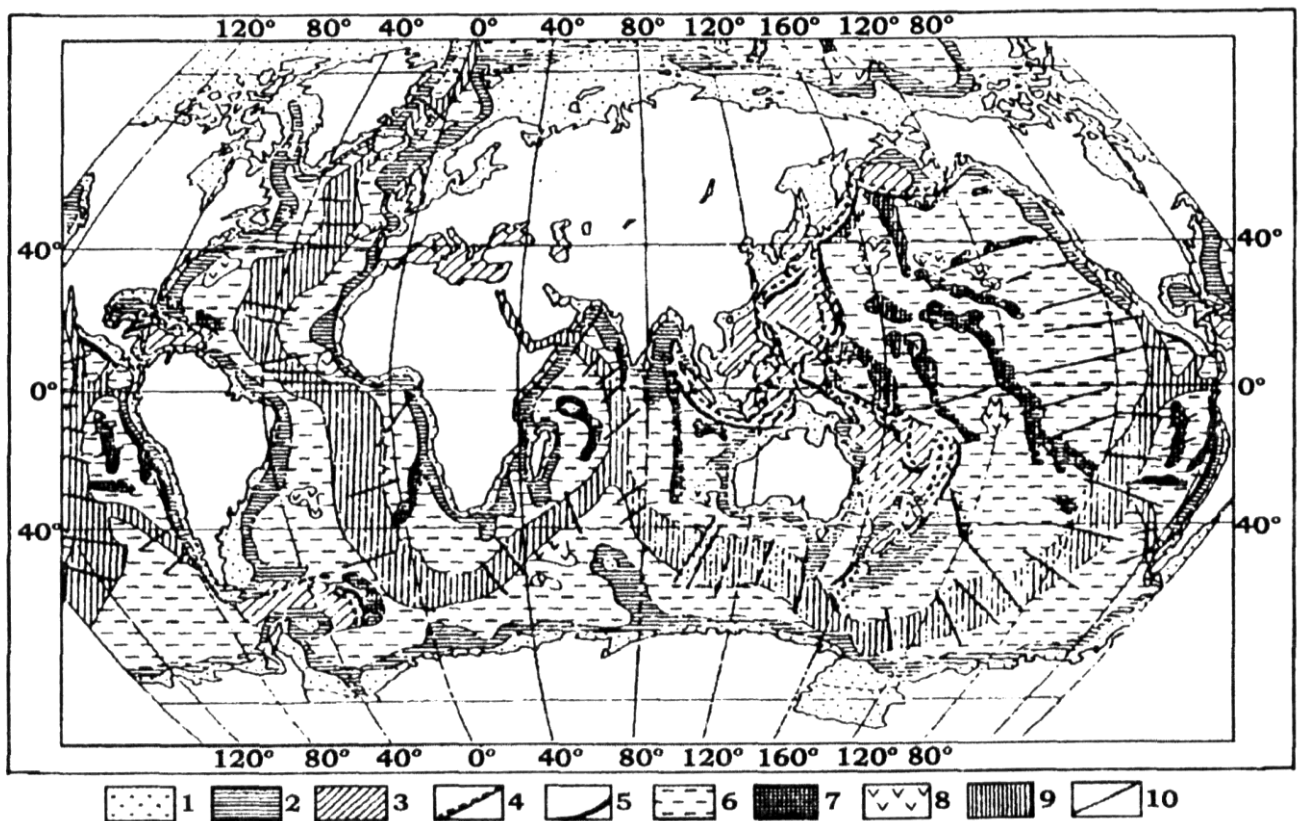


Рис. 2. Структурно-геоморфологічна схема дна Світового океану [Хільчевський, Дубняк, 2008]:

1 – шельф, 2 – материковий схил і підніжжя, 3 – котловини морів у перехідній зоні, 4 – берегові дуги в перехідній зоні, 5 – глибоководні тренчі, 6 – глибоководні океанічні котловини, 7 – гірські хребти в океанічному ложі, 8 – підняття в океанічному ложі, 9 – серединно-океанічні хребти, 10 – зони океанічних розломів



Основною кількісною характеристикою океанічного рельєфу є глибина. Материкова відмілина пересічно поширюється до глибини 200 м, материковий схил лежить між ізобатами 200–3000 м, а ложе океану розташоване на глибинах від 3000 до 6000 м. Глибини понад 6000 м характерні для океанічних западин. За допомогою батиметричної кривої розподілу глибин було встановлено, що в Тихому, Індійському та Атлантичному океанах співвідношення площ різних морфологічних зон подібне: близько 75 % площі дна кожного з океанів знаходиться на глибинах 3000–6000 м, 17–20 % площі мають глибини – 200–3000 м (рис. 3). У Північному Льодовитому океані, навпаки, материкова відмілина займає майже 40 % загальної площі, що наближає цей океан до глибоководних морів [Хільчевський, Дубняк, 2008].

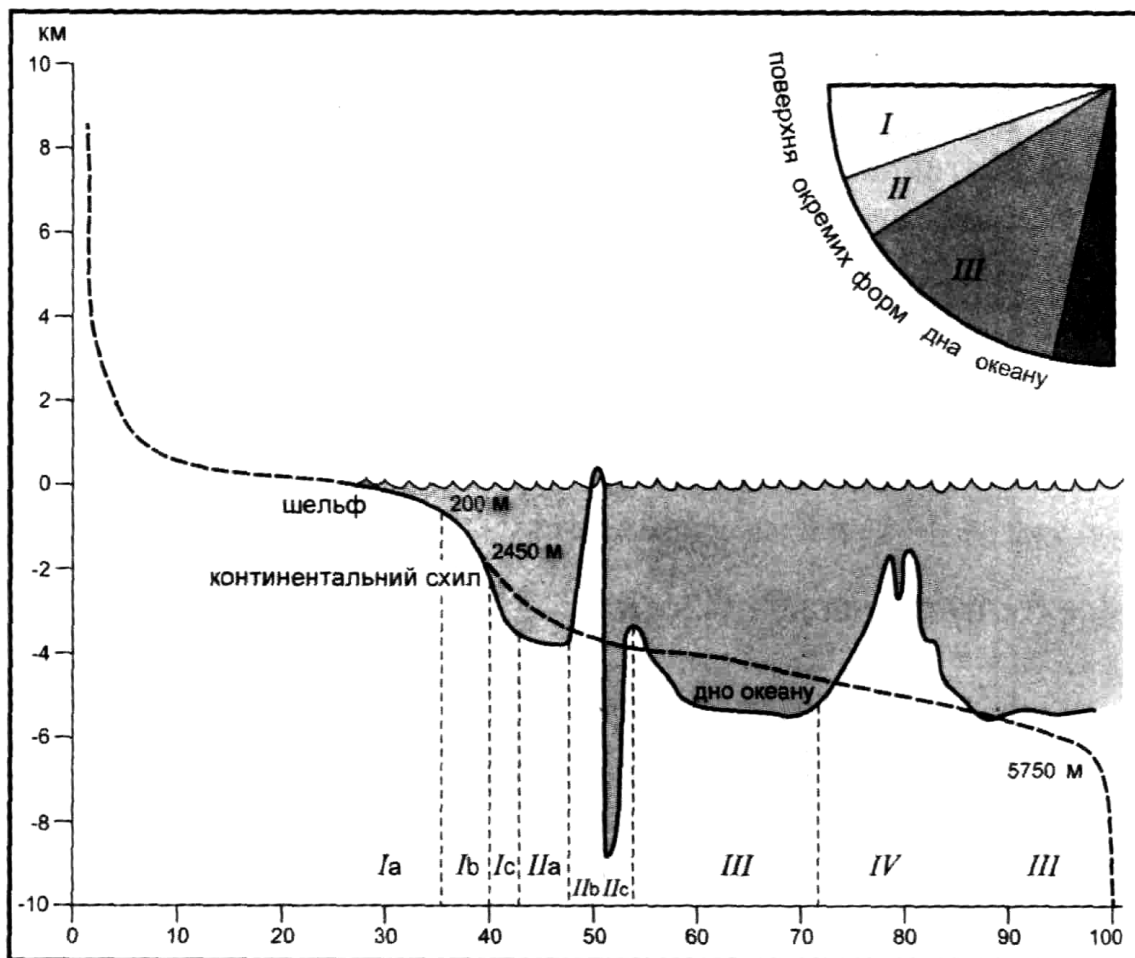


Рис. 3. Гіпсографічна крива й узагальнений батиметричний профіль дна Світового океану за В. Станковським [Мізерський, 2011]:

Діаграма на рис. ілюструє взаємовідношення поверхні: I – підводне продовження континентів; II – перехідні зони (острівні дуги, океанічні жолоби, внутрішні моря); III – басейни океанів; IV – серединно-океанічні хребти;

Ia – шельфи; Ib – континентальні схили; Ic – підніжжя континентальних схилів; IIa – внутрішні моря; Ib – острівні дуги; IIc – океанічні жолоби

Площі морфологічних зон рельєфу дна Світового океану, млн. м<sup>2</sup>  
(у дужках – відсоток від загальної площі) [Хільчевський, Дубняк, 2008]

Океан	Шельф, 0–200 м	Материковий схил, 200–3000 м	Ложе океану, 3000–6000 м	Глибоководні западини, >6000 м
Тихий	8,16 (4,6)	26,05 (14,6)	141,55 (79,2)	2,92 (1,6)
Атлантичний	7,78 (8,6)	18,92 (20,7)	64,48 (70,3)	0,39 (0,4)
Індійський	4,63 (6,1)	13,03 (17,1)	57,87 (76,0)	0,64 (0,8)
Північний Льодовитий	5,84 (39,6)	6,34 (43,0)	2,57 (17,4)	–
Світовий	26,5 (7,3)	64,34 (17,8)	266,47 (73,8)	3,95 (1,1)

*Материкова (континентальна) відмілина (шельф)* – це мілководна частина підводної окраїни материків, утворення якої найчастіше пов'язане з наступом моря на сушу – трансгресією. Загалом це вирівняна поверхня, нахилена під кутом у кілька градусів у напрямі відкритого океану. Середня глибина шельфу становить близько 130 м, а його нижню межу проводять на глибині близько 200 м. Однак у деяких районах, наприклад, навколо Антарктиди, поверхня шельфу лежить глибше (це зумовлене ізостатичним зануренням під вагою антарктичного льодовика). Частина площ шельфу занурена вздовж розломів, паралельних до берега. Прикладом такого занурення шельфу є плоскогір'я Блейк біля берегів Флориди. У зоні шельфу виділяють три головні частини: *прибережну*, яка досягає глибин 30–50 м, для неї характерне швидке зростання глибини та дуже інтенсивна діяльність хвиль і течій; *серединну*, порівняно широку, до глибини 120 м, це головна частина шельфу зі спокійним рівнинним дном та значною товщиною осадів; *зовнішню*, досить вузьку, яка опускається до нижньої межі шельфу, їй властиві значні нахили дна і різноманітна морфологія [Мізерський, 2011]. Перед гирлами великих річок зустрічаються також акумулятивні материкові відмілини, які складені товщами винесених з материка піщано-глинистих відкладів.

Материкова відмілина (шельф) – це підводна рівнина, безпосереднє продовження під водою прибережних ділянок суші. До недавнього часу її нижньою межею вважалася глибина 200 м. Останні дослідження шельфу показали, що межу шельфу треба проводити не за глибиною, а за геоморфологічними ознаками, тому вона неоднакова в різних частинах океану. Біля берегів Південної Америки межа шельфу, наприклад, проходить на глибині 55 м, в морях Східно-Сибірському і Лаптевих – на глибині не більше 100 м, а в Баренцевому і Норвезькому – 200 м. Ширина шельфів коливається від кількох кілометрів до 1300 км. Загальна площа, зайнята шельфом, – близько 8 % дна Світового океану.



Найбільша ширина материкової відмілини (до сотень кілометрів) спостерігається вздовж північних берегів Євразії. Значні її розміри – в Атлантичному океані вздовж берегів Європи та Північної Америки, а також біля берегів Патагонії. Найменша ширина шельфу – в Тихому океані вздовж західних берегів Північної і Південної Америки.

У межах шельфу розташовані важливі рибогосподарські райони світу (Баренцове море, Ньюфаундлендська банка, Північне море), родовища нафти і газу та інших корисних копалин (наприклад, у Північному морі, Мексиканській і Перській затоках) [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Виділяються два основних типи шельфів: гляціальні і нормальні. Гляціальні поширені в областях розвитку сучасних чи четвертинних покривних зледенінь: у Північному Льодовитому океані, північних частинах Атлантичного і Тихого океанів і в Антарктиці. Характерними рисами морфології гляціальних шельфів є почленованість їхньої поверхні системами повздовжніх жолобів на ряд підвищених ділянок – банок, наявність прибережного мілководдя, широке розповсюдження льодовиково-аккумулятивних форм рельєфу у вигляді невеликих горбів і гряд. Нормальні шельфи широко поширені в Атлантичному і Індійському океанах, а також у східній частині Північного Льодовитого океану. Поверхня їхня вирівняна абразивно-аккумулятивними процесами під час змін рівня океану у четвертинний період. У рельєфі зазвичай виділяються три зони: 1) мілководдя з глибинами до 20–30 м, що піддіється сучасному активному хвильовому впливу; 2) середня зона з глибинами 50–80 м, що відрізняється найбільш вирівняною поверхнею, що місцями ускладнена підводними долинами чи піщаними грядами; 3) зовнішня зона із ухилами, що поступово збільшуються, для якої характерні підводня долини і тераси. У тропічних областях океанів прибережжя і середня зони нормальних шельфів часто ускладнені горбами і грядами, складеними коралами.

*Материковий (континентальний) схил* – це частина поверхні дна океанів і морів між материковою відмілиною та ложем океану. Він являє собою бічну грань материкової плити. Материковий схил має досить великі похили (в середньому 4–7°), інколи вони досягають 20–40° (біля берегів вулканічних і коралових островів). Глибина континентального схилу сягає 2500–3000 м. У деяких місцях океану материковий схил прорізаний глибокими підводними каньйонами. Більшість каньйонів утворилась під дією суспензійних потоків, що рухаються вздовж материкового схилу, інші виникли внаслідок дії тектонічних процесів або затоплення долин і русел великих річок.

Ширина материкового схилу змінюється від 15 до 30 км, але в окремих районах складає кілька сотень кілометрів. Характерна особливість материкового схилу – східчастість його профілю, що нерідко трапляється, і глибоке поперечне (по відношенню до його простягання) розчленування підводними каньйонами. Вони являють собою крутосхилі глибокі (до 1–2 км), зазвичай V-подібні в поперечному профілі лінійно витягнуті форми рельєфу. Багато підводних каньйонів – це продовження річкових долин (Конго, Інд, Амазонка і ін.). Багато підводних каньйонів закінчуються конусом виносу, який у радіусі досягає 300–350 км, місцями більше.

Між материковим схилом і ложем океану виділяється *материкове підніжжя* (аккумулятивна пологохвиляста рівнина), сформоване шлейфами осадів, накопичених біля материкового схилу. Вони подібні до шлейфів, які утворюються біля підніжжя гір на суші. Тут також трапляються конуси виносу каньйонів материкового схилу.

*Ложе* Світового океану розміщується із зовнішнього боку материкового підніжжя. Це зона найбільших глибин (не враховуючи глибоководних жолобів) Світового океану, яка займає майже  $\frac{3}{4}$  всієї його площі. Ложе океану лежить на глибинах у середньому 3–4 км. Рельєф ложа океану утворюють котловини, підводні хребти, що їх розділяють, і підвищення. Найвищі вершини підводних хребтів виступають над рівнем поверхні океану, утворюючи океанічні острови. Деякі із підводних островів утворюють грандіозні гірські системи, що перевищують за своїми розмірами найбільші гірські масиви суші.

Морфологічно ложе океанів, що займає більше половини земної поверхні, представлене спокійною поверхнею і розвиненими тут великими вулканічними горами та підводними плоскогір'ями. Багато з цих гір виступає над поверхнею океану, утворюючи острови (наприклад, Гавайські). Деякі з них увінчані кораловими рифами. Ще інші мають плоскі вершини, заховані під водою (їх називають *гайотами*) [Мізерський, 2011].

Дуже своєрідні морфологічні й тектонічні форми дна океанів – океанічні жолоби, які існують у крайових зонах островів і поряд з острівними дугами або прибережними молодими гірськими спорудами. В Атлантиці океанічні жолоби згруповані у зоні басейну Карибського моря, з внутрішнього боку Антилської дуги (жолоб Пуерто-Рико). В Індійському океані відомий Яванський жолоб, який відгороджує з боку океану Андаманову, Нікобарову, Суматранську, Яванську і Балійську дуги. Найкраще розвинуті жолоби та найбільша їхня кількість зафіксована на периферії Тихого океану. Половина з наявних там жолобів має глибину понад 9 км. Ширина типового океанічного жолоба становить звичайно 100–150 км. Його поперечний профіль завжди асиметричний; схил, що прилягає до острівної дуги, є значно стрімкішим, ніж океанічний схил. Обидва схили жолоба можуть бути розсічені розломами, що породжує місцеві нахили схилів, які досягають навіть 90°. Однією з характерних рис будови океанічних глибоководних жолобів є їхнє майже плоске дно [Мізерський, 2011].

Таблиця 2

**Основні котловини, хребти і глибоководні жолоби океанів**

Котловини	Хребти	Жолоби (макс. глибина, м)
<i>Атлантичний океан</i>		
1. Лабрадорська	1. Рейкьянес	Пуерто-Рико (8742)
2. Ньюфаундлендська	2. Північно-Атлантичний	Південно-Сандвічевий (8264)
3. Північно-Американська	3. Південно-Атлантичний	

<ul style="list-style-type: none"> <li>4. Гвіанська</li> <li>5. Бразильська</li> <li>6. Аргентинська</li> <li>7. Південно-Антильська</li> <li>8. Західно-Європейська</li> <li>9. Іберійська</li> <li>10. Канарська</li> <li>11. Зеленого Мису</li> <li>12. Гвінейська</li> <li>13. Ангольська</li> <li>14. Капська</li> <li>15. Атлантико-Антарктична</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4. Китовий</li> <li>5. Африкано-Антарктичний</li> <li>6. Південно-Антильський</li> </ul>	
<b><i>Індійський океан</i></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Аравійська</li> <li>2. Сомалійська</li> <li>3. Мадагаскарська</li> <li>4. Мозамбіцька</li> <li>5. Голкова</li> <li>6. Центральна</li> <li>7. Крозе</li> <li>8. Західно-Австралійська</li> <li>9. Південно-Австралійська</li> <li>10. Індо-Антарктична</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Мальдівський</li> <li>2. Аравійський</li> <li>3. Маскаренський</li> <li>4. Мадагаскарський</li> <li>5. Західно-Індійський</li> <li>6. Східно-Індійський</li> <li>7. Західно-Австралійський</li> <li>8. Центральноіндійський</li> <li>9. Кергеленський</li> <li>10. Південно-Індійський</li> <li>11. Маккуорський</li> </ul>	Зондський (7209)
<b><i>Тихий океан</i></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Філіпінська</li> <li>2. Західно-Маріанська</li> <li>3. Східно-Маріанська</li> <li>4. Західно-Каролінська</li> <li>5. Східно-Каролінська</li> <li>6. Коралова</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Північно-Тихоокеанський</li> <li>2. Гавайський</li> <li>3. Західно-Тихоокеанський</li> <li>4. Новозеландський</li> <li>5. Східно-Тихоокеанський</li> <li>6. Південно-Тихоокеанський</li> </ul>	<p>Алеутський (7822)</p> <p>Курило-Камчатський (10 542)</p> <p>Японський (8412)</p> <p>Бонінський (9810)</p> <p>Волкано (9156)</p> <p>Маріанський (11 022)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>7. Північно-Фіджійська</li> <li>8. Південно-Фіджійська</li> <li>9. Тасманова</li> <li>10. Північно-Західна</li> <li>11. Північно-Східна</li> <li>12. Центральна</li> <li>13. Східна</li> <li>14. Південна</li> <li>15. Новозеландська</li> <li>16. Перуанська</li> <li>17. Тихоокеансько-Антарктична</li> </ul>		<p>Нансена (7507)</p> <p>Філіппінський (10 830)</p> <p>Бугенвіля (9140)</p> <p>Тонга (10 882)</p> <p>Кермадек (10 047)</p> <p>Центральноамериканський (6652)</p> <p>Перуанський (6601)</p> <p>Чілійський (8069)</p>

<i>Північний Льодовитий океан</i>		
1. Норвезька	1. Гаккеля	
2. Гренландська	2. Ломоносова	
3. Нансена	3. Менделєєва	
4. Амундсена		
5. Макарова		
6. Підводників		
7. Канадська		

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Письмово у робочих зошитах проаналізуйте особливості рельєфу дна Чорного і Азовського морів.

### **Контрольні питання**

1. Які структурно-морфологічні зони виділяються у межах дна Світового океану ?
2. Поясніть поняття: «материкова відмілина», «материковий схил», «материкове підніжжя».
3. Які особливості шельфової зони Північного Льодовитого океану ?
4. Охарактеризуйте особливості рельєфу океанічного ложа.
5. Які форми рельєфу типові на дні Світового океану ?
6. Особливості рельєфу дна Тихого океану.

### ***Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела***

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Мізерський В. Динамічна геологія (Загальна геологія) : навч. посібник. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2011. 356 с.
3. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
4. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

## Практична робота № 5

**Тема:** Рельєф дна Світового океану. Серединно-океанічні хребти, перехідні зони.

**Мета:** З'ясувати особливості зазначених структурно-геоморфологічних елементів рельєфу дна Світового океану.

**Основні терміни і поняття:** перехідна зона, глибоководний тренч, океанічний розлом, серединно-океанічний хребет.

### Аудиторні завдання:

1. Нанесіть на контурну основу серединно-океанічні хребти дна Світового океану, у робочому зошиті дайте коротку характеристику одного серединно-океанічного хребта згідно плану: географічне положення, особливості будови, морфометричні характеристики, ділянки, припідняті над поверхнею океану, рівень сейсмічності. Варіанти повідомлення: Серединно-Атлантичний, Західноіндійський, Арабсько-Аравійський, Центральньо-індійський, Тихоокеанський (Південнотихоокеанське, Східнотихоокеанське підняття) серединно-океанічні хребти.

2. Опишіть будову кожної перехідної зони Світового океану, зазначаючи географічні назви котловин окраїнних глибоководних морів, островних дуг і глибоководних жолобів, які входять до їх складу, сформувані картосхему перехідних зон Світового океану.

### Теоретичні відомості з даної теми

*Серединно-океанічні хребти.* У кожному океані є хребет меридіонального напрямку. Вони відомі в усіх океанах і з'єднані між собою. Це підводні гірські утворення, що займають найчастіше серединне положення в океанах. Їм притаманні своєрідні риси будови підводного рельєфу, аномальні геофізичні поля, тектонічні прояви, підвищені сейсмічність і вулканізм. Осьові зони хребтів є конструктивними межами літосферних плит, де відбувається розходження океанічного дна і нарощування океанічної кори – омолодження океанічного дна (рис. 1).

В осьових частинах серединно-океанічних хребтів є довгі і вузькі *рифтові долини*, або коротко *рифти*. Безпосередньо біля рифтової долини, з обох її боків є площі дуже складної будови, які називають зонами *рифтових гір*. Для них характерна наявність багатьох вузьких пасом та прогинів з перепадом висот, що перевищує 1 км. Ширина цієї зони становить близько 50 км. З віддаленням від осі хребта його структура стає простішою, контури різких форм – згладженішими і схил хребта поступово переходить у дно океанічної депресії [Мізерський, 2011].



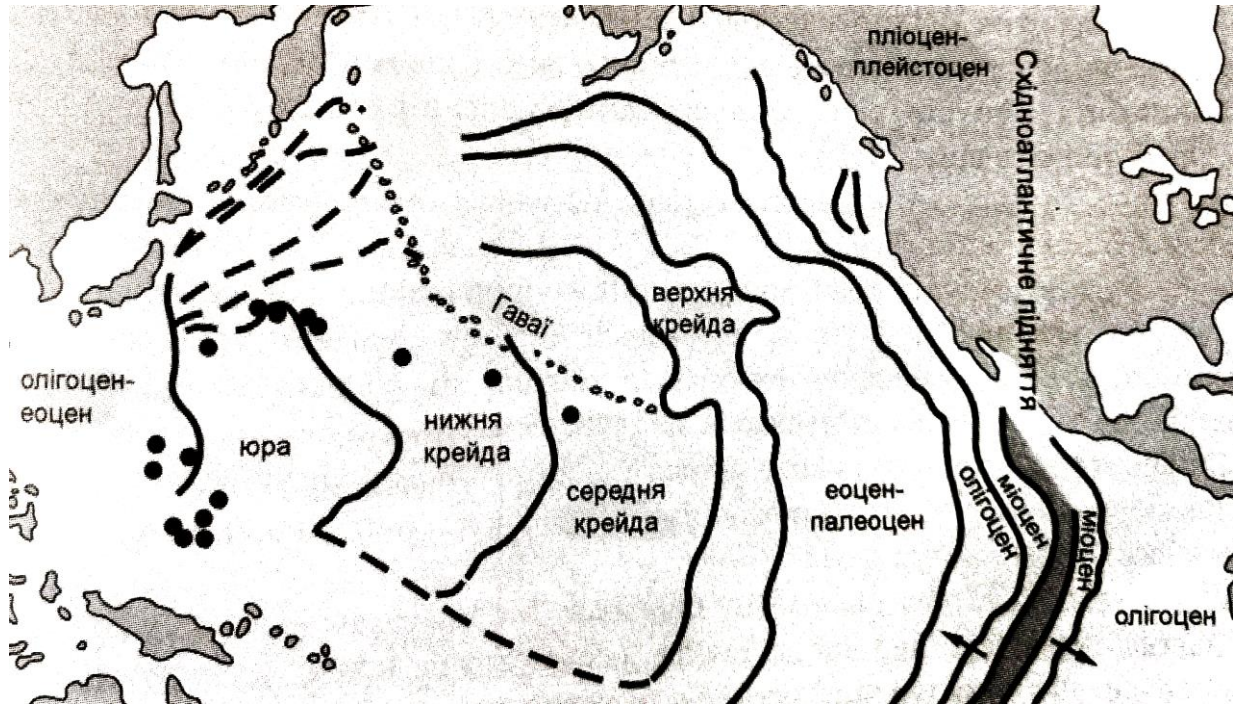


Рис. 1. Вік базальтових порід ложа Тихого океану [Мізерський, 2011]

Серединно-океанічні хребти – це місця, де до поверхні землі піднімаються конвенційні потоки. Натомість розміщені навколо Тихого океану зони островних дуг та океанічних жолобів відповідають потокам, які опускаються. Конвекційні комірки, як незмінні елементи, існують близько 200–300 млн років. Упродовж цього часу матерія мантії Землі, піднявшись у рифтових долинах – вузьких та глибоких ущелинах в осьових частинах серединно-океанічних хребтів – далі просувається горизонтально до місць, де вона знову зазнає втягування а глибокі частини мантії [Мізерський, 2011 (рис. 2)]. Завдяки цьому дно океану поновлюється кожні 200–300 млн. років. Це може пояснити відомий факт, що на дні океанів нема осадів, старших, ніж юрські, а осадовий покрив порівняно тонкий («Дно океану молодше за сам океан»).



Рис. 2. «Зародження» та «смерть» океану згідно з концепцією розширення океанічного дна [Мізерський, 2011]

Рельєф хребтів повсюдно відрізняється складним розчленуванням, він утворений чергуванням лінійно витягнутих у напрямку простягання хребта гребенів, улоговин, жолобів, уступів, ланцюгів підводних гір. Все багатоманіття форм підводного рельєфу формує три основні геоморфологічні зони: гребеневу (рифтову) і бічні по обидва боки від неї. В цілому хребти являють собою широкі (до 2000 км шириною) підняття висотою від 1000 до 4000 м над дном котловин, причому загальний ухил їх поверхні, зазвичай, зменшується в обидва боки від гребеня. Гребенева зона припіднята на 1000–1500 м над фланговими поверхнями (бічними) серединно-океанічних хребтів і інтенсивніше розчленована. Вздовж осі серединно-океанічних хребтів Атлантичного і Індійського океанів і частково Південно-Тихоокеанського підняття майже повсюдно простягаються, послідовно змінюючи одна одну, вузькі і глибокі рифтові долини, що є грабеноподібними структурами, які сформувалися в умовах розходження земної кори. На більшій частині Східно-Тихоокеанського підняття місце рифтових долин займають осьові гребені, що облямовані з обох боків повздовжними улоговинами. Це пояснюється особливостями формування вулканогенного рельєфу рифтових зон при високих швидкостях розходження. Південні окраїни меридіональних хребтів з'єднуються з широтним підводним хребтом, розташованим між Антарктидою і материками Південної Америки, Африки та Австралії. У багатьох місцях хребти зруйновані поперечними (трансформними) розломами. Таким чином, серединно-океанічні хребти формують єдину гірську систему планетарного масштабу. Загальна її протяжність – понад 60 тис. км, а площа – більше 15 % поверхні дна океанів.

Серединно-океанічні хребти виразно означені у морфології дна і займають осьове положення в Атлантичному і Індійському океанах; їхнє продовження в Тихому океані не таке виразне зміщене щодо осі океану. Серед цих структур особливим є Серединноатлантичний хребет, оскільки у його будові простежено всі характерні риси таких структур земної кулі. Передусім цей хребет займає осьове положення в океані і в ньому чітко виявлена рифтова долина, що має характер глибокого, видовженого провалу або глибокої ущелини тектонічного походження. Долина розділена на окремі відрізки, зміщені вздовж трансформних розломів. Середня глибина дна долини становить близько 4000 м, а його узбіччя підняті до глибини 2000 м (рис. 3), окремі фрагменти навіть виступають над рівнем океану (наприклад, острів Сан-Паулу в Атлантиці). Ширина рифтової долини по верхніх частинах сягає 25–50 км, натомість ширина її дна зменшується до кількох кілометрів. Ширина Серединноатлантичного хребта варіює в межах 300–2000 км, найменша – в екваторіальній частині [Мізерський, 2011].

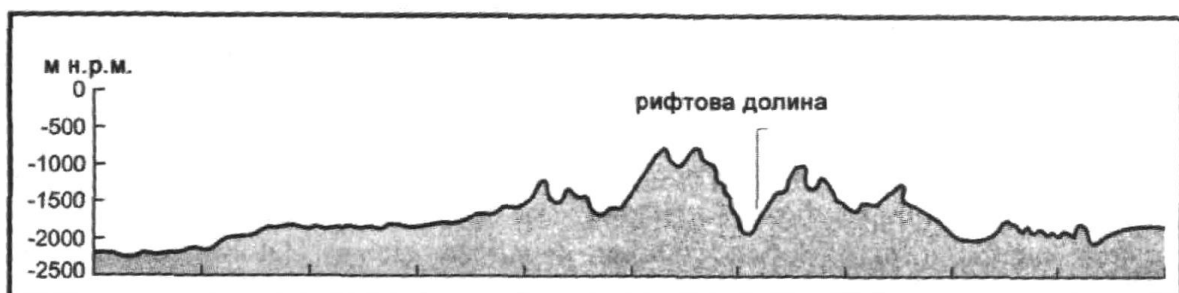


Рис. 3. Поперечний профіль Серединноатлантичного хребта [Мізерський, 2011]

Серединноатлантичний хребет через Африкано-Антарктичний з'єднаний з хребтами Індійського океану. Він входить в Індійський океан, змінюючи напрям на північно-східний і простягається до о. Родрігес; цю частину хребта називають Західноіндійським хребтом. Далі хребет розділений на два відгалуження. Одне тягнеться на північ, далі повертає на північний захід і входить в Аденські затоку, через яку сполучене з рифтом Червоного моря; це Арабо-Індійський хребет. Друге відгалуження – Серединноіндійський хребет – проходить на південний схід між Австралією та Антарктидою і сполучений з Тихоокеанським хребтом. Арабсько-Індійський і Західноіндійський хребти мають ті самі характерні риси, що й Серединноатлантичний. Західноіндійський хребет має ширину близько 300 км, висоту – 1200–3300 м, глибина і ширина рифтової долини, відповідно, – 2000–2300 м і 20–30 км. Арабсько-Індійський хребет має ширину 750–950 км, його висота – близько 2300 м, а ширина і глибина рифтової долини – 12–20 км і 1500–2200 м. Серединноіндійський хребет є ширшим (до 1900 км) і простішим морфологічно, а також має дуже нечіткий прояв рифтової долини.

Тихоокеанський хребет переміщений далеко на схід та на південь від осі океану. З морфологічного погляду він є менш виразним, ніж хребет в Атлантиці. Він нижчий (1000–1500 м), але значно ширший (2500–3000 км); рифтова долина не завжди чітко вирисувала. Тихоокеанські хребти виступають як Південнотихоокеанське і Східнотихоокеанське підняття. Східнотихоокеанське підняття «занурене» на північ під Північноамериканський континент, а його рифтова долина продовжується в Каліфорнійську затоку [Мізерський, 2011] (табл. 1, рис. 4).

Усім серединно-океанічним хребтам властива підвищена сейсмічність. Крім них, на дні океанів є підводні хребти іншого походження, у структурі яких немає рифтової долини і з якими не пов'язані вогнища землетрусів. Їх називають асейсмічними хребтами. Під ними завжди потовщена земна кора. Довжина таких хребтів домагає кількох тисяч кілометрів, а ширина – кілька сотень кілометрів з висотою 2–3 км. Такими хребтами є, наприклад, Бермудський хребет в Атлантиці, або Маскаренський підводний хребет в Індійському океані [Мізерський, 2011].



**Рис. 4.** Продовження рифтової долини Східнотихоокеанського підняття [Мізерський, 2011]  
1 – розломи; 2 – рифтова долина; 3 – зона субдукції; стрілки – напрям переміщення плит



Таблиця 1

**Морфометричні характеристики хребтів і піднять  
у системі серединно-океанічних хребтів [Хільчевський, Дубняк, 2008]**

Хребет, підняття	Найменша глибина над гребенем, м	Глибина підшови, м	Довжина, тис. км	Найбільша ширина, км
<b>Атлантичний океан</b>				
Африкано-Антарктичний хребет	155	4500	3,0	450
Південноатлантичний хребет	<b>84</b>	4000	6,5	1600
Північноатлантичний хребет	128	5000	8,2	1500
Хребет Рейк'янес	310	2000	1,1	300
<b>Індійський океан</b>				
Австрало-Антарктичне підняття	1145	3500	5,9	800
Центральноіндійський хребет	1145	4000	2,3	500
Західноіндійський хребет	251	5000	3,6	700
Аравійсько-Індійський хребет	1271	4000	3,7	650
<b>Тихий океан</b>				
Південнотихоокеанське підняття	878	4500	4,1	750
Чилійське підняття	2266	4000	2,3	500
Східнотихоокеанське підняття	732	3500	7,6	850

Таблиця 2

**Морфометричні характеристики глибоководних западин  
з глибиною понад 8000 м [Хільчевський, Дубняк, 2008]**

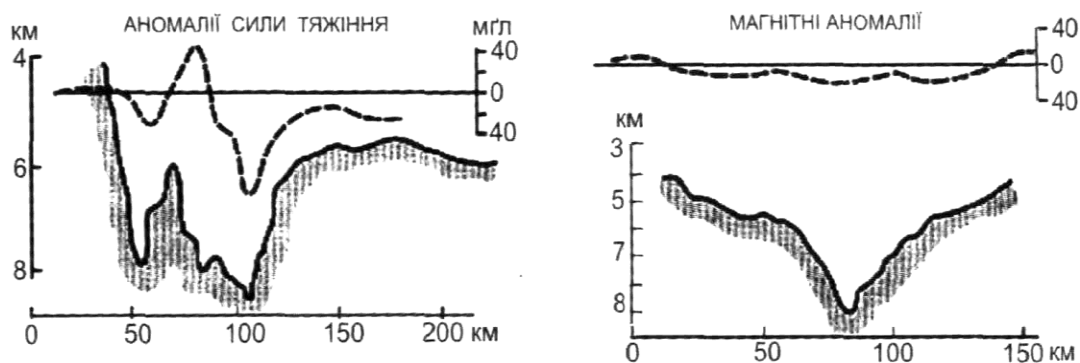
Глибоководна западина	Довжина, км	Середня ширина, км	Максимальна глибина, м
<b>Тихий океан</b>			
<b>Маріанська</b>	<b>1340</b>	<b>59</b>	<b>11022</b>
Тонга	860	78	10882
<b>Філіппінська</b>	<b>1330</b>	<b>65</b>	<b>10265</b>
Кермадек	1270	88	10047
Ідзу-Бонінська	1030	82	9810
<b>Курило-Камчатська</b>	<b>2170</b>	<b>59</b>	<b>9717</b>
Санта-Крус	292	<b>31</b>	9174
Волкано	820	109	9156
Бугенвільська	330	39	9103
Яп	460	72	8850
Сан-Крістобаль	605	<b>28</b>	8487
<b>Японська</b>	<b>680</b>	<b>59</b>	<b>8412</b>
Новобританська	510	<b>25</b>	8320
Палау	350	86	8069
<b>Чилійська</b>	<b>2690</b>	<b>64</b>	<b>8069</b>
<b>Атлантичний океан</b>			
<b>Пуерто-Ріко</b>	<b>1070</b>	<b>87</b>	<b>8742</b>
<b>Південносандвичева</b>	<b>1380</b>	<b>68</b>	<b>8264</b>

Під гребенями серединно-океанічних хребтів постійно розвиваються тектоно-магматичні процеси, що супроводжуються підвищеною сейсмічністю. У рифтових зонах, розмічених на гребнях серединно-океанічних хребтів, відбувається розтягнення і розсування дна океанів. Тому всі ці зони

відмічаються частими, але дрібнофокусними землетрусами із домінуванням розривних механізмів зміщення. На противагу цьому під острівними дугами і активними окраїнами континентів, тобто в зонах підсування плит, зазвичай відбуваються потужніші землетруси із домінуванням механізмів зжимання і зрушення. За сейсмічними даними, занурення океанічної кори і літосфери прослідковується у верхній мантії і мезосфері до глибини біля 600–700 км.

У багатьох місцях хребти зруйновані поперечними розломами. *Трансформні розломи* деколи перетинають зони підсування літосферних плит чи простягаються від них до рифтових зон, але більшість із них розбивають тільки серединно-океанічні хребти. Найкрупнішими з них є розломи Гібс, Атлантик, Віма, Романш в Атлантичному океані; розломи Оуен і Амстердам у Індійському океані; розломи Елтанін і Челленджер у Тихому океані. Крім того, в північній частині Тихого океану залишились сліди нині відмерлих, але колись гігантських розломів, зміщення за якими відбувалися на багато сотень кілометрів (максимум – на 1200 км). Це так звані великі розломи дна Тихого океану: Мендосіно, Піонер, Меррей, Молокаї, Кларіон і Кліппертон.

Океанічні *глибоководні западини (жолоби)* – вузькі та довгі, найчастіше дугоподібні в плані депресії (завглибшки понад 6000 м), розташовані вздовж зовнішнього краю острівних дуг, а також деяких материків. Ці глибоководні ділянки займають 2 % океанічного дна. Вони схожі на ущелини, трогові долини, навіть рови, тільки дуже великої глибини. Ширина жолобів сягає від 1–3 км до кількох десятків кілометрів (може бути 100–200 км), а довжина – сотні кілометрів. Вони врізані у ложе океану, їх верхній контур обмежений, зазвичай, ізобатою 6000 м, яка немов би відкриває яму в глибину дна. Схили жолобів дуже круті, майже стрімкі, причому схили, звернені у бік суші, крутіші, ніж ті, що у бік океану. Ширина жолобів біля дна від борту до борту набагато менша, причому дно це рівне, майже плоске (табл. 2, рис. 5). Океанічні жолоби належать до перехідної зони між материком і океаном. Найбільше поширені в Тихому океані вздовж східного узбережжя Євразії, де в поєднанні з котловинами окраїнних морів і острівних дуг вони формують так звані *перехідні зони* між підводною окраїною материка і ложем океану в місцях інтенсивної тектонічної діяльності (за сучасною теорією динаміки літосферних плит в перехідну зону входять: котловина окраїнного глибоководного моря, острівна дуга і глибоководний жолоб). Глибоководні жолоби наявні головним чином в Тихому океані – їх там 27, в Атлантичному – 4, в Індійському – 3. Найглибший тренч Світового океану – Маріанський (11 022 м), три жолоба глибших за 10 км: Філіпінський (10 265 м), Тонга (10 882 м), Кермадек (10 047 м) знаходяться у Тихому океані. Вивчення глибоководних жолобів супроводжується технічними складнощами, пов'язаними із їх величезними глибинами.



**Рис. 5. Глибоководні океанічні жолоби [Мізерський, 2011]**

а – поперечний профіль жолоба Тонга та аномалії сили тяжіння, за Р. Райтом; б – поперечний профіль жолоба Пуерто-Ріко і магнітні аномалії, за Б. Гейзенем та В. Евінгом

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Письмово у робочих зошитах підготуйте коротке повідомлення про одну із глибоководних западин Світового океану.
2. Поясніть вислів «Океан – внутрішній космос Землі» та підготуйте повідомлення про дослідження глибоководних западин Світового океану.

### **Контрольні питання**

1. Система серединно-океанічних хребтів у Світовому океані.
2. Яка будова серединно-океанічних хребтів ?
3. Що таке рифтова долина, яке її значення у складі серединно-океанічного хребта ?
4. Поясніть вислів «Океанічне дно молодше за сам Океан».
5. Що таке перехідні зони Світового океану ?
6. Яка структура перехідних зон ?
7. Назвіть найвідоміші глибоководні жолоби Світового океану.
8. Скільки перехідних зон в Індійському океані ?
9. Які особливості перехідних зон Атлантичного океану вам відомі ?
10. З яких елементів складаються перехідні зони західної частини Тихого океану ?
11. Скільки перехідних зон у західній частині Тихого океану ?
12. З яких елементів складаються перехідні зони східної частини Тихого океану ?

### **Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела**

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Мізерський В. Динамічна геологія (Загальна геологія) : навч. посібник. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2011. 356 с.
3. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
4. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

## Практична робота № 6

**Тема:** Донні відклади: класифікація і поширення.

**Мета:** З'ясувати закономірності сучасних процесів осадонакопичення у Світовому океані, джерела надходження осадів у океан, виявити особливості поширення донних відкладів.

**Основні терміни і поняття:** осадконагромадження, седиментаційний басейн, донні відклади, морські ґрунти, теригенні відклади, біогенні (кременисті, карбонатні) відклади, пірокластичні відклади, полігенні відклади, хемогенні відклади.

### Аудиторні завдання:

1. Використовуючи подану у теоретичних відомостях до практичної роботи картосхему (рис. 1), письмово у робочих зошитах проаналізуйте поширення донних відкладів у Світовому океані.

2. На картографічну основу («Карту океанів») нанесіть основні райони поширення теригенних, айсбергових, коралових і черепашкових, птероподових, форамініферових, діатомових, радіолярієвих, вулканогенних відкладів, глибоководних червоних глин, залізо-манганових конкрецій\*.

3. Підготуйте короткі повідомлення за варіантами: «Донні відклади Атлантичного океану», «Донні відклади Тихого океану», «Донні відклади Індійського океану», «Донні відклади Північного Льодовитого океану».

### Теоретичні відомості з даної теми

На дні океанів і морів формується товща відкладів, що складається із частинок різноманітного походження.

Будь-який матеріал, що складає поверхню океанічного дна, прийнято називати *морським ґрунтом*. Більша частина поверхні дна океанів і морів покрита шаром пухкого матеріалу, який ще називають *морськими* чи *донними відкладами*. Інколи на морському дні оголюються корінні породи – скелі чи щільні глини. Морські відклади, які знаходяться в зоні дії хвиль, часто називають *морськими наносами* [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Для сучасних процесів осадонакопичення у Світовому океані характерна географічна зональність: кліматична (від однієї кліматичної зони до іншої), вертикальна (із збільшенням океанічних глибин), циркумконтинентальна (із віддаленням від континентів у бік океану). Значна частина осадів потрапляє у Світовий океан із суші за рахунок винесення алювію річками, а також завдячуючи руйнівній діяльності льодовиків, вітру, розмиву берегів хвилями (табл. 1).

---

\*Залізо-манганові конкреції – аутигенні (утворені на місці знаходження) мінеральні структури гідроксидів заліза та мангану з включенням інших елементів на дні морів і океанів.

## Надходження осадового матеріалу у Світовий океан

Чинники надходження осадового матеріалу	Кількість, млрд. т/рік
Твердий стік	18,3
Розчинений стік рік	1,2
Твердий стік льодовиків	1,2
Еолове привнесення	2,0
Абразія	0,9
Вулкани	1,7
Біогенний матеріал (карбонатний, кременистий)	1,8
Всього	27,3

Процес утворення відкладів на морському дні досить складний. Опинившись у межах морського басейну, різноманітні продукти руйнування суші під впливом динаміки моря, морських організмів та інших чинників починають довгий шлях міграції, поки після зміни своїх розмірів, складу і властивостей не осядуть на морське дно і не увійдуть до складу поверхневого шару ґрунту. Залежно від матеріалу, з якого утворюються донні відклади (тобто від походження складників), вони поділяються на теригенні та органогенні (біогенні) [Хільчевський, Дубняк, 2008].

До теригенних відкладів, які виникли внаслідок випадіння на дно мінеральних частинок, принесених у море різними транспортувальними чинниками, належать продукти розмиву суші – завислі та донні наноси, які виносяться річками (вітром, льодовиками), а також продукти руйнування берегів. Ці відклади займають найближчі до суші простори дна – приблизно одну четверту всієї площі дна океану. Матеріал, що утворюється безпосередньо в океані за рахунок відмирання різних морських організмів, головно планктонних, і випадіння в осад їх нерозчинних залишків, називається біогенним. Значна частина осадового матеріалу надходить із вулканів. Це вулканогенний матеріал. Деякі осади виникають у результаті випадіння тих чи інших солей із морської води чи хімічних процесів, що відбуваються на морському дні. Ці частинки називаються хемогенними. Крім того, у результаті згоряння метеоритів чи болідів в земній атмосфері утворюється космічний пил, що осідає на дні океану.

Морські відклади, що утворюються у результаті процесів перенесення, диференціації і акумуляції осадового матеріалу на дні морів і океанів, можна класифікувати за розміром частинок: від грубоуламкових (брили 1000 м) до глинистих (пеліти, менше 0,01 мм). Морські відклади класифікуються також за їх генезисом і речовинним складом (табл. 2).

Теригенні відклади наявні передусім на шельфах і в незначних кількостях в інших зонах океану (табл. 3). Теригенні наноси під дією гідродинамічних процесів сортуються за розміром уламків (крупністю). Поблизу берега відкладаються найбільші фракції (валуни, галька, гравій, пісок). Дрібніші

фракції, такі як мул (алеврит), глина (пеліт), пісок, течіями виносяться на більші глибини. Основна маса теригенних відкладів у Світовому океані представлена мулами. На дні океану формуються мули особливого хімічного складу та кольору. У високих широтах зустрічається голубий мул, у Тихому та Індійському океанах – синій, біля берегів Південної Америки – червоний, в інших районах океану – сірий, білий, коричневий. Тому часто і назву мулу дають за його кольором [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Таблиця 2

**Класифікація морських відкладів за генезисом і речовинним складом**

Групи осадів	Тип осадів	Вміст визначального компонента, %
Теригенні (уламкові і глинисті)	Кременисті: діатомові, діатомово-радіолярієві, губкові	Більше 10
Біогенні (органогенні)	Карбонатні: форамініферові і кокколітово-форамініферові, птероподово-форамініферові, коралово-водоростеві, черепашкові	Більше 10
Пірокластичні (вулканогенні)	Глибоководні червоні глини	Більше 50
Полігенні	Глауконітові	Більше 30
Аутигенні (хемогенні)	Оолітові Залізо-марганцеві конкреції	Більше 10

Таблиця 3

**Поширення основних типів донних відкладів у Світовому океані**

Типи донних відкладів	Площа, млн. км <sup>2</sup>
Теригенні, глауконітові і пірокластичні	68,1
Глибоководна червона глина	87,5
Форамініферові	140,7
Черепашкові, коралові, оолітові	7,3
Птероподові	2,8
Діатомові	29,3
Радіолярієві	10,2
Змішані, вапняково-кременісті (діатомово-форамініферові і радіолярієво-форамініферові)	16,0
Всього	361,9

Теригенні відклади зазвичай класифікуються тільки за гранулометричним складом. Виділяється як особливий різновид айсбергові відклади, що утворюються із осадового матеріалу, який випадає на морське дно під час танення айсбергів. Найхарактерніші для антарктичних вод Світового океану.



*Біогенні* відклади поділяються на кременисті і карбонатні. *Кременисті* відклади складаються із залишків діатомових водоростей, кремнеджгутикових, радіолярій і кремневих губок. Найпоширеніші серед них діатомові відклади. Загалом трапляються в приантарктичних водах Світового океану із зовнішнього боку смуги поширення айсбергів. Це переважно мули, що містять до 70–75 %  $\text{SiO}_2$ . Друга смуга діатомових мулів знаходиться у північній частині Тихого океану, в Берінговому і Охотському морях. Окремі плями діатомових мулів сформувалися із панцирів етмодискусів, виявлені на глибинах більше 5000 м в деяких котловинах тропічного поясу Тихого океану. Ширше поширені в тропічному поясах Тихого і Індійського океанів діатомово-радіолярієві відклади. Це переважно пелітові мули із значною домішкою теригенного глинистого матеріалу. Кремнегубкові відклади найчастіше трапляються на шельфі Антарктики, є також в Охотському морі. Карбонатні відклади поділяються на типи. Найпоширеніші форамініферово-кокколітові і форамініферові мули. Форамініферовий мул містить 90 %  $\text{CaCO}_3$ . За гранулометричним складом це алевритовий чи пелітовий осад, у деяких випадках – пісок, що складається із черепашок донних (бентосних) форамініфер. Основну масу карбонатних мулів складають черепашки планктонних форамініфер, найчастіше глобігерин, а також вапнякові пластинки покривів кокколітофорид – планктонних вапнякових водоростей. За значної домішки черепашок планктонних молюсків птеропод виділяють птероподово-форамініферові відклади. До карбонатних відкладів належать також різні коралово-водоростеві осади, що складаються із залишків коралів і вапнякових водоростей.

*Пірокластичні* відклади утворюються в безпосередній близькості до вулканів. Це головню піщаний матеріал.

*Полігенні осади* – це глибоководна червона глина, що залягає на глибинах більше 4500 м. Це пов'язано із т. з. рівнем карбонатної компенсації, тобто з глибиною, граничною для поширення карбонатних відкладів. На більшій глибині відбувається повне розчинення вапнякових частинок, через що тут накопичуються різні найтонші нерозчинні частки, із яких і утворюється червона глибоководна глина. В червоних глинах завжди присутні кременисті біогенні залишки (діатомові, радіолярієві і ін.), зуби хижих акул, космічний пил.

*Хемогенні* відклади – це карбонатні оолітові і інші осади. Ооліти – найдрібніші кульки вапна, що утворюються у результаті хімічного виділення вапна із розчину, для чого необхідне перенасичення поверхневого шару води  $\text{CaCO}_3$ . До цієї ж групи належать глауконітові піски і мули – осади різного складу із помітною домішкою глауконіту – мінералу вторинного генезису. До хемогенних утворень належать залізо-марганцеві конкреції – сполуки гідроокислів заліза і марганцю з домішкою інших. У поперечному перерізі конкреції варіюють від 1 до 25 см, але трапляються конкреції масою до 850 кг (Філіпінська западина). У поширенні донних відкладів проявляється широтна і вертикальна зональність (рис. 1.).

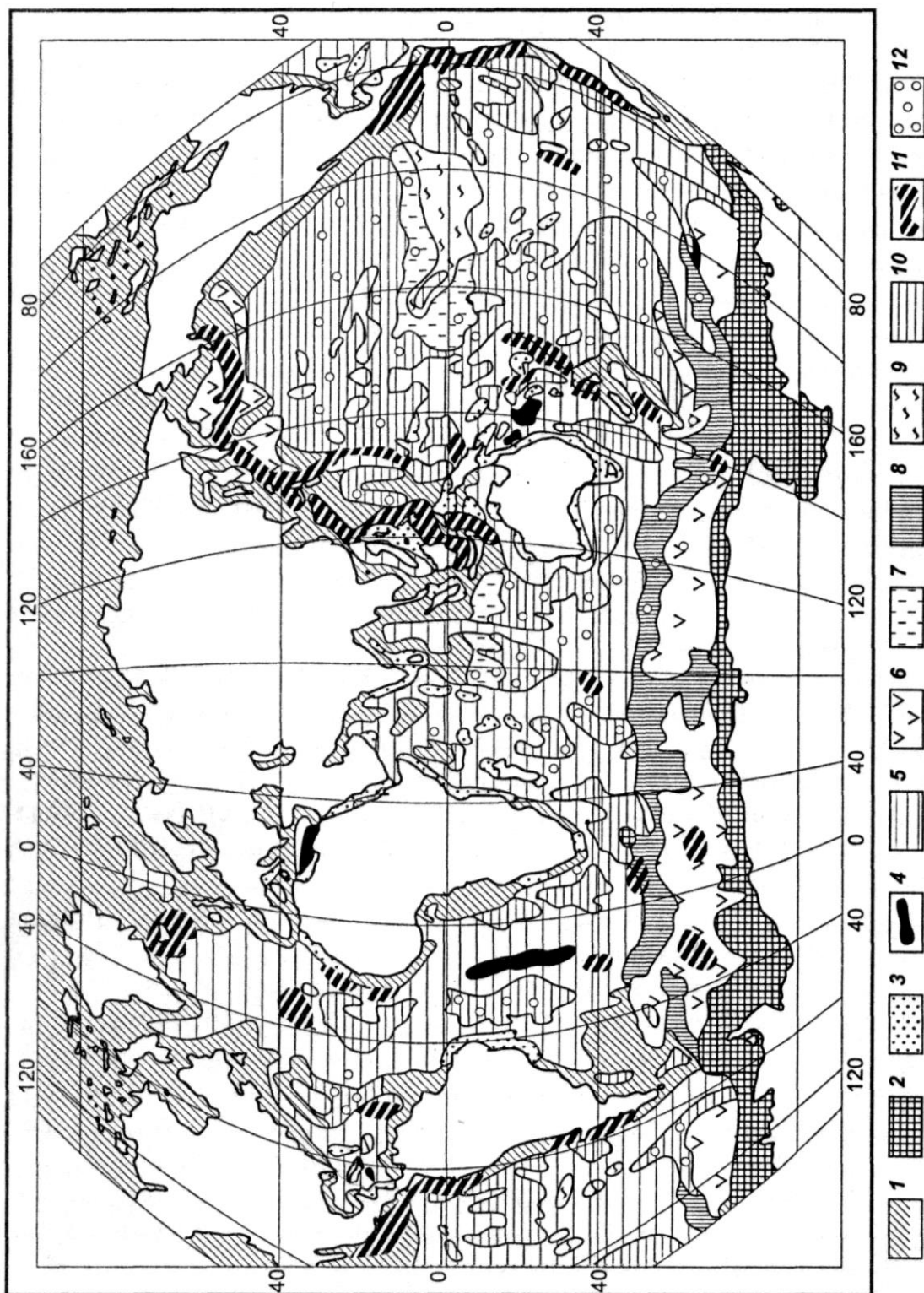


Рис. 1. Схематична карта донних відкладів Світового океану

1 - теригенні відклади, крім айсбергових; 2 - айсбергові; 3 - черепашкові і коралові; 4 - гідрокопальні; 5 - форамініферові; 6 - діатомові; 7 - радіолярії; 8 - змішані діатомово-форамініферові; 9 - змішані радіолярієво-форамініферові; 10 - глибоководна червона глина; 11 - вулканогенні відклади; 12 - залізомарганцеві конкреції



У тропічному і помірному поясах дно океану до глибини 4500–5000 м вкрите загалом біогенними вапняковими відкладами, а глибше рівня карбонатної компенсації – червоними глибоководними глинами. Субполярні зони відрізняються зосередженням біогенного (кременистого) матеріалу, а полярні – айсберговими відкладами. Третій тип зональності визначається віддаленістю від материків, тобто від головних джерел надходження у океани осадових відкладів. З цією закономірністю пов'язане зменшення швидкості осадонагромадження від окраїн морських і океанічних басейнів до їх центрів, що відображає затухання інтенсивності поступання осадів у водойми у міру віддалення від материків. Швидкість нагромадження осадів варіює у широких межах. У більшості районів Світового океану зазвичай відкладається шар потужністю 1 мм за 1 тис. років. У деяких районах ложа швидкість осадонагромадження складає всього 0,1–0,3 мм за тисячу років. Нерідко на поверхню океану, особливо у гірських районах, виходять оголені корінні породи, не вкриті осадами. Найповільніше йде накопичення глибоководних червоних глин. Інтенсивне накопичення осадів із швидкістю сотень міліметрів за тисячу років відбувається у пригирлових частинах великих річок. Високі швидкості осадонагромадження притаманні котловинам морів перехідних зон (наприклад, 40 мм за 1 тис. років у Чорному морі), деяким глибоководним жолобам (до 100 мм за 1 тис. років у Алеутському жолобі). Як і в розподілі типів осадів, в розподілі швидкостей осадонагромадження чітко прослідковується закон географічної зональності. Із 18,3 млрд т алювіального матеріалу, що надходить у океан за рік, 7,4 млрд т приходить на 16 великих рік тропічно-екваторіальної зони, що забезпечує максимум теригенного осадонагромадження у межах гумідної екваторіальної зони. Райони океану, що прилягають до аридних областей тропічної зони, відзначаються вкрай повільним накопиченням осадів. У гумідних областях помірних зон швидкості осадонагромадження знову зростають. Із швидкістю осадонагромадження зв'язана потужність осадів. На противагу шельфу і материковому схилу материкове підніжжя відзначається більшою потужністю осадового шару, що вимірюється кількома кілометрами. Значні потужності осадового шару виявлені також у котловинах окраїнних і середземних морів. Мінімальна потужність осадового шару характерна для котловин ложа океану, а також для схилів і деяких вершин підводних гір і хребтів.

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Користуючись науковими публікаціями, Інтернет-ресурсом, лекційним матеріалом, підготуйте коротке письмове повідомлення про склад морських відкладів Чорного і Азовського морів.

## **Контрольні питання**

1. Що таке теригенні відклади, які джерела їх надходження на океанічно дно, поширення у океані ?
2. Де в океані поширені айсбергові відклади ?
3. Кременисті і карбонатні біогенні відклади.
4. Поширення хомогенних відкладів.
5. Глибоководні червоні глини: склад, глибини залягання.
6. Пірокластичні океанічні відклади.

### *Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела*

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Мізерський В. Динамічна геологія (Загальна геологія) : навч. посібник. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2011. 356 с.
3. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
4. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

## Практична робота № 7

**Тема:** Типи морських берегів.

**Мета:** З'ясувати критерії класифікації морських берегів та географію поширення різних типів морських берегів.

**Основні терміни і поняття:** берегова лінія, берег, підводний береговий схил, берегова зона, тип берега, фіордові, шхерні, ріасові, лиманні, дельтові, біогенні, техногенні береги.

### Аудиторні завдання:

1. Використовуючи теоретичні відомості, карти: «Фізична карта світу» (Атлас світу, 2010), «Тихий океан», «Атлантичний океан», «Індійський океан», «Північний Льодовитий океан» (Арктика) («Атлас океанів»), нанесіть на контурну основу різні типи берегів: льодовикового розчленування, ерозійного розчленування, лиманні береги, дельтові береги, біогенні береги, техногенні береги.

2. Зробіть схематичний рисунок структури берегової зони, користуючись **рис. 2** методичних рекомендацій, проаналізуйте основні елементи.

### Теоретичні відомості з даної теми

*Берегова лінія* являє собою лінію перетину поверхні суші і поверхні океану (моря). Вона безперервно мігрує внаслідок вітрового хвилювання, припливно-відпливних та згінно-нагінних процесів. Тому можна говорити про зону міграції берегової лінії від найвищого положення, якого досягає вода в результаті захлюпування (накату) хвиль при максимальному рівні води, до найнижчого положення – лінії найбільшого скату хвиль при найнижчому рівні води. Для позначення берегової лінії в кожний конкретний момент часу за відсутності хвилювання застосовують поняття урізу води. Середнє багаторічне положення урізу води визначає контури материків і островів на дрібномасштабних географічних картах [Хільчевський, Дубняк, 2008].

*Берегом* називають смугу прилеглої до берегової лінії суші, на якій під впливом моря сформувались сучасні форми рельєфу. Межі берега збігаються з межами зони міграції берегової лінії. В океанологічній літературі також користуються терміном узбережжя, який об'єднує берег і ту частину суші, де збереглися форми рельєфу, створені морем при давніх більш високих рівнях води (надводні тераси, пляжі тощо). З боку моря до берега прилягає смуга морського дна, яка поширюється в бік акваторії до глибини, де при найнижчих рівнях води дно впливає на параметри хвиль і течій. Ця смуга називається підводним береговим схилом. Берег і підводний береговий схил разом утворюють берегову зону. Це – зона сучасної постійної взаємодії суші і моря, одна з найважливіших і найбільш яскраво виражених контактних зон в океані [Хільчевський, Дубняк, 2008] (рис. 1, 2).

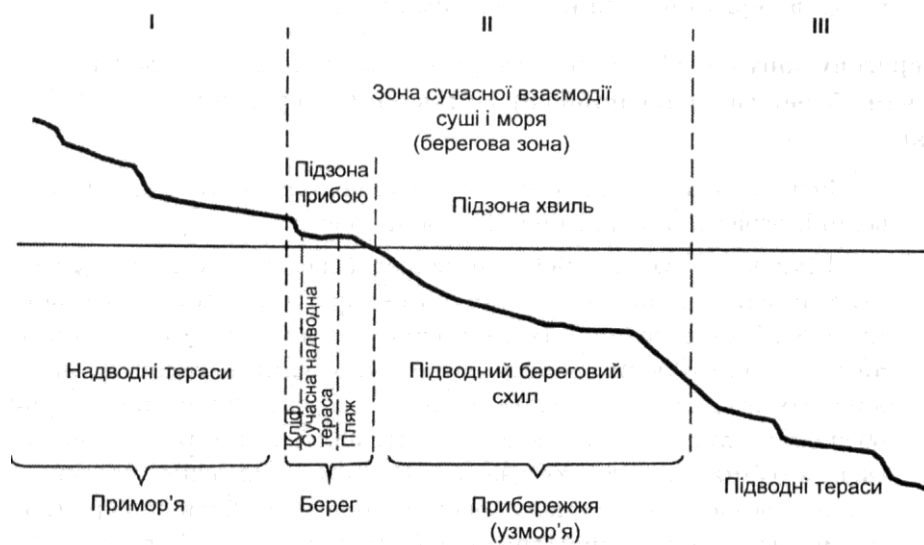


Рис. 1. Схема будови узбережжя (за О. К. Леонтєвим) [Карпенко, 2009]

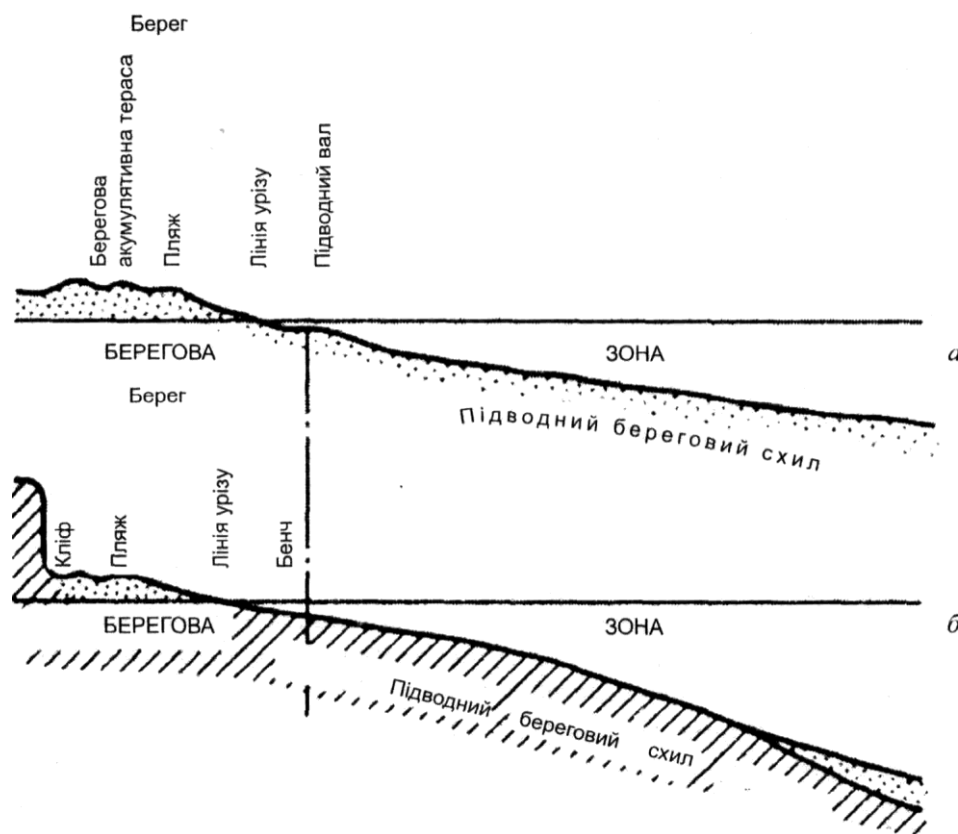


Рис. 2. Основні елементи сучасної берегової зони [Карпенко, 2009]

а – акумулятивний берег, б – абразійний берег

Межею морської берегової зони з боку суші слугує лінія, якої досягають заплески прибою у час найбільшого припливу і сильних штормів, а з боку моря – ізобата (лінія однакових глибин), нижче якої припиняється дія хвильових рухів на дні.

Межа суші і океанів складає 450 тис. км. Вона характеризується непостійністю і змінює своє положення залежно від періоду року, штормових умов, фази припливу, атмосферного тиску і багатьох інших причин. Мінливі межі берега і підводного берегового схилу. Вони переміщуються у досить широких межах залежно від тривалості і сили хвилювання, припливів, згонів і нагонів, зміни ухилів поверхні дна і прибережної смуги суші.

Утворення, розвиток і формування берегів відбувається у результаті довгострокового впливу багатьох природних чинників. Основні чинники, які викликають зміни морського берега: 1) морські хвилі, які можуть руйнувати корінні породи (абразія) чи переміщувати і відкладати (акумуляція) наноси, викликаючи наростання берега; 2) твердий стік річок, який поставляє матеріал для формування дельт, гирлових барів та прибережних відмілин; 3) вертикальні рухи суші (підняття та опускання), які призводять до поступових (протягом століть) змін берегової лінії; 4) трансгресії і регресії моря, викликані тривалими (протягом тисячоліть) змінами ємностей океанічних басейнів при утворенні або таненні льодовиків [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Формування сучасної берегової зони океанів і морів розпочалося біля 6 тис. років тому, коли у результаті складних геологічних процесів відбулося наступання моря на сушу і затоплення окраїн континентів. Рівень океану тоді піднявся на 90–100 м. Відповідно змінилися обриси берегів, утворилися їх різні типи, які з плином часу перетворювалися і трансформувалися.

*Тип берега* (за Ю. Д. Шуйським) – це сукупність берегових форм рельєфу, об'єднана найяскравішими морфологічними рисами морського берега, зі схожою геологічною будовою, схожим типом розчленування і тектонічним режимом у процесі минулої еволюції; природна система берегової зони певної стадії розвитку з певним напрямом взаємодії із сусідніми природними системами. Тип берега є поняттям дещо узагальненим, його використовують для опису більш загального розвитку берегової зони, порівняно з окремими формами рельєфу [Карпенко, 2009].

*Тип узбережжя* – єдина в генетичному відношенні ділянка окраїни материка, в межах якої закономірно поєднуються різні форми і типи берегового рельєфу, пов'язані між собою спільністю розвитку та утворені під впливом хвиль та інших рельєфоутворювальних процесів за тривалий геологічний час за можливих неодноразових відносних змін рівня моря [Карпенко, 2009].

Існує багато типізацій берегів, в основу яких покладено різні ознаки: конфігурацію берегової лінії; походження берегів; характер рельєфу узбережжя і прибережної ділянки моря; матеріал, яким складений берег; особливості берегового обриву; характер процесів формування берега (динамічна типізація) [Хільчевський, Дубняк, 2008].

За *конфігурацією берегової лінії* виділяють такі типи берегів: *прямолінійний* – берег, який не має крупних звивистих ділянок; *дугоподібний* – берег являє собою ряд дугоподібних звивистих ділянок, частина берега, яка врізається в сушу, чергується з ділянками, які опукло виступають у море;

*звивистий* – берег, який має близьке розміщення бухт і заток, які глибоко вриваються в сушу; *бухтовий* – якщо відстань між сусідніми бухтами менше, ніж в 10 разів перевищує ширину їхніх гирл (відстань між вхідними мисами), (класичний приклад бухтового берега – чорноморський берег мису Херсонес); *подвійний* – берег утворюється косами та відмілинами, які простягаються паралельно або під гострим кутом до корінного берега; *острівний* – берег характеризується розміщенням уздовж основного берега островів та окремих скель.

За характером рельєфу узбережжя береги поділяються на *гористі* та *рівнинні*, а залежно від рельєфу прибережної ділянки моря – на *відмілі* і *приглибі*. Похил відмілого берега в середньому менше 0,01, приглибого – більше 0,03. За характером берегового обриву розрізняють *похилі*, *обривисті* та *круті* береги.

Залежно від матеріалу, яким складений берег, розрізняють *піщані*, *мулисто-піщані*, *глинисто-піщані*, *кам'яністі*, *скелясті*, *мерзлотні* та *льодовикові* береги [Хільчевський, Дубняк, 2008].

За характером берегоформуючих процесів (динамічна типізація берегів), за О. Леонтєвим і В. Зенковичем, виділяють абразійні, акумулятивні і складні (абразійно-акумулятивні) береги. *Абразійний берег* – відступаючий берег, у межах якого переважають абразійні форми рельєфу, створені хвильовою діяльністю за певного середнього рівня моря. Зовнішньою межею абразійного берега є уріз води на сучасному бенчі або ж зовнішній край пляжу, а внутрішня межа простягається по верхній кромці кліфу чи берегового обриву. *Акумулятивний берег* – утворюється в результаті накопичення прибережно-морських наносів вище рівня моря. Акумулятивний берег може бути також сформований завдяки акумуляції матеріалу, що надходить у прибіжну зону з дна моря, тобто підводного берегового схилу, або переміщується вздовж берега з потоком наносів, що надходить у берегову зону з іншими, нехвильовими процесами (алювіальними, еоловими тощо). Інколи акумулятивні береги ще називають *намивними берегами*. *Абразійно-акумулятивні системи* – поєднання абразійних і акумулятивних утворень, які формують єдину взаємодіючу систему, що складається із ділянок акумуляції та ділянок розмивання берега, які й слугують джерелом живлення наносами для акумулятивних форм [Карпенко, 2009].

За походженням розрізняють береги: дельтовий, лагунний, фіордовий, шхерний, ріасовий [Хільчевський, Дубняк, 2008].

*Інгресійні і вирівняні береги*. Води океану проникають насамперед у пониження рельєфу сушу, що затоплюється. Цей вид трансгресії (наступання моря) називається інгресією. Оскільки поверхня суші в тій чи іншій мірі почленована чи дією ерозії і інших екзогенних чинників, чи в результаті диференційованих вертикальних рухів земної кори, то береги, які виникли при цьому, успадкували в своїх обрисах вихідний характер розчленування. Такі



звилисті, почленовані береги, що утворилися під час інгресії моря, називаються *інгресійними*. Залежно від основної причини, що обумовила вихідне розчленування берегової лінії, можна розрізняти береги з льодовиковим типом розчленування, ерозійним, еоловим, брилово-теконічним і ін.

До *льодовикового типу* розчленування відносяться фіордові, фіардові і шхерні береги. *Фіордами* називаються вузькі і нерідко розгалужені глибокі затоки, що мають явно виражені сліди льодовикової обробки на своїх схилах і дні. Такі затоки утворилися у результаті затоплення інгресуючими водами океану окраїн гірських країн, що в свій час піддавалися зледенінню. Фіорди вироблені льодовиками протягом четвертинного періоду і затоплені морем у результаті наступного підняття рівня. Самі *фіорди* – це затоплені морем трого, що спочатку мали тектонічне чи ерозійне походження. *Фіордовий* берег має довгі, вузькі, глибокі затоки (фіорди) з високими і дуже крутими берегами. Приклади фіордових берегів – береги Норвегії, Шпіцбергену, Кольського півострова, Гренландії, Південного Чилі. Якщо береги заток гляціального почленування невисокі, ці затоки називаються *фіардовими*. *Шхерними* берегами називають низинні береги країн, що піддалися льодовиковій денудації. Вони характеризуються, зазвичай, величезною кількістю дрібних островів – шхер чи луд, що є підтопленими «баранячими лобами», гігантські валуни, в рідших випадках шхери можуть бути утворені друмлинами чи іншими формами льодовикової акумуляції. Шхери типові для берегів Швеції, Фінляндії, західного берега Білого моря.

Шхерний тип берегів є характерним на багатьох ділянках узбережжя морів Балтійського, Північного, Бофорта, Баффіна та заток Гудзонової, Мен, Святого Лаврентія, півдня Чилі і Аргентини. Такі береги формуються на неглибокому підводному схилі, вони розчленовані великою кількістю скелястих островів і розділяючими їх мілководними протоками, що зумовлює послаблення хвильових процесів і дефіцит відкладів, передусім у неприпливних умовах. Проте там, де шхери формуються в регіонах значної льодовикової акумуляції, може утворюватись значна кількість наносів, передусім на підводному схилі [Карпенко, 2009].

*Друмліновий берег* – доволі рідкісний тип берега. На плоских рівнинних поверхнях після відступання материкового льодовика залишалися такі акумулятивні форми рельєфу, як друмлини, ози, ками, кінцевоморенні горби, складені пухкими льодовиковими відкладами. Після затоплення таких ділянок морем ці додатні форми рельєфу виступають над водною поверхнею у вигляді островів. Друмлинові острови легко руйнуються морськими хвилями та утворюють характерні коси і стрілки різних типів [Карпенко, 2009].

До берегів *ерозійного розчленування* належать ріаси. *Ріаси* – це затоки, що виникли в результаті підтоплення гірських ерозійних долин. Для них характерні воронкоподібні та розгалужені бухти. Вони широко поширені в Західній Європі на Піренейському півострові, звідки і пішов цей термін (від іспанського слова «ріо» – річка), і на багатьох інших ділянках узбережжя Середземного моря, в Примор'ї Росії, на південно-східних берегах Китаю. Типовими прикладами

ріасових берегів є Севастопольська бухта у Чорному морі, затока Петра Великого у Японському морі. Більшість ріасових і фіордових заток добре зберегли первинні риси морфології річкових і льодовикових долин. І фіорди, і ріаси – це у більшості випадків затоки, що далеко вдаються в сушу і до того ж нерідко мають значну глибину. Природно, що вирівнювання такої берегової лінії відбувається уповільнено, і тому фіордові і ріасові береги мають і тепер значне поширення.

При інгресії моря в долини річок, що почленовують низькі прибережні низовини, утворюються *лиманні* береги.

*Лиман* (грецьк. порт, гавань, бухта, затока) – затоплене розширене гирло річки зі звивистими невисокими берегами, що перетворилось у мілку затоку; може бути відкритим у море чи відокремлюється від нього піщаною косою або пересипом.

Виникають лиманні береги при затопленні гирл приморських річкових долин і балок у межах низовинного рельєфу прибережних рівнин, складених найчастіше горизонтальними пластами пухких осадових відкладів. Розвиток лиманів, зазвичай, відбувається за тими ж законами, що і розвиток інших інгресійних заток. Затоплені гирлові частини річкових долин відокремлюються у вигляді видовжених заток, які поступово зазнають значного перетворення хвильовими процесами. Найхарактернішими рисами лиманів, окрім тих, що були успадковані від річкової долини, є накопичення у їхньому гирлі наносів, що надходять унаслідок поперечного чи поздовжнього переміщення пухкого матеріалу. В таких випадках утворюються або суцільний пересип, який відокремлює лиман повністю від моря, або ж коса чи система двох кіс, протока між якими підтримуватиметься стічними течіями із лиману в море. Класичні лиманні береги розташовані в межах північного українського і західного румунського узбережжя Чорного моря. Вони також поширені на узбережжях Азовського моря, південному узбережжі Середземного моря, західному узбережжі Мексиканської затоки тощо [Карпенко, 2009].

Лиманні береги у своєму розвитку далеко обігнали ріасові. В більшості випадків такі прибережні рівнини бувають складені пухкими породами, що легко розмиваються морем і під час розмиву утворюється значна кількість наносів. Тому на берегах лиманів нерідкими є абразійні, а також, особливо у гирлах, різні акумулятивні форми. Останні досить швидко розвиваються і при сприятливих умовах перетворюються у пересипи, які відокремлюють колишній лиман від моря і перетворюють його в озеро. Різні фази перетворення лиманів в озера спостерігаються на північно-західному узбережжі Чорного моря, між Одесою і дельтою Дунаю.

Існують також різновиди інгресійних берегів, що виникли в результаті *тектонічного розчленування рельєфу* прибережної суші. Це *далматинський* тип берега, що утворюється під час інгресії моря в синкліналі чи антиклінальні котловини і долини за умови, що генеральний напрямок берега майже співпадає з простяганням структур. Такий інгресійний берег відомий на далматинському побережжі Адріатичного моря, аналогічну будову має берегова лінія

Південного острова Нової Землі. Другий тип тектонічного розчленування – це *брилово-лопатевий* берег. Прикладом можуть слугувати береги Егейського моря.

*Вирівняні береги.* Інгресійний берег, що складений пухкими, сприятливими до розмиву породами (глинами, мергелями), при розмиві яких утворюються алевритові і пелітові частинки, які легко переходять у завись і виносяться течіями за межі берегової зони, та на якому на всій протяжності відбувається інтенсивна абразія та утворюється пряма чи слабохвиляста берегова лінія, – називається *вирівняним абразійним*.

Якщо берег складений породами, при розмиві яких утворюються наноси: галька, гравій, пісок, тоді біля мисів будуть утворюватися потоки наносів. Вирівнювання берегів в цьому випадку відбувається одночасно шляхом як абразійного зрізування мисів, так і заповнення бухт наносами чи відчленування їх акумулятивними формами. Утворюється берег із вирівняним контуром, що складається із почергових акумулятивних і абразійних ділянок, що називається *абразійно-акумулятивним*. Прикладом вирівняного абразійного берега є західний берег Криму від Севастополя до гирла р. Кача, а також від гирла р. Альми до селища Ніколаевка. Північніше, аж до Євпаторії, простягається складний вирівняний берег.

*Береги, що формуються при значному впливі припливів і нагонів.* Більша частина узбереж характеризується висотою припливу близько 1,5 м, а це означає, що припливні явища тут не мають самостійного значення у порівнянні із хвилюванням. На абразійних берегах формується східчастий бенч. Крім уступу, що відповідає сизігійному припливу, можуть утворюватися ще два уступи на рівні малої води і на рівні повної води у квадратурні періоди. Такі східчасті профілі поширені на берегах Японського, Охотського і Білого морів. Типовий профіль приглибого берега припливного моря включає в себе кліф, приурочений до рівня сизігійного припливу, пляж, що переходить в осушку, яка може бути чи акумулятивною формою (саме її варто вважати «справжньою» осушкою), чи поверхнею бенча, що осушується («корінна» осушка). Нерідко на межі малої води утворюється береговий вал. На акумулятивних берегах морів з високими припливами можна розрізнити принаймні три типи профілю берега: 1) прибережна субгоризонтальна низовина, зазвичай заболочена і вкрита солонцевою рослинністю, – *марш* – без будь-яких помітних переходів змінюється такою ж невиразною поверхнею осушки; 2) осушка виражена піщаною чи муловою поверхнею, яка біля лінії припливу змінюється береговим валом, складеним із піску, гравію чи раковин, за яким далі простягається поверхня марша; 3) осушка являє собою розтягнутий мористий схил пляжу. Цей випадок спостерігається на галечникових берегах з високими припливами, наприклад, у затоці Александра в Охотському морі.

Найхарактернішими елементами рельєфу берегів припливних морів є *вати*<sup>\*</sup>, і *марші* (рис. 3, 4). Вати (прибережні мілини), за виключенням тих випадків, коли під час відпливу оголюється бенч, є специфічною для припливних берегів акумулятивною формою. Вона утворюється із мас наносів головним чином у вигляді зависей, що переміщуються припливною хвилею у напрямку до берега. Висока турбулентність, що притаманна припливній течії і що посилюється хвильовими коливаннями води, обумовлює зкаламучення великої кількості осадового матеріалу. Зазвичай швидкість припливної течії вища, ніж швидкість відпливу, тому під час відпливу немає умов для виносу із припливно-відпливної зони всього матеріалу, який був принесений припливом. В результаті за кожний припливно-відпливний цикл тут накопичується частина припливами завислою, а потім осадженого матеріалу. Утворенню ватів особливо сприяє послаблення хвильового режиму, у зв'язку з чим найбільших розмірів осушки досягають під захистом півостровів, кіс, островів, в лагунах, на дуже відмілих берегах. Верхня частина ватів заливається лише два рази на місяць – під час сизигійних припливів, більшу частину часу тут панує субаеральний режим. Тут багато вологолюбної, але уже субаеральної рослинності, що добре переносить надлишок солі. Це головню різні солонці *Solicornia*, *Sueda* і ін., а також рогіз, різні осокові. Такі вати називаються маршами. Але, оскільки поверхня маршу також наростає, завдячуючи тому, що у сизигійні припливи тут також осаджується піщаний і головню мулистий матеріал, марш у ході свого росту у висоту може перетворитися у форму, яка вже ніколи не буде затоплюватися морем чи буде затоплюватися лише під час катастрофічних повеней, що виникають під час накладання потужних штормових нагонів на сизигійні припливи. Такі поверхні можна назвати польдерами – за аналогією із землями, що є штучно осушеними маршами, широко поширеними в Нідерландах. Найбільшими русловими формами на ватах є «жолоби стоку», що утворюються на продовженнях річкових систем, які впадають у море чи океан. Вони створюють значну почленованість поверхні припливних осушок. Деколи глибина в них досягає 20–25 м, ці канали ніколи не осушуються. В інших випадках подібні утворення виникають і незалежно від річкового стоку, за рахунок ерозії припливною течією в місцях різкого зростання її швидкості, наприклад у проходах між островами і на їх продовженнях. На відмілих морях деяких безприпливних морів розвиваються подібні до припливних форми рельєфу, що обумовлені висоамплітудними

---

<sup>\*</sup>Вати (від нім. «прибережна мілина» – низовинна прибережна смуга морського дна, відповідно до припливно-відпливного циклу затоплювана під час припливів і осушувана під час відпливів, частина морського узбережжя. З геоморфологічної точки зору вати – акумулятивна форма, що утворюється шляхом накопичення дрібнопісковикових і мулистих наносів. Для поверхні ватів характерна розгалужена мережа часто змінюючих своє положення жолобів стоку припливних і річкових вод. Ватти ростуть в ширину і висоту до тих пір, поки не перетворяться на поверхню, що заливає лише під час сизигійних припливів (марші).

згонами і нагонами води у береговій зоні. Тут, в зоні частих повторюваних згонів і нагонів, також утворюються вати, які називаються вітровими. Вивчення вітрових ватів на Північному Каспії засвідчило, що субгоризонтальні поверхні, складені дрібнопіщаними чи муловими наносами, зазвичай вкриті заростями очерету звичайного *Pragmites communis*, рогозу широколистого *Typha latifolia*, їжачої голівки *Sparganium* чи солонцевими луками. На берегах моря Лаптевих штормові хвилі під час нагонів створюють акумулятивні форми висотою до кількох метрів.

У межах низинного акумулятивного припливного берега можна виокремити чотири зони, що генетично пов'язані між собою:

1. Підводний береговий схил, який ніколи за певного середнього рівня моря не виходить з-під води.

2. Вати, що затоплюються та осушуються при найчастіше повторюваних рівнях припливів і відпливів.

3. Марші, які затоплюються лише за сизигійних припливів, а в звичайний час перебувають у субаеральних умовах.

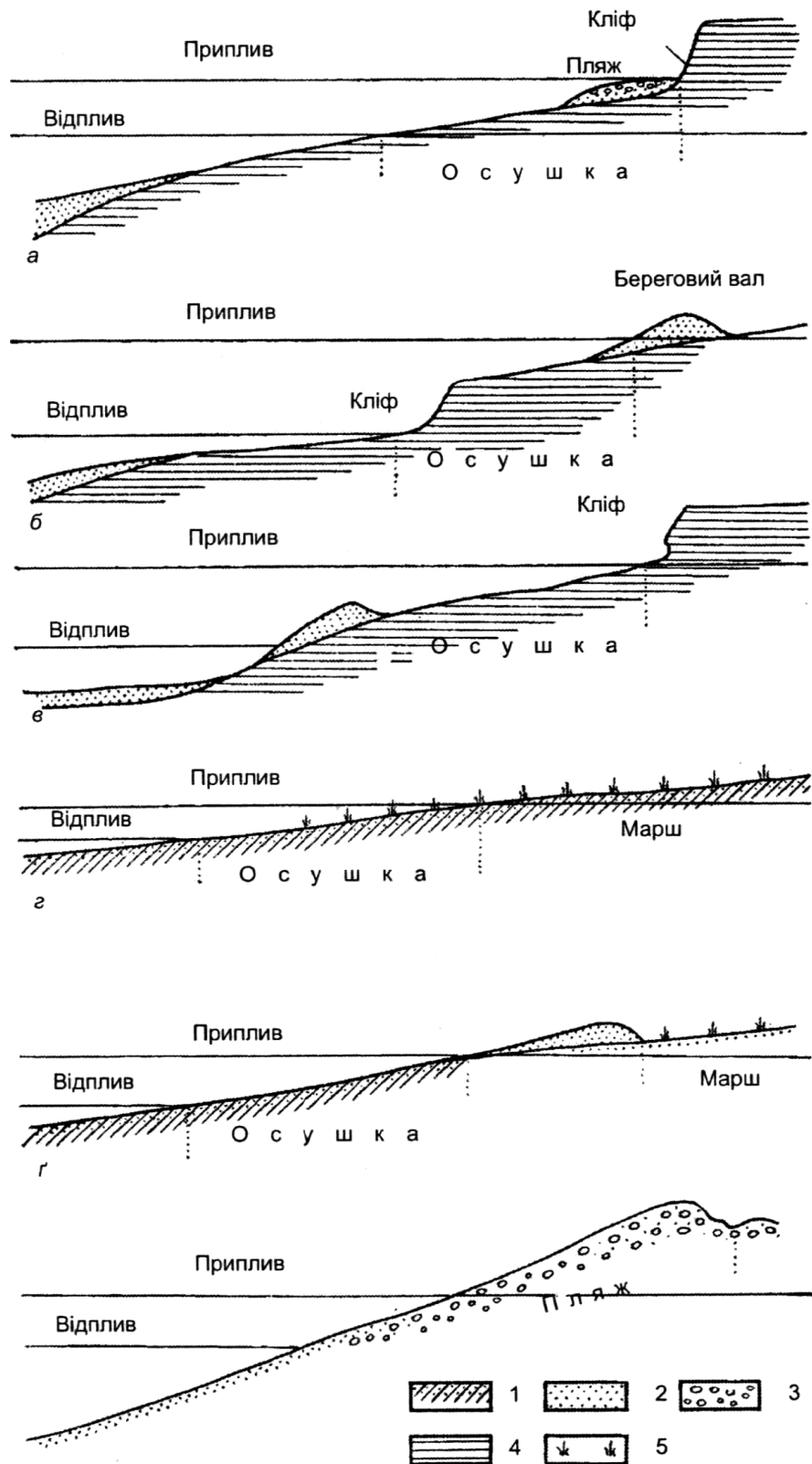
4. Польдери – смуга низовинної суші, яка не затоплюється навіть при сизигійних припливах, однак у минулому зазнавала затоплення.

Кожна із цих зон слугує окремим елементом єдиного припливного берега, хоча інколи може формуватися як окремий тип берега [Карпенко, 2009].

*Вати* (нім., нідерл. – прибережні відмілини), *осушка* – смуга низинних узбережжів припливних морів, що затоплюється при припливі й осушується при відпливі; акумулятивна форма, яка утворюється шляхом нагромадження дрібнопіщаних і мулистих наносів, внаслідок нерівномірних швидкостей і часу дії припливів і відпливів. Термін «вати», який найчастіше застосовують у німецькій і нідерландській літературі, поступово набуває загального використання у науковій літературі. Вати ростуть у ширину і висоту доти, доки не перетворяться в поверхню, що затоплюється лише під час сизигійних припливів, тобто перетвориться в марші [Карпенко, 2009].

*Марші* – смуга низинних узбережжів морів, що затоплюються, на відміну від ватів, лише в період найвищих припливів і нагонів води. Марші вкриті луками і болотами з галогенною рослинністю на мулистих і мулисто-піщаних відкладах. Маршеві луки відіграють суттєву роль у динаміці берегів. Вони сприяють відкладанню мулистих наносів і підвищенню їхньої поверхні. На північних морях Євразії (росії) такі приморські заболочені луки називають *лайдами*. Ширина лайд тут може сягати декількох кілометрів. Затоплюються вони лише під час найвищих (сизигійних) припливів. Інколи термін «лайди» використовують у дещо ширшому розумінні для характеристики припливного берега загалом (і ватів, і маршів) [Карпенко, 2009].

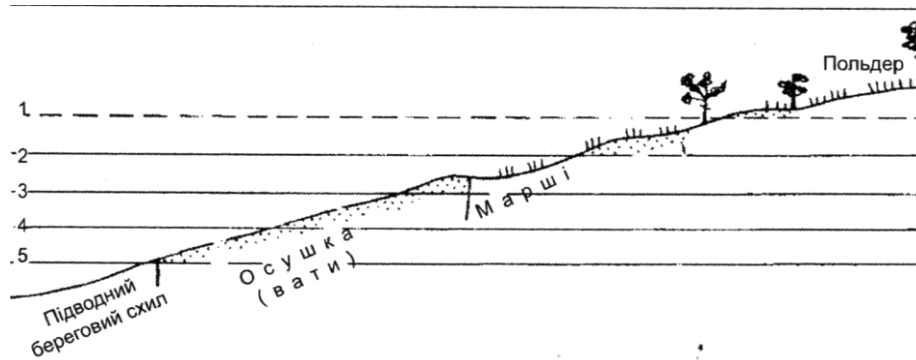
*Польдер* – ділянки широких низинних болотистих ватів чи маршів, які лежать нижче рівня моря, відгороджені від моря дамбами і використовуються як сільськогосподарські угіддя. Такі території характерні для Німеччини і Нідерландів, звідки й пішла ця назва. За аналогією у науковій літературі польдерами запропоновано називати поверхні колишніх маршів чи осушок, які внаслідок наростання берега перестали заливатися водами моря навіть за самих високих припливів [Карпенко, 2009].



**Рис. 3. Типи профілів берега припливного моря [Карпенко, 2009]**

1 – мулісті наноси, 2 – піщані наноси, 3 – гравійно-піщані наноси,  
4 – корінні породи, 5 – маршеві луки





**Рис. 4. Зональна будова припливного берега [Карпенко, 2009]**

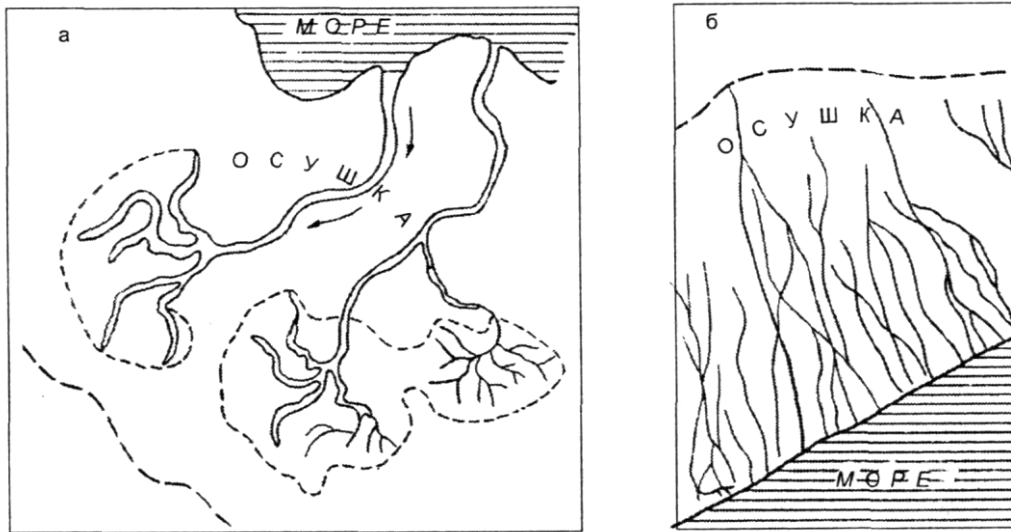
1 – рівень нагону в сизигії; 2 – рівень сизигійного припливу; 3 – рівень квадратурного припливу; 4 – рівень квадратурного відпливу; 5 – рівень сизигійного відпливу

*Ватовий берег* – акумулятивний берег припливних морів, що виникає в результаті акумуляції завислих наносів із припливних вод. Формуються такі береги переважно на ділянках, захищених від впливу хвиль відкритого моря за дуже малих похилів дна берегової зони (в затоках, лагунах, за островами тощо). Складені береги мулистими та піщано-мулистими відкладами. Основним елементом такого берега є вати (тобто власне осушки), що займають нижню частину припливної зони, переважно до рівня повної води квадратурного припливу, що найчастіше спостерігається в цьому районі. Вати мають пологу, практично без рослинності поверхню. Для ватів характерні різноманітні мікроформи рельєфу, які утворюються тут припливними і відпливними водними потоками і течіями. Вати є специфічними акумулятивними формами, що формуються в результаті активної діяльності припливів-відпливів. Поширені такі береги на узбережжях Північного, Білого, Баренцового, Охотського, Берингового морів, на берегах Мексиканської затоки, атлантичному узбережжі США тощо. На ватах (осушках), складених тонкозернистими пісками, дуже часто формується своєрідна мережа ерозійних форм – вибоїн і стічних каналів [Карпенко, 2009] (рис. 5).

*Маршевий тип берега* є невід’ємною складовою припливного берега, хоча може формуватися як окремий тип берега. Виникають марші за значно складніших природних умов від ватів (осушок). Марші покриті рослинністю, зокрема морськими травами, які суттєво впливають на берегові процеси. На маршах зосереджено 1/3 рослинної маси Світового океану, отож це фітогенний тип берегів. На думку І. С. Щукіна (1974), маршевий берег є найпізнішою стадією розвитку берега лагунного типу, коли лагуни повністю заповнюються наносами і перетворюються в низовини маршів або ватів. Найтипівішими ці береги є на узбережжях Північного моря (Нідерланди, ФРН), подекуди трапляються на берегах Франції [Карпенко, 2009].

*Естуарії*. В гирлах великих річок швидкість відпливної течії накладається на швидкість річкового потоку, що забезпечує переважання течії із річки у море під час відпливу над припливною течією. Завдяки цьому в гирлі такої річки виникає дефіцит наносів, що сприяє розмиву її берегів хвилями під час припливів. Оскільки інтенсивність припливної течії і хвильової дії на берег затухає вверх по річці, гирло річки набуває воронкоподібних, звужених вверх рис. Таке перетворене гирло річки у воронкоподібну затоку називається естуарієм. Типовими естуаріями є гирла Темзи, Хамбера в Англії, Сени у Франції, Мезені на Білому морі, Янцзи в Китаї.

*Естуарієві береги* утворюються при затопленні гирлової частини рік підвищених рівнин на узбережжях, які зазнають дії припливно-відпливних явищ.



**Рис. 5. Ерозійні форми на поверхні осушки** (за О. К. Леонтьєвим) [Карпенко, 2009]

а) ерозійні вибоїни і канали стоку, утворені припливними течіями; б) ерозійні вимоїни, утворені на піщаних осушках під час відпливу

*Естуарій* (від лат. – кипіння, хвилювання) – затоплене гирло річки) – лійкоподібна звужуюча до вершини затока, що утворилася внаслідок підтоплення пониззів річкової долини і перетворена впливом річкових, хвильових і припливних процесів.

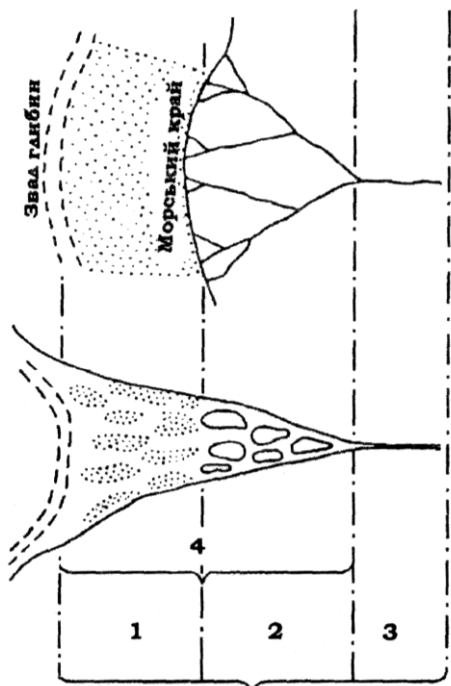
У межах гирлових звужень рік дія припливів суттєво зростає, тобто припливно-відпливні течії постійно «промивають» гирло річки. Це спричинює утворення однорукавного лійкоподібного гирла з особливим гідродинамічним режимом та відсутністю пересипів чи інших акумулятивних форм рельєфу. Прилегла частина моря має тут значно більші глибини. Таке розчленування берегової лінії зумовлене природою водного басейну річки і параметрами хвильової дії на гирло. Типовим прикладом естуарієвих берегів є береги Піренейського півострова [Карпенко, 2009].

*Дельтові береги.* В океан щорічно потрапляє 18,5 млрд т. алювіального осадового матеріалу. Більше 80 % цієї кількості, за дослідженнями А. П. Лисицина, залишається на підводних окраїнах материків, значна частина – в береговій зоні. Піщані наноси, такі типові для берегової зони, мають переважно алювіальне походження. Всього 15 річок світу виносять 90 % всього алювію, що надходить у океан. Таким чином спостерігається значна нерівномірність розподілу надходження осадового матеріалу річкового походження у берегову зону. Роль малих річок зводиться до систематичного привнесення уламкового матеріалу на певну ділянку берегової зони. Робота річок відбувається у комплексі з транспортуючою і акумулюючою діяльністю хвиль, припливів, течій.

*Типи дельт.* Великі річки при впадінні у море, взаємодіючи із хвильовими чинниками, формують дельти – значні акумулятивні форми рельєфу берегової зони (рис. 6, 7). У більшості випадків утворення дельт призводить до посилення почленованості берегової лінії (дельтові береги – вториннорозчленовані береги). Найпростіша дельтова форма – *дзьобоподібна*, що складається із двох пригирлових кіс і гирлової ділянки річки. Утворення гирлових кіс пов'язане із різницею швидкостей річкового потоку у його осьовій частині (стрижні) і біля берегів потоку. В результаті акумуляція матеріалу, що виноситься річкою, відбувається наче на продовженнях обох берегів русла, тоді як навпроти осьової частини потоку, навіть на прилягаючій ділянці моря, все ще зберігається на деякій відстані досить швидка течія потоку, що перешкоджає акумуляції. Прикладом дзьобоподібної дельти є дельти Тібра, Терека. Подальший розвиток дельти характеризується поділом потоку на дві гілки чи рукави і утворенням осердя. Матеріал, що виноситься потоком, починає акумулюватися там, де швидкості струменя знижуються настільки, що подальше перенесення наносів у тому ж обсязі неможливе. Акумуляція наносів призводить до утворення острівка. Його поява веде до розгалуження русла, а потім кожне русло розвивається самостійно. Подальша акумуляція – утворення пригирлових кос чи дамб тепер уже біля гирла кожного із рукавів – веде до нерівномірного висування морського краю дельти і утворенню так званої *лопатевої* дельти. Найяскравіший приклад лопатевої дельти – Бердфут («пташина лапа») – сучасна дельта Міссісіпі, утворення якої розпочалося близько 450 років тому. Багаторазовий поділ русла веде до утворення цілої системи рукавів і гирл. Тоді формується багатоострівна, чи *багаторукавна дельта*. При великій кількості рукавів відбувається більш рівномірне надходження наносів на одиницю протяжності морського краю. І він у цьому випадку набуває *дрібнолопатевої* (наприклад, дельта Волги) чи, якщо піддається вирівнювальній дії морського хвилювання, дугоподібні обриси. Береги, що формуються за участі річок, у т. ч. дельтові, називаються *потамогенними* (від грецьк. «потамос» – річка).

*Фітогенні береги.* Берегова зона часто буває сприятливою для розвитку дуже специфічних організмів, що досягають тут буйного розквіту, стають домінуючим чинником розвитку берега. Серед рослин до таких належать очерет, рогіз, комиш (*Scirpus*), їжача голівка в помірних і різні мангрові в тропічних і екваторіальному поясах, серед тварин – різні рифобудівники. Береги, що формуються у результаті життєдіяльності рослинних організмів, називаються *фітогенними*. Очеретяно-рогозові зарості формують береги Каспійського і Аральського морів, Балхаша, побережжя штатів Вікторії і Нового Південного Уельсу. Виключна відмілість побережжя північно-східної частини Аральського моря практично виключає хвильову дію на берег, що сприяє заростанню берега очеретом і іншими гідрофілами. Зарості очерету тут шириною 200 м, висота рослин 2,5–3,0 м. В тропічних і екваторіальному поясах

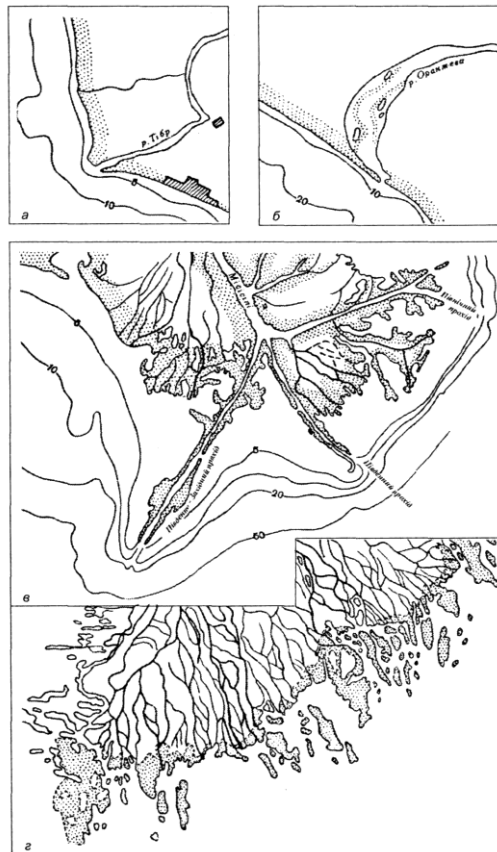
широко поширені відмілі піщано-мулисті береги, вкриті заростями мангрових рослин. Ці рослини добре витримують повне або часткове підтоплення морськими водами під час припливів чи нагонів і при цьому є галофітами, тобто рослинами, пристосованими до засолення. Ці низькостовбурні (до 10 м висотою) деревні рослини відрізняються низкою пристосувань для життя у солоній воді (мають пневматофори, чи повітряні корені; м'ясисті листки з устями (щілинками), через які видаляються надлишки солі; запаси опрісненої води в старих листках; у багатьох рослин плоди проростають прямо на дереві і т. ін.).



**Рис. 6. Районування гирлової області річки (за І. Самойловим)**

[Хільчевський, Дубняк, 2008]

1 – гирлове узмор'я; 2 – гирлова ділянка, дельта річки; 3 – пригирлова ділянка річки; 4 – естуарій; 5 – гирлова область



**Рис. 7. Типи річкових дельт**

[Карпенко, 2009]

а – дзьоподібна; б – блокована; в – лопатева; з – багаторукавна

Найтипівіші представники: ризофори, авіценії, лагункулярії. Коренева система мангрових заростей скріплює наносний ґрунт заболоченого берега, а відмираючи стовбури і гілки рослин накопичуються разом із тонким теригенним матеріалом – колишньою зависсю, що відстоялась у «мангровому фільтрі», і відбувається перешарування теригенних мулів і торф'яних прошарків. І мангрові, і очеретяні зарості сприяють наростанню суші завдячуючи тому, що у їхніх межах відстоюються каламутні води і осаджується

завислий матеріал, що приноситься до берега хвилями і течіями. Ці зарослі захищають сушу від розмивання, пригашуючи енергію хвиль і закріплюючи пухкий ґрунт кореневою системою.

*Коралові береги.* У тропічних і екваторіальних морях нерідко суттєва роль у формуванні рельєфу берегової зони належить різним тваринним і рослинним організмам, що здатні засвоювати вапно із морської води і будувати свої скелети, із яких, завдячуючи колоніальному способу життя цих організмів, у ході їх відмирання, руйнування і наступної цементації продуктів руйнування утворюється вапнякова порода – рифовий (кораловий) вапняк. Форми рельєфу, що виникають під час цього процесу, називаються кораловими рифами. Основну, домінуючу роль рифобудівників мають шестипроменеві корали із групи *Madrepora* і деякі восьмипроменеві корали (*Tubipora*, *Heliopora*). Значну роль у формуванні рифових споруд мають вапнякові водорості *Lithotamnium*, *Halimeda* і деякі інші. Крім того, рифові споруди можуть утворювати також деякі мшанки, молюски (верметида), багатощетинкові черви (ермеліди). Виділяють кілька типів коралових споруд: атоли – кільцеподібні споруди, характерні для відкритих просторів океану (в кільці, утвореному кораловим вапняком, що називається рифом, розміщена лагуна). У береговій зоні континентів чи крупних островів зазвичай формуються берегові рифи – своєрідні підводні тераси, вкриті у своїй зовнішній зоні живими колоніями коралів. Вздовж багатьох ділянок берегів тропічних морів можна спостерігати ще один вид коралових споруд – бар'єрні рифи, що є коралово-вапняковими грядами, що простягаються паралельно берегові на десятки і сотні кілометрів наприклад, Великий Бар'єрний риф біля східного побережжя Австралії, що має довжину 1,5 тис. км.

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Користуючись літературними і картографічними джерелами, дайте коротку характеристику берегів Чорного моря.
2. Користуючись літературними і картографічними джерелами, дайте коротку характеристику Азовського моря.

### **Контрольні питання**

1. Поясніть поняття: «берегова лінія», «берег», «берегова зона».
2. Межі берегової зони.
3. Які природні чинники впливають на формування морських берегів ?
4. За якими ознаками класифікують морські береги ?
5. Класифікація морських берегів за походженням.
6. Які береги належать до типу з льодовиковим розчленуванням ?
7. Де поширені береги з ерозійним розчленуванням ?
8. Поширення біогенних берегів.

*Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела*

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Карпенко Н. І. Рельєф морських берегів : навч. посіб. : для вищих навч. закл. Львів : Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. 308 с.
3. Мізерський В. Динамічна геологія (Загальна геологія) : навч. посібник. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2011. 356 с.
4. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
5. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів : навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.



## Практична робота № 8–9

**Тема:** Горизонтальний розподіл температури, солоності й густини у Світовому океані.

**Мета:** З'ясувати причини зміни властивостей океанічних вод (солоності, температури та густини) залежно від широтного простягання.

**Основні терміни і поняття:** солоність, температура, густина, ізогаліни.

### Аудиторні завдання:

1. Використовуючи карту розподілу солоності на поверхні Світового океану («Середньорічна солоність води Світового океану», С. 213, [Атлас вчителя, 2010 р.] визначте: а) зміну солоності поверхневих вод у різних океанах за широтами; поясніть, чому на однакових широтах окремих океанів є різні значення солоності? б) райони найбільшої і найменшої солоності на поверхні Світового океану, поясніть причини; в) виявіть вплив океанічних течій на солоність поверхневих вод Світового океану; вкажіть на особливості розподілу солоності поверхневих вод Атлантичного і Тихого океанів; г) з'ясуйте солоність поверхневих вод морів: Чукотського, Баренцевого, Балтійського, Баффіна, Карибського, Червоного, Аравійського, Жовтого та поясніть причину різної солоності вод цих морів.

2. Побудуйте графік зміни солоності по 20°зх. д. і 160°сх. д. залежно від середньорічної температури повітря, річних сум опадів і випаровування. Проаналізуйте графік і зробіть висновок про залежність солоності від кліматичних чинників. Дані для побудови графіків візьміть із карт «Атласу вчителя» (2010) на С. 212–213 «Середньорічна температура води Світового океану», «Середньорічна солоність води Світового океану», «Атласу океанів» (1974), картосхем і таблиць методичних рекомендацій.

*Графік 1 будується в прямокутній системі координат на міліметровому папері формату А 4 (Масштаб горизонтальний: 1 см – 10° відстані; вертикальний: 1 см – 2‰ (солоність), 5°C (температура), 500 мм (опадів і випаровування). На горизонтальній осі потрібно відкласти географічну широту – від 90° пн. ш. через екватор (0°) до 90° пд. ш. через кожні 10° відстані, а на вертикальній осі на лівому боці графіка – солоність (в ‰) і середньорічну температуру повітря (в °C); на правому боці графіка – річну суму опадів і річне випаровування (в мм). Добуті точки величин солоності, температури, опадів і випаровування сполучіть лініями різного кольору.*

3. За картами розподілу густини морської води на поверхні океану («Атлас океанів») визначте: а) густину поверхневих вод Світового океану за широтами; б) порівняйте густину поверхневих вод Атлантичного океану з іншими, поясніть причину виявлених розходжень.

4. Покажіть графічно розподіл солоності, температури та густини води за широтами на поверхні Атлантичного і Тихого океанів. Поясніть виявлені закономірності.

Графік 2 потрібно будувати на міліметровому папері (дані взяти із наведених таблиць і картосхем Методичних рекомендацій). На горизонтальній осі потрібно відкласти географічну широту між  $60^{\circ}$ пн.ш. і  $60^{\circ}$ пд.ш. через кожні  $10^{\circ}$  відстані, а на вертикальній – солоність (‰), густину ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) та температуру ( $^{\circ}\text{C}$ ). Пропоновані масштаби: горизонтальний  $1\text{ см}=10^{\circ}$  відстані, вертикальний  $1\text{ см}=2\text{‰}$ ,  $2\text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ . Відкладати величини потрібно з найменших значень.

### Теоретичні відомості з даної теми

Вода океану є складною багатокомпонентною хімічною системою. Вона містить багато хімічних сполук у розчиненому стані і у складі колоїдів, завислих речовин і численних живих організмів. Хімічні речовини надають океанічній воді особливих фізичних властивостей, які суттєво впливають на циркуляцію цих речовин, створюють необхідні умови для існування живих організмів, життєдіяльність яких і біохімічне окиснення відмерлої органічної речовини призводять до змін сольового і газового складу води. В океан безперервно надходять хімічні сполуки з материків, атмосфери, надр Землі, і океан стає джерелом солей, які повертаються в атмосферу і на материки [Хільчевський, Осадчий, Курило, 2012]. Із всіх розчинених у морській воді солей 85 % складає натрію хлорид, в значних кількостях міститься магнію хлорид, магнію сульфат і кальцію сульфат, натрію бромід. Загалом ці речовини визначають солоність – найважливішу характеристику морської води.

Вода – дуже добрий розчинник і містить у своєму складі солі, гази, органічні речовини, вміст яких може варіюватися у досить широкому діапазоні. У морській воді розчинені всі елементи, які трапляються на Землі, але представлені вони неоднаково. Одні містяться в порівняно великих кількостях (у грамах на кг), вміст інших виражається лише тисячними частками грама на тонну води, а деякі можна знайти лише в морських організмах, які їх накопичують.

Речовини, які присутні у воді океану, О. Алєкін і Ю. Ляхін поділяють на такі основні групи: 1) *головні компоненти*, тобто іони основного сольового складу розчину –  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{F}^-$ , а також борна кислота ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) та її іони; 2) розчинені гази – кисень, азот, сірководень, діоксид вуглецю та ін.; 3) біогенні речовини – сполуки азоту, фосфору, силіцію і заліза; 4) органічні речовини – різноманітні органічні сполуки, які належать до органічних кислот, складних ефірів, гумусових речовин, азотовмісних сполук (білки, амінокислоти, аміни) та ін.; 5) мікроелементи – всі метали, крім головних компонентів, а також деякі інші елементи, зокрема радіоактивні; 6) забруднювальні речовини – пестициди, синтетичні поверхнево-активні речовини, феноли, нафтопродукти та ін. Головні іони у сумі становлять 99,9 % всіх розчинених в океані речовин. Найбільший вміст хлоридів та іонів натрію. Вони складають 83,6 % суми всіх іонів, тому океанічна вода має хлоридно-натрієвий характер [Хільчевський, Дубняк, 2008] (табл. 1).

Концентрація і загальна маса головних компонентів сольового складу у морській воді  
 [Хільчевський, Дубняк, 2008]

Іони	Концентрація, ‰	Загальна маса в океані, $10^{15}$ т	Іони	Концентрація, ‰	Загальна маса в океані, $10^{15}$ т
Хлоридний	19,3534	26,2943	Натрію	10,7638	14,6235
Сульфатний	2,7007	3,6852	Магнію	1,2970	1,7584
Гідрокарбонатний	0,1427	0,1934	Кальцію	0,4083	0,5594
Бромідний	0,0659	0,0915	Калію	0,3958	0,5422
Фторидний	0,0013	0,0018	Стронцію	0,0136	0,0108
Борна кислота	0,0265	0,0348	<b>Всього</b>	<b>35,1690</b>	<b>47,7953</b>

Для річкових вод найчастіше спостерігається співвідношення концентрацій:  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  і  $\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$  або  $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ . Для солонуватих морських вод, починаючи з мінералізації 1 г/кг, співвідношення змінюється:  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Br}^-$ ,  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$ . Така зміна співвідношень між іонами від річкових до морських вод пояснюється послідовним досягненням межі розчинності слабкорозчинних солей у міру підвищення мінералізації води [Хільчевський, 2003; Хільчевський, Дубняк, 2008].

*Солоність морської води* – кількість розчинених твердих мінеральних речовин (солей), виражена в грамах на кілограм морської води.

*Солоність морської води* – це вміст у грамах усіх мінеральних речовин, які розчинені в 1 кг морської води, за умови, що бром та йод заміщені еквівалентною кількістю хлору, всі вуглекислі солі переведені в оксиди, а всі органічні речовини спалені при температурі 480°C. Виражається вона в г/кг, тобто у тисячних частках – проміле, і позначається  $S$ , ‰ [Хільчевський, Осадчий, Курило, 2012]

Загальний вміст розчинених солей у морській воді для відкритих частин Світового океану в середньому становить 35 г в 1 кг води. Тисячні частки цілого називаються *промиле* і позначаються  $S$ , ‰. На поверхні океану величина солоності, якщо не брати до уваги арктичний басейн, коливається в порівняно вузькому діапазоні, рідко виходячи за межі 32–37,5 ‰. Середня солоність поверхні Світового океану становить 35,16 ‰ (у географічній літературі часто заокруглюють до 35 ‰), а морів – ширший діапазон від 8 до 42 ‰, крім сильно опріснених заток. Лінії з однаковою солоністю на карті називаються *ізогаліни*. Із загальної схеми розподілу солоності води на поверхні океану випадають внутрішні моря, де опріснювальний вплив річок часто дуже великий. Наприклад, солоність води Балтійського моря (10–12 ‰, у затоках 2–6 ‰), Білого (24–30 ‰), Чорного (16–18 ‰), Азовського (10–12 ‰) помітно менша, ніж солоність вод океану. Проте буває і навпаки – суттєве збільшення солоності у деяких внутрішніх морях. Наприклад, якщо прісна складова водного балансу невелика, а випаровування води значне, солоність вод може досягати 38–39 ‰ (Середземне море, Перська затока) і навіть 40–42 ‰ (Червоне море) (табл. 1, 2) [Хільчевський, Осадчий, Курило, 2012].

Таблиця 1

## Солоність Світового океану

Світовий океан	Солоність, ‰	Світовий океан	Солоність, ‰
Тихий	34,6	Атлантичний	35,3
Індійський	34,9	Північний Льодовитий	31,4

Таблиця 2

## Солоність води та інші характеристики деяких морів

[Хільчевський, Осадчий, Курило, 2012]

Море	Солоність, ‰	Площа, тис. км <sup>2</sup>	Найбільша глибина, м
Моря Тихого океану			
Коралове	34,5–35,5	4791	9140
Південно-Китайське	31,0–34,0	3447	5245
Берингове	30,0–33,3	2304	4191
Охотське	32,8–34,5	1583	3372
Японське	28,0–35,0	978	3669
Східно-Китайське	30,0–34,5	752	2717
Банда	33,0–34,5	695	7440
Яванське	29,5–33,5	480	54
Сулавесі	34,5	435	5842
Сулу	33,0–34,5	348	5094
Моря Атлантичного океану			
Карибське	36,0	2754	7680
Середземне	38,4–38,7	2500	5121
Мексиканська затока	36,0–36,9	1543	5203
Північне	29,0–35,3	544	238
Чорне	16,0–18,0	420	2211
Балтійське	10,0–12,0	386	459
Азовське	10,0–12,0	38	14
Моря Індійського океану			
Аравійське	35,8–36,5	3683	5203
Арафкрське	34,0–35,0	1037	3680
Червоне	38,0–42,0	450	2811
Тиморське	34,0–35,0	615	3310
Моря Північного Льодовитого океану			
Баренцове	34,7–35,0	1405	600
Норвезьке	34,0–35,2	1383	3921
Гренландське	34,5–35,0	1205	4846
Східно-Сибірське	20,0–30,0	936	115
Карське	20,0–30,0	880	620
Баффіна	30,0–34,0	689	2136
Лаптевих	20,0–32,0	700	3385
Чукотське	30,0–32,0	582	160
Бофорта	28,0–32,0	476	4683
Біле	24,0–30,0	90	330

Практично неможливо визначити концентрацію кожного елемента в морській воді за межами хімічної лабораторії, без проведення точних аналізів. Тому вченими було прийнято рішення – для зручності ввести єдиний узагальнювальний параметр, який характеризує морську воду як хімічне середовище. Таким параметром є солоність. Вона близька до суми всіх головних іонів, що містяться у морській воді [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Якщо концентрація солей менше 1 г/кг, вода вважається *прісною*, при концентрації солей до 25 г/кг – *солонуватою*, при більшій концентрації – *солonoю*. В океані концентрація солей складає 35 г/кг (середня солоність вод Світового океану – 35 ‰), в прісних озерах і ріках – 5–1000 мг/кг (0,005–1,0 г/кг).

Під впливом випаровування, атмосферних опадів, утворення і танення льоду змінюється лише загальна кількість солей, які містяться в морській воді, але їх співвідношення в межах похибок визначення практично не змінюються. Таким чином, якщо відомо точне співвідношення загальної кількості солей і концентрацій всіх основних компонентів у 1 кг води до концентрації будь-якого інгредієнта, то лише за одним визначенням можна обчислити повний сольовий склад океанічної води. Як такий «реперний» інгредієнт було обрано «хлорність», яка являє собою число грамів іонів хлору, еквівалентне сумі галогенів (крім фторидів, які не осаджуються азотнокислим сріблом), що містяться в 1 кг морської води (за визначенням Серенсена). Хлорність вимірюється в грамах на кілограм, промілях (‰) [Хільчевський, 2003].

Твердження, що кількісні співвідношення між концентраціями головних іонів, незалежно від їх загального вмісту, зберігаються в морській воді постійними, дозволяють «відновити» повний склад іонів у пробі води, якщо відомий вміст одного з них. Найбільше в морській воді міститься  $\text{Cl}^-$ . Тому Міжнародна комісія з вивчення моря (Копенгаген, 1901) під керівництвом Кнудсена встановила емпіричне співвідношення між солоністю і вмістом хлору у водах Світового океану:  $S = 0,030 + 1,8050 \text{Cl}$ . Число 1,8050 у формулі має назву *хлорного коефіцієнта* [Хільчевський, Дубняк, 2008]. Для визначення солоності досить знати концентрацію хлоридного іона (точніше хлорність), який міститься в океанічній воді у найбільшій кількості і до того ж легко визначається в експедиційних умовах.

*Хлорністю* називають сумарний вміст у грамах на 1 кг морської води галогенів – хлору, бромю, фтору та йоду при перерахуванні на еквівалентний вміст хлору. Цей спосіб при оптимальних можливостях дає змогу визначити солоність з точністю до 0,01 ‰. Мартін (Ганс Крістіан) Кнудсен (15.02.1871 – 27.05.1949 рр.; датський фізик) у 1902 р. одержав формулу:

$$S = 0,030 + 1,805\text{Cl},$$

де  $\text{Cl}$  – хлорність води, ‰.

У 1967 р. міжнародною угодою замість формули Кнудсена була прийнята простіша:

$$S = 1,80655\text{Cl}.$$

Ця формула дістала назву «міжнародної», вона збігається з попередньою формулою для солоності в межах 30–40 ‰ з точністю  $\pm 0,004$  ‰. Слід зауважити, що ця формула справедлива для вод океанів і окраїнних морів. Внутрішні чи сильно ізольовані моря в результаті більшого впливу річкового стоку мають дещо відмінні співвідношення розчинених солей, а відповідно і різні хлорні коефіцієнти [Хільчевський, Осадчий, Курило, 2012; Хільчевський, Дубняк, 2008].

В цих формулах вміст хлору визначається кількістю грамів срібла, необхідних для осаджування всіх галогенів, що містяться в певному об'ємі морської води (біля 0,33 кг). На сьогодні визначення солоності проводять на основі вимірювання електропровідності морської води.

Величина солоності відрізняється від суми всіх головних іонів  $\Sigma i$ , приблизно на 0,45 ‰. За Лайменом і Флемінгом, *істинна солоність* дорівнює

$$\Sigma i = 0,069 + 1,8112Cl.$$

Оскільки сольовий склад окраїнних і середземних морів відрізняється від середнього сольового складу океанічних вод, то існують і спеціальні формули аналогічних структур для окремих морів. Так, для Чорного моря використовують формулу  $S = 1,1856 + 1,7950Cl$ ; для Азовського моря  $S = 0,21 + 1,794Cl$  [Хільчевський, Осадчий, Курило, 2012].

Солоність води морів, сольовий склад яких відрізняється від океанічного, можна обчислювати за формулами:

$S = 0,184 + 1,795 Cl$  – для Чорного моря;

$S = 0,210 + 1,794 Cl$  – для Азовського моря;

$S = 0,260 + 2,791 Cl$  – для Аральського моря;

$S = 0,140 + 2,360 Cl$  – для Каспійського моря;

$S = 0,115 + 1,805 Cl$  – для Балтійського моря [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Зміни солоності зумовлюються насамперед змінами водного балансу (надходженням і втратою прісної води). Атмосферні опади, що випадають на поверхню океану, стік із суші, танення льоду знижують солоність, а випаровування, утворення льоду підвищують її. Широтна зональність солоності морської води порушується у районах проходження теплих і холодних течій.

Мінімальна солоність притаманна високим широтам, що пояснюється рясними опадами, таненням перенесених льодів і малим випаровуванням. Найменша солоність (33‰) у прибережних зонах Антарктиди через їхнє розпріснювання від танення криги.

З наближенням до пасатних зон вона збільшується і досягає максимуму біля тропіків (25° пн. ш. і 25° пд. ш.). Висока солоність у тропічних зонах океанів пояснюється дуже значним випаровуванням і малою кількістю опадів. Далі в напрямку до екватора солоність дещо зменшується. Тут більше опадів і менше випаровування. Найбільшу солоність в районі тропіків має Атлантичний



океан (37,5 ‰). Підвищена солоність Атлантичного океану пояснюється більшою сухістю повітря над Атлантичним океаном, його «більшою континентальністю», що є наслідком впливу материків. У Тихому і Індійському океанах максимальна солоність становить 36–36,5 ‰ (табл. 3).

Зональний розподіл солоності в низці місць порушується океанічними течіями. Особливо це помітно в північній Атлантиці, де Гольфстрім і Північноатлантична течія виносять більш теплі, більш солоні води із тропіків в високі широти. Коливання солоності за сезонами року в відкритому океані не перевищує 1 ‰. Дещо вище воно (до 2–3 ‰) у прибережних районах океану, в морях і затоках.

Таблиця 3

Середні широтні величини солоності поверхневих вод в Атлантичному і Тихому океанах, ‰

Назва океану	Географічна широта, °					
	пн. ш.			пд. ш.		
	50–40	30–20	10–0	20–30	40–50	60–70
Атлантичний	35,2	36,7	35,1	36,2	34,2	33,9
Тихий	32,9	34,8	34,3	35,4	34,6	33,8

Середня температура вод Світового океану +16,5 °С. Південна Атлантика на 6°С холодніша за Північну. Термічний екватор (його середня температура +26,7°С) знаходиться між 5° і 10° пн. ш. На південь і північ від нього температура поступово знижується, закономірність розподілу має зональний характер. Різкі контрасти температур спостерігаються уздовж східних берегів Північної Америки, де зустрічаються теплі і холодні течії (табл. 4).

Таблиця 4

Середні широтні температури поверхневих вод в Атлантичному, Тихому океанах і Індійському океанах, °С

Назва океану	Географічна широта, °													
	пн. ш.							пд. ш.						
	70–60	60–50	50–40	40–30	30–20	20–10	10–0	0–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70
Атлантичний	5,6	8,7	13,2	20,4	24,2	15,8	26,7	25,2	23,2	21,2	16,9	8,7	1,8	-1,3
Тихий	–	5,7	10,0	18,6	23,4	26,4	27,2	26,0	25,1	21,5	17,0	11,2	5,0	-1,3
Індійський	–	–	–	–	24,2	15,8	26,7	27,4	25,9	22,5	17,0	9,7	1,6	-1,5

*Температура* води Світового океану змінюється у широких межах по горизонталі, по вертикалі і з часом. Основні причини її просторово-часової зміни: значне прогрівання води за рахунок сонячної радіації і охолодження вод при віддачі тепла в атмосферу в різних районах океану; перерозподіл тепла течіями; перемішування верхніх і нижче залягаючи шарів; утворення і танення льоду у високих широтах та ін. Середня температура поверхневих вод Світового океану  $+17,54\text{ }^{\circ}\text{C}$  (на обширних відкритих просторах спостерігаються величини температур від  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). На поверхні Світового океану в цілому розподіл температури має зональний характер, бо надходження сонячного тепла залежить від географічної широти. Найбільше сонячної радіації надходить у екваторіальній зоні, тому там спостерігається найвища поверхнева температура води. Лінія найвищої температури води називається *термічним екватором, що проходить між  $5\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{пн. ш.}$*  біля нього середня річна температура води  $+27\text{--}+28\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ця лінія в північній півкулі зміщується на  $7\text{--}10\text{ }^{\circ}$  на північ влітку і на південь взимку. В тропіках температури води  $+25\text{--}+27\text{ }^{\circ}\text{C}$  відмічається у західних частинах океанів, а у східних вона на  $8\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$  нижча, що пояснюється притоком відносно холодних вод із півночі в північній і з півдня в південній півкулях. У помірних широтах поверхнева температура води близько  $+14\text{--}+15\text{ }^{\circ}\text{C}$  в північній півкулі і близько  $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$  у південній. У полярних водах температура води на поверхні знаходиться у межах від нульових значень до близьких до них від'ємних величин. Але широтна мінливість поверхневої температури води неоднакова у різних частинах океанів. Течії місцями переносять тепліші чи холодніші води із одних широтних зон у інші, підвищуючи або понижуючи температуру води в цих районах. Найхарактерніші приклади – перенесення теплих вод Гольфстріму в північно-західній частині Атлантичного океану і теплою течією Куросіо в північно-західній частині Тихого океану. У цих районах температура води на поверхні перевищує середньоширотні значення. Сприяють зростанню температури материкові води, що надходять влітку у прибережну частину Північного Льодовитого океану. Температури води на поверхні тут вища порівняно із її середньоширотними значеннями.

У фізиці *густина* будь-якої речовини визначається масою одиниці об'єму цієї речовини і вимірюється в  $\text{кг}/\text{м}^3$  або  $\text{г}/\text{см}^3$ . За рахунок солоності густина морської води дещо більша за густину прісної води, яка становить  $1000\text{ кг}/\text{м}^3$ .

Густина морської води з підвищенням солоності завжди збільшується, оскільки при цьому у воді збільшується кількість речовин, які мають більшу питому вагу, ніж вода. При зміні температури густина морської води змінюється за складнішим законом. На відміну від прісної води, яка має найбільшу густину при температурі  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (при більш низьких чи більш високих температурах густина прісної води знижується), температура найбільшої густини морської води і температура її замерзання змінюються залежно від солоності води.

При значенні солоності 24,7 ‰ температура найбільшої густини морської води і температура її замерзання однакові (-1,332°). При солоності менше 24,7 ‰ температура найбільшої густини вища за температуру замерзання, так само, як і для прісної води. При солоності вище 24,7 ‰ величина температури найбільшої густини морської води нижче температури замерзання. Така вода ніколи не досягає температури найбільшої густини, оскільки, перш ніж густина досягає свого максимуму, вода перетворюється на лід. Води із солоністю до 24,7 ‰ називаються солонуватими (розпрісненими), а із солоністю понад 24,7 ‰ – морськими [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Відповідно до фізичних і хімічних властивостей води на поверхні океану виділяють такі типи водних мас:

- екваторіальні,
- тропічні,
- субтропічні,
- субполярні,
- полярні.

З початку океанологічних досліджень зверталась увага на відмінності в характеристиках води різних районів океану, навіть близьких один до одного. Розрізняють води теплі і холодні, солоні і опріснені. Ці води одночасно відрізнялись за кольором, поширенням живих організмів тощо. Першим вжив термін «водні маси» австрійський учений А. Дефант у 1929 р. Він розглядав його вузько, в аспекті вирішення задачі про змішування двох чи трьох водних мас. Сама ж ідея мала велике значення. Вона розвивалась аналогічно вченню про повітряні маси, розробленому в 20-х рр. норвезькою школою метеорологів-синоптиків. Однак в океані відбуваються хоча й аналогічні процеси, та все ж вони складніші через істотну різницю в густині середовищ, в'язкості, швидкості руху тощо [Хільчевський, Дубняк, 2008]. За О. Д. Добровольським, «водна маса» – це деякі, відносно великі об'єми води, що формуються у певних районах Світового океану, та протягом тривалого часу зберігають фізичні, хімічні і біологічні властивості і поширюються як одне ціле.

Екваторіальні води характеризуються найвищою температурою (+25, +27°C), помірною солоністю (34–35‰), мінімальною густиною, значним вмістом кисню (3,0–4,5 мл/л) і фосфатів (0,5–1,0 мкг-атом/л).

Тропічні і субтропічні водні маси характеризуються найвищою солоністю (36–37‰), великою прозорістю, малим вмістом поживних речовин, кисню (2,0–3,0 мл/л), бідним органічним світом, це – тропічні пустелі.

Субполярні водні маси формуються в помірних широтах. В цих водах інтенсивний теплообмін з атмосферою, а тому й значна мінливість фізичних властивостей як у просторі, так і в часі. Вони насичені киснем і фосфатами, мають нормальну солоність.

Полярні водні маси найхолодніші. Їхні температури близькі до точки замерзання, для них характерна велика густина, мала солоність (32–33‰), великий вміст кисню (5,0–7,0 мл/л) і фосфатів (1,5–2,0 мкг-атом/л).

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Користуючись літературними і картографічними джерелами, виявіть температуру, солоність, густину поверхневих вод Чорного моря. Поясніть постійність різниці у густині поверхневих і глибинних пластів моря.

2. Проаналізуйте і випишіть температуру, солоність, густину поверхневих вод Азовського моря. З'ясуйте причини зміни солоності води при наближенні до берегів моря, сезонні зміни солоності, сольовий баланс моря.

### **Контрольні питання**

1. Що таке солоність і які чинники її визначають ?
2. Який взаємозв'язок між солоністю поверхневих вод океанів і балансом прісної води ?
3. Чим пояснюється найвища солоність поверхневих вод Атлантичного океану ?
4. Чому теплі течії підвищують солоність, а холодні – знижують ?
5. Чим визначається солоність Чорного і Середземного морів, Гудзонової і Бенгальської заток ?

### ***Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела***

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
3. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії [Електронний ресурс] : підручник. Київ : Ніка-Центр, 2012. 312 с.
4. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

## Практична робота № 10–11

**Тема:** Вертикальний розподіл температури, солоності й густини у Світовому океані.

**Мета:** З'ясувати причини зміни властивостей океанічних вод (солоності, температури, густини) залежно від глибини на різних географічних широтах.

**Основні терміни і поняття:** солоність температура, густина, вертикальний розподіл, глибина.

### Аудиторні завдання:

1. За даними **табл. 1** покажіть у вигляді графіка характер зміни солоності океанічних вод залежно від глибини на різних широтах.

*Графік будується в прямокутній системі координат на міліметровому папері формату А 4 (Масштаб горизонтальний: 3 см – 1‰ (починаючи від найменшого значення); вертикальний: 1 см – 200 м. На горизонтальній осі графіка відкладіть солоність води в ‰, на вертикальній – глибини в м. Відлік глибин починайте зверху вниз. Точки з відповідними значеннями солоності і глибини сполучіть лініями. Такі криві побудуйте на одному графіку для всіх зазначених у таблиці широт для Атлантичного океану. На графіку 2 – для Тихого океану.*

Таблиця 1

**Середні широтні величини солоності води на різних глибинах в Атлантичному і Тихому океанах**

Глибина, м	Географічна широта, °					
	0–10 пн. ш.	20–30 пн. ш.	20–30 пд. ш.	40–50 пн. ш.	40–50 пд. ш.	60–70 пд. ш.
<i>Атлантичний океан</i>						
0	35,1	36,7	36,2	35,2	34,2	33,9
50	35,1	36,7	36,0	35,2	34,2	34,2
100	35,2	36,6	35,8	35,3	34,2	34,3
200	35,2	36,5	35,5	35,4	34,3	34,6
500	34,7	35,9	34,7	35,5	34,2	–
1000	34,7	35,1	34,4	35,2	34,4	34,7
1500	35,0	35,1	34,8	35,1	34,6	34,6
2000	35,0	35,0	34,9	35,0	34,7	34,7
3000	34,9	35,0	34,9	35,0	34,8	34,7
<i>Тихий океан</i>						
0	34,3	34,8	35,4	32,9	34,6	33,8
50	34,6	34,8	35,5	33,1	34,6	34,0
100	34,9	34,9	35,5	33,3	34,6	34,2
200	34,8	34,6	35,4	33,7	34,6	34,4
500	34,6	34,3	35,7	34,1	34,5	34,6
1000	34,6	34,4	34,4	34,4	34,4	34,7
1500	34,6	34,6	34,6	34,5	34,5	34,7
2000	34,6	34,6	34,7	34,6	34,7	34,7
3000	34,7	34,6	34,7	34,7	34,7	34,7

2. Проаналізуйте графік і поясніть (пояснення обґрунтуйте письмово в зошиті): а) чому змінюється солоність залежно від глибини на різних широтах одного океану? б) чому змінюється солоність залежно від глибини на однакових широтах в Атлантичному і Тихому океанах?

3. Покажіть у вигляді графіків, використовуючи дані таблиці 2, зміну температури океанічної води з глибиною на різних широтах.

Графік будується в прямокутній системі координат на міліметровому папері формату А 4 (масштаб горизонтальний: 1 см – 2°C, вертикальний – 1 см – 200 м. На горизонтальній осі графіка відкладіть значення температури води (в °C), а на вертикальній – глибини (в м). Відлік глибин починайте зверху вниз. Точки з відповідними значеннями сполучіть лініями. Такі криві побудуйте на графіку 3 для всіх зазначених у таблиці широт для Атлантичного океану. На графіку 4 – для Тихого океану.

Таблиця 2

**Середні широтні значення температури води на різних глибинах в Атлантичному і Тихому океанах**

Глибина, м	Географічна широта, °						
	0–10 пн. ш.	0–10 пд. ш.	20–30 пн. ш.	20–30 пд. ш.	40–50 пн. ш.	40–50 пд. ш.	60–70 пд. ш.
<i>Атлантичний океан</i>							
0	27,2	26,1	23,3	19,7	13,1	8,7	-0,3
50	23,8	23,3	22,8	19,4	11,4	8,1	-1,0
100	18,2	18,6	21,0	18,0	10,7	7,2	-1,1
200	13,0	12,6	18,3	14,4	10,4	5,9	0,2
500	7,6	7,0	13,7	9,0	8,8	3,3	–
1000	4,6	4,1	6,6	3,5	6,6	2,6	0,3
1500	4,1	3,8	5,2	3,4	5,0	2,3	0,3
2000	3,4	3,4	3,8	3,0	3,4	2,4	-0,1
3000	2,7	2,7	2,8	2,6	3,0	1,6	-0,3
<i>Тихий океан</i>							
0	26,0	27,0	22,8	22,8	12,4	12,6	-0,2
50	24,1	25,1	21,4	21,1	11,0	7,6	-0,6
100	22,0	21,2	20,2	20,3	9,6	5,8	-0,8
200	17,0	13,7	18,0	16,1	8,6	5,0	1,1
500	8,4	8,1	10,4	8,9	7,1	3,8	1,8
1000	4,6	4,8	5,3	4,9	4,2	2,9	1,6
1500	3,1	3,3	3,3	3,6	2,9	2,3	1,3
2000	2,5	2,3	2,6	2,2	2,3	1,9	0,9
3000	2,0	1,8	1,9	1,6	1,7	1,6	0,5

### Теоретичні відомості з даної теми

На підставі аналізу розподілу температури і солоності від поверхні до дна Світового океану за цими характеристиками в ньому виділяються водні маси по вертикалі: *поверхневі* (до глибини 75–100 м), *підповерхневі* (до 300 м), *проміжні*



(500–1000 м), *глибинні* (1200–5000 м) і *придонні*. Розподіл водних мас Світового океану у просторі і глибинах відображає горизонтальну і вертикальну зональність як одну із основних географічних закономірностей природи Землі.

Вертикальний розподіл солоності на різних глибинах суттєво відрізняється від розподілу на її поверхні. Це пояснюється низкою причин. Одна з них полягає в тому, що розподіл води в океані за шарами зумовлюється її густиною, а оскільки температури води з глибиною зазвичай знижується, то для стійкої рівноваги не потрібно підвищення солоності з глибиною. Тому можуть виникати такі ситуації: солоність з глибиною знижується, зростає, залишається незмінною. Проте суттєві зміни солоності відбуваються лише у верхньому шарі, до глибин 1500 м. Нижче цього горизонту у так званій стратосфері океану, коливання солоності надзвичайно малі – характерні умови близькі до гомотермії (однорідної температури). У деяких районах Світового океану солоність стає одноманітною із значно більш високих горизонтів. У полярних областях солоність сильно змінюється тільки до глибини 200 м, а глибше вона практично незмінна [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Стратифікація (розшарування) водної маси.

1. *За температурою*. Виділяються три основні типи термічної стратифікації: полярний, субполярний і помірно-тропічний.

Полярний (Арктика і Антарктика, північні частини Атлантичного і Тихого океанів). Взимку поверхневий шар вод охолоджується особливо сильно. Влітку мінімальні температури води відмічаються в холодному підповерхневому шарі, який залишається непрогрітим з поверхні. Максимальні температури зберігаються протягом всього року в проміжних водах.

Субполярний тип пов'язаний з інтенсивним опусканням поверхневих вод, в результаті чого в субполярних широтах формуються проміжні водні маси. Цьому сприяють відносно невеликі градієнти температури в верхньому шарі океану товщиною 1500 м. Опускання викликається як наявністю океанічних фронтів (полярного і субполярного), так і ущільненням, пов'язаним з охолодженням тропічних вод, які виносяться течіями в високу широту. Сильне охолодження субполярних областей приводить до інтенсивної зимової конвекції (перемішування вод по вертикалі, що викликане ущільненням верхніх шарів). У деяких районах сліди її зберігаються у вигляді холодного проміжного шару впродовж всього літа. В областях поширення субполярного типу взимку в поверхневих водах встановлюється гомотермія з температурою, близькою до мінімального її значення на поверхні в даному місці.

Помірно-тропічний тип простежується на більшій частині океану. Зміни температури води впродовж року порівняно невеликі.

*Конвекція* – це вертикальне переміщення частинок води в морі. Воно виникає в результаті перевищення густини верхніх шарів над густиною шарів, які залягають нижче. Це буває, коли під дією деяких чинників густина верхніх шарів підвищується, або коли густина нижчих шарів зменшується.

2. *За солоністю.* У Світовому океані виділено 8 типів зміни солоності по вертикалі: полярний, субполярний, помірно-тропічний, тропічний, екваторіальний, Індо-Малайський, Присередземноморський, Північноатлантичний.

Для полярного і субполярного типів притаманне збільшення солоності від поверхні океану до дна. Для помірно-тропічного, тропічного і екваторіального – наявність прошарку із зниженою солоністю, пов'язаного з поширенням проміжних водних мас субполярного походження; вище і нижче цього прошарку солоність зростає.

Ці п'ять типів зміни солоності по вертикалі значно поширені в Світовому океані. Інші три типи зустрічаються в окремих районах, що пов'язано із специфічним впливом чинників, що визначають солоність води.

Індо-Малайський характерний лише для північно-східної частини Індійського океану (своєрідна модифікація екваторіального типу – на проміжних глибинах замість пониженої солоності притаманна максимальна солоність).

Присередземноморський тип (в низьких широтах) має на проміжних глибинах високосолоні води, що виносяться із середземних морів, але вже в областях з високою солоністю на поверхні океану. Вісь високо солоного прошарку в Індійському океані розміщується на глибині біля 500 м, а в Атлантичному океані – приблизно на 1000 м.

Північноатлантичний тип зустрічається в тих широтах, де зазвичай спостерігаються помірно тропічний і субполярний типи. Ця своєрідна стратифікація в Північній Атлантиці визначається високою солоністю на поверхні океану і відсутністю опріснених проміжних вож субполярного походження.

3. *За густиною.* Густина води в океані скрізь збільшується від поверхні до дна, причому спочатку швидко, а потім уповільнюється. Тому криві зміни густини води по вертикалі скрізь мають один і той же вигляд (як температура). Не дивлячись на слабо виражену стратифікацію поля густини, за зміною вертикальних її градієнтів можна виділити чотири шари: поверхневий з максимальними градієнтами, проміжний з невеликими їх величинами, глибинний, майже ізопікнічний (однорідна густина), і придонний з деяким збільшенням градієнтів порівняно з вищезалюгаючими шарами. Різниця між густиною поверхневих і глибинних вод і міра їх стратифікації зменшується з віддаленням від екватора. У низьких широтах різниця між густиною поверхневих і глибинних вод найбільша. Сильна стратифікація утруднює опускання вод. В помірних і субполярних широтах умови для розвитку низхідних рухів сприятливіші. Але поверхневі води легші за глибинні і їх опускання може бути викликане лише або динамічними процесами, або охолодженням.

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Проаналізуйте, користуючись лекційним матеріалом, Інтернет-ресурсами, науковими публікаціями, вертикальний розподіл температури, солоності, густини у Чорному і Азовському морях.

### **Контрольні питання**

1. Назвіть основні риси вертикального розподілу солоності з глибиною.
2. Стратифікація водних мас за температурою.
3. Стратифікація водних мас за солоністю.
4. Стратифікація водних мас за глибиною.

### ***Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела***

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
3. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії [Електронний ресурс] : підручник. Київ : Ніка-Центр, 2012. 312 с.
4. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

## Практична робота № 12–13

**Тема:** Хвилювання води в океанах і морях.

**Мета:** З'ясувати причини виникнення хвилювання в океанічних водах на різних географічних широтах.

**Основні терміни і поняття:** рівнева поверхня, хвиля, хвильовий профіль, середня хвильова лінія, вершина хвилі, підшва хвилі, гребінь хвилі, улоговина хвилі, фронт хвилі, висота хвилі, довжина хвилі, крутизна хвилі, період хвилі, швидкість хвилі, вітрові хвилі, внутрішні хвилі, сейші, цунамі.

### Аудиторні завдання:

1. Проаналізуйте карту розподілу вітрового хвилювання і брижів у Світовому океані і дайте відповіді на питання: а) які загальні закономірності в розподілі вітрового хвилювання і брижів у Світовому океані, поясніть причини виявлених закономірностей; б) як змінюється повторюваність хвилювань на однакових широтах за сезонами року?

2. Визначте, на якій глибині затухає хвилювання, зумовлене вітром, якщо хвилі мають: а)  $H=5$  м,  $\lambda=120$  м; б)  $H=6$  м,  $\lambda=126$  м; в)  $H=8$  м,  $\lambda=225$  м.

*Глибину, на якій хвилювання затухає, можна визначити за висотою і довжиною хвилі на поверхні і співвідношенням зміни висоти хвилі з глибиною (табл.).*

Таблиця

**Зміна висоти хвилі із зміною глибини**

Глибина (в частках довжини хвилі $\lambda$ )	0	$\frac{1}{9}\lambda$	$\frac{2}{9}\lambda$	$\frac{3}{9}\lambda$	$\frac{4}{9}\lambda$	$\frac{5}{9}\lambda$	$\frac{6}{9}\lambda$	$\frac{7}{9}\lambda$	$\frac{8}{9}\lambda$	$\frac{9}{9}\lambda$
Висота хвилі $H$	$H$	$\frac{H}{2}$	$\frac{H}{4}$	$\frac{H}{8}$	$\frac{H}{16}$	$\frac{H}{32}$	$\frac{H}{64}$	$\frac{H}{128}$	$\frac{H}{256}$	$\frac{H}{512}$

3. Обчисліть швидкість поширення цунамі (км/год, км/с) при середній глибині  $H=360$  м, 1210 м, 4000 м (для цього скористайтеся формулою:  $C = 360 \sqrt{H}$ ).

4. Користуючись лекційним матеріалом, науковими публікаціями, Інтернет-ресурсом, підготуйте повідомлення у вигляді презентації про найвідоміші цунамі у світі, причини їх виникнення, висоту хвиль, зони, де найчастіше спостерігаються руйнівні хвилі, наслідки виникнення цунамі.

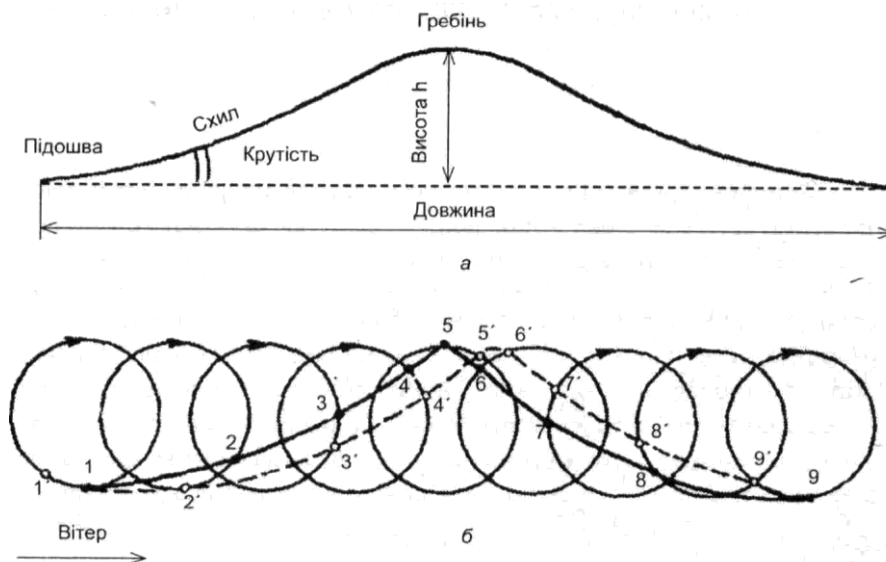
### Теоретичні відомості з даної теми

Хвилювання води – це результат порушення рівноваги рівневої поверхні і одночасне відновлення цієї рівноваги під дією сили тяжіння. Основна причина хвилювання – вітер. Воно може спричинюватися також різкою зміною

атмосферного тиску, землетрусами, виверженнями вулканів, припливно-відпливними силами. Найпоширенішими хвилями на поверхні океанів і морів є вітрові. Висота більшості вітрових хвиль у відкритій частині океану становить 4,0–4,5 м, довжина – не більше як 300 м, у морях максимальна висота їх не перевищує 9 м, довжина – 150 м. Вітрові хвилі також поширюються і вглиб, і чим довша хвиля, тим глибше проникає хвилювання, і навпаки. Глибину, на якій хвилювання затухає, можна визначити за висотою і довжиною хвилі на поверхні і співвідношенням зміни висоти хвилі з глибиною.

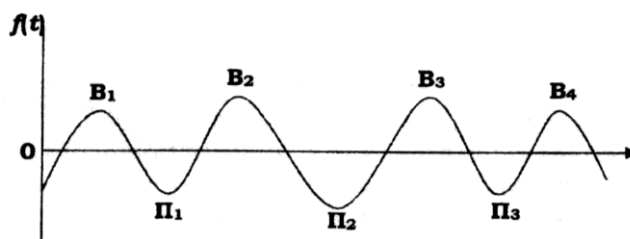
Хвилювання – це сукупність хвиль, а хвиля – це періодичне коливання частинок води навколо положення їх рівноваги, які здійснюються по замкнених або майже замкнених орбітах у вертикальному і в деякій мірі горизонтальному напрямках. Зовнішньо цей процес проявляється у вигляді валів, що ідуть один за одним і заглиблень між ними.

Деформація водних мас – хвилювання відбувається під дією зовнішніх сил. Хвилі бувають вітрові, анемобаричні, сейсмічні, припливно-відпливні, корабельні тощо. Розрізняють поверхневі хвилі, що утворюються на поверхні моря, і внутрішні, що виникають на деякій глибині та майже не проявляються на поверхні. Найбільше поширення на поверхні морів та океанів мають вітрові хвилі, які виникають під дією вітру. Під час руху повітряних потоків над водною поверхнею частина енергії цього руху передається верхньому шару води дією тангенціального тиску, нерівномірного внаслідок турбулентної природи повітряного потоку. Спочатку на поверхні води внаслідок впливу поривів вітру навіть за швидкості 1 м/с з'являються невисокі хвилі у вигляді брижів (рос. рябь) – упорядкованого руху паралельних рядів хвиль (валів і улоговин). Коли швидкість вітру сягає 4–5 м/с, рівні пасма гребенів хвиль розбиваються на окремі ділянки різного розміру, уже не паралельні між собою. Проте зі збільшенням швидкості вітру знову з'являються паралельні ряди хвиль. Вплив вітру на водну поверхню спонукає частинки води виконувати орбітальні рухи у вертикальній площині за напрямом вітру, що передаються також і в глибинні шари води [Карпенко, 2009] (рис. 1).



**Рис. 1. Водна хвиля** [Карпенко, 2009]  
*a* – елементи хвилі; *б* – рух частинок води у хвилі

*Хвилі* – це коливальні рухи рідини в певному шарі морської води, у якому частинки води здійснюють періодичні коливання біля положення своєї рівноваги. Геометрично положення рівноваги хвиль описується середньою хвильовою лінією, яка визначається з хвильового профілю (рис. 2) [Хільчевський, Дубняк, 2008].



**Рис. 2. Хвильовий профіль** [Хільчевський, Дубняк, 2008]

Елементи хвиль:  $t$  – час,  $f(t)$  – ординати хвильових коливань, горизонтальна вісь – середня хвильова лінія, напрям горизонтальної осі – напрям поширення хвилі

До основних *геометричних елементів* хвиль належать:

- *хвильовий профіль* – переріз послідовних хвиль вертикальною площиною вздовж напрямку поширення хвиль;
- *середня хвильова лінія* – горизонтальна лінія, яка перетинає хвильовий профіль так, що сумарні площі фігур, обмежених хвильовим профілем і розташованих нижче і вище цієї лінії, рівні між собою;
- *вершина хвилі* – найвища точка хвильового профілю;
- *підшва хвилі* – найнижча точка хвильового профілю;
- *гребінь хвилі* – частина хвилі, розташована вище середньої хвильової лінії;
- *улоговина хвилі* – частина хвилі, розташована нижче середньої хвильової лінії;
- *фронт хвилі* – лінія, яка проходить уздовж гребеня хвилі перпендикулярно напрямку поширення хвилі;
- *висота хвилі (H)* – перевищення вершини хвилі над підшвою;
- *довжина хвилі (λ)* – відстань між сусідніми вершинами або підшвами хвиль;
- *крутизна хвилі* – відношення висоти хвилі до її довжини.

*Кінематичними елементами* хвиль є:

- *період хвилі (i)* – проміжок часу між проходженням через одну і ту ж точку простору двох суміжних гребенів (чи підшов), протягом якого частинки води повністю проходять свою орбіту;
- *швидкість хвилі (c)* – відстань, яку пробігає гребінь (чи інший елемент хвилі) за одиницю часу в напрямку поширення хвилі [Хільчевський, Дубняк, 2008].



Існує цілий ряд класифікацій хвиль за різними характеристиками і ознаками. Найбільш загальною є *генетична класифікація*, згідно з якою хвилі поділяють за причинами, що їх викликають, на:

- *вітрові (фрикційні* чи хвилі тертя), які утворюються під дією вітру;
- *припливні*, причиною яких є припливи;
- *анемобаричні* – зумовлені змінами атмосферного тиску;
- *сейсмічні (цунамі)* – викликаються підводними землетрусами;
- *корабельні* – утворюються при русі суден.

Хвилі також; поділяють:

- за наявністю видимого переміщення форми хвилі на *поступальні* і *стоячі*;
- за співвідношенням довжини хвилі  $\lambda$  і глибини моря  $H$  на *короткі* ( $\lambda < H$ ) і *довгі* ( $\lambda > H$ );
- за глибиною поширення на *поверхневі* і *внутрішні*;
- за періодом – *короткоперіодичні* і *довгоперіодичні*;
- за формою – *двомірні*, *тримірні* та *відокремлені*;
- за дією хвилетворних факторів – *вимушені*, які існують під впливом тієї сили, що їх викликала, і *вільні*, які існують після припинення дії основного чинника;
- за ступенем розвитку хвильового профілю – *несталі*, які перебувають на стадії розвитку або затухання, і *сталі*, які перебувають на стадії стабілізації;
- за силами, які повертають частинки води в положення рівноваги – *капілярні*, у яких такою силою є сила поверхневого натягу (наприклад, вітрові хвилі-брижі), та *гравітаційні*, в яких переважає сила тяжіння [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Найбільше поширені у Світовому океані вітрові хвилі. Вони належать до категорії поверхневих поступальних короткоперіодичних хвиль. Розміри вітрових хвиль тим більші, чим сильніший і триваліший вітер, чим більший його розгін, тобто відстань, яку він пробігає над водою. Найбільші хвилі спостерігаються в районах із частими і тривалими штормами. Величезні площі сильного хвилювання розташовані в помірних широтах, які навіть отримали назву «ревучі сорокові». Великі хвилювання часті в океанічному кільці південної півкулі, в районах квазістаціонарних атмосферних фронтів. Найвищі хвилі (34 м) спостерігаються посередині північної частини Тихого океану, найдовші (близько 800 м) – біля південних берегів Британських островів і в екваторіальній частині Атлантичного океану. Великі хвилі спостерігаються також біля південних берегів Африки, де вони стали причиною катастроф багатьох кораблів. Це так звані хвилі-вбивці, одиночні хвилі заввишки понад 20 м. Але переважна більшість вітрових хвиль не досягає у висоту і 4 м.

Вимірювання елементів хвиль пов'язане з великими технічними труднощами, тому при масових спостереженнях користуються наближеними прийомами для якісної оцінки розмірів хвилювання в балах (табл. 1).

Шкала ступеня хвилювання [Хільчевський, Дубняк, 2008]

Висота хвилі, м	Бал ступеня хвилювання	Характеристика хвилювання
0	0	Хвилювання відсутнє, штиль
до 0,25	I	Слабке
0,25–0,75	II	Помірне
0,75–1,25	III	
1,25–2,0	IV	Значне
2,0–3,5	V	
3,5–6,0	VI	Сильне
6,0–8,5	VII	
8,5–11,0	VIII	Дуже сильне
11,0 і більше	IX	Виняткове

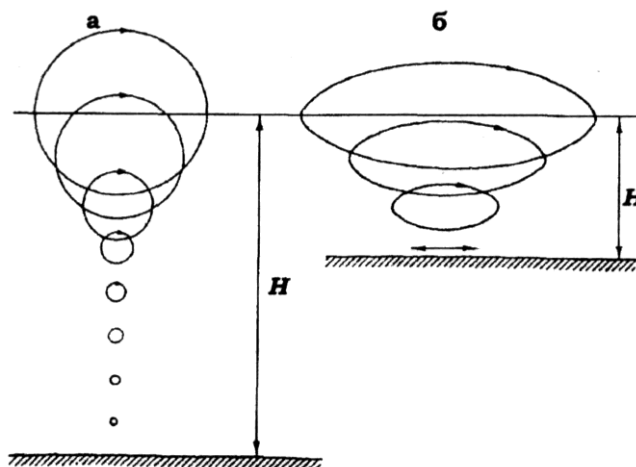
Трохоїдальна теорія є першою спробою фізико-математичних тлумачень хвилетворного процесу. Цю теорію розробив у 1801 р. Ф. Герстнер для ідеалізованих умов: 1) вважається, що рідина є ідеальною без сил внутрішнього тертя; 2) розглядаються тільки двомірні хвилі; 3) море вважається без берегів і глибоким (глибини значно перевищують довжину хвилі).

Розглянемо поступальну двомірну хвилю типу вільних хвиль-брижів. Зовнішня форма таких хвиль являє собою *трохоїду* (крива лінія, яку накреслює точка всередині круга, що котиться без ковзання по прямій), тому їх називають *трохоїдальними*.

Поступальний рух вітрових хвиль – уявний рух (див. рис. 1). Це – рух тільки форми хвилі, а не самих водних мас. Перекопати в цьому можна, якщо кинути на хвильову поверхню моря поплавок. Він буде залишатися на місці, піднімаючись і опускаючись разом із хвилею. Коли до поплавок підходить гребінь хвилі, він піднімається і трохи посувається в бік руху хвилі, коли наближається підосва – опускається і зміщується у зворотний бік. Можливий і такий випадок, коли поплавок буде дрейфувати, але це пояснюється дією вітру, а не хвилювання. У випадку брижів орбіти, якими рухаються частинки води, являють собою кола, площина яких вертикальна і перпендикулярна до фронту хвилі. Частинки води, які перебувають на одному і тому ж рівні, описують кругові орбіти однакових радіусів. Причому частинки у верхній частині орбіти рухаються в напрямку руху хвилі, а в нижній частині – у протилежному. Зі збільшенням глибини радіуси орбіт зменшуються.

Розглянемо положення частинок рідини на поверхні трохіодальної хвилі. Візьмемо кілька частинок, розташованих між собою на рівних відстанях і які лежать на лінії, перпендикулярній фронту хвилі. Ці частинки рухаються по колових орбітах, центри яких лежать в одній горизонтальній площині. Існують спеціальні формули, які дозволяють визначати елемент хвиль (довжину, швидкість, період). Висота хвиль не вираховується, вимірюється безпосередньо [Хільчевський, Дубняк, 2008].

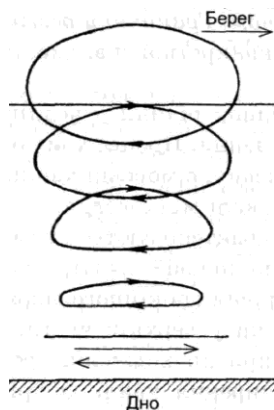
*Критерії мілководності.* Умови утворення хвиль суттєво змінюються залежно від співвідношення між глибиною моря на певній ділянці його акваторії і довжиною хвилі. У гідравліці широко застосовується так званий *гідродинамічний критерій мілководності* ( $H = \lambda/2$ ). Якщо глибина моря більша за половину довжини хвилі ( $H > \lambda/2$ ), то море (чи його ділянка) називається *глибоким морем (глибоководдям)*. У цьому випадку хвилі розвиваються не взаємодіючи з дном, їх параметри не залежать від глибини моря. Навпаки, коли глибина моря менша за половину довжини хвилі ( $H < \lambda/2$ ), то таке море (чи його ділянка) називається *мілким, морем (мілководдям)*. На мілководді дається взнаки тертя об дно, яке суттєво впливає на кінематичні та геометричні характеристики хвиль. Орбіти частинок води набувають еліптичної форми (рис. 3). У цьому випадку профіль хвилі являє собою еліптичну трохойду [Хільчевський, Дубняк, 2008].



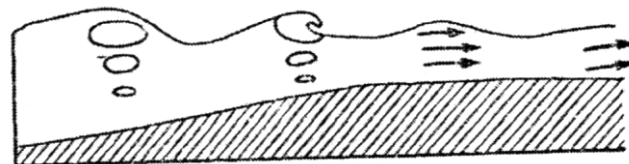
**Рис. 3. Вплив глибини моря на форму орбіт часток хвилі при:**  
 а)  $H > \lambda/2$ ; б)  $H < \lambda/2$  [Хільчевський, Дубняк, 2008]

Орбітальний рух частинок рідини у водній товщі є головною характерною особливістю хвилювання. Процес хвилювання охоплює всю поверхневу товщу Світового океану, а морські хвилі, відповідно, поділяють на хвилі глибокого моря і хвилі мілководдя. В ідеальному випадку хвилі глибокого моря характеризуються тим, що частинки води у них здійснюють коливання по коловій орбіті, площина якої орієнтована по вертикалі до поверхні рівня спокійного моря. Рух частинок води спрямований у верхній частині за напрямом хвилі, а в нижній – проти, тобто при проходженні гребеня частинки переміщуються за напрямом поширення хвилі, а при проходженні улоговини – рухаються в протилежному напрямі. Отже, протягом періоду хвилювання відбувається зміна напрямку руху хвилі та його відновлення, що й слугує головною відмінністю між коливальним і поступальним рухами. У цьому випадку хвилювими коливаннями охоплений весь шар води певної потужності, проте орбіти з глибиною зменшуються. Оскільки частинки рухаються по колу, то їхні фазові швидкості у межах одного горизонту залишаються сталими, проте з віддаленням від водної поверхні вони загасають. За характером переміщення частинок води, що беруть участь у хвилювальному русі, Г. О. Саф'янов (1996) виділяє такі хвилі мілководдя: *прогресивні, поступальні* (хвилі переміщення) і *стоячі*. Прогресивні хвилі

відзначаються видимим рухом переміщення форми хвилі зі збереженням коливального руху частинок навколо деяких центрів. У хвилях переміщення, або поступальних, частинки рідини, окрім коливального руху, зазнають також поступального переміщення у напрямі поширення хвиль, що досягається розмиканням орбіт. У стоячих хвилях частинки рідини коливаються по розімкнутих орбітах параболічного вигляду без горизонтального переміщення форми хвилі. У хвилях глибокого моря орбіти частинок води замкнуті і мають вигляд кола. Проте, внаслідок впливу морського дна, зі зменшенням глибини моря орбіти стають асиметричними (еліпсоподібними). У межах мілководдя, якщо глибина водойми менша від половини довжини хвилі, хвилі глибокого моря трансформуються у хвилі мілководдя (набувають «каравасподібної» форми). Біля дна вертикальні осі еліпсів досягають критичної межі (тобто дорівнюють нулю), їхні орбіти розмикаються, а частинки води біля дна здійснюють прямолінійні коливальні рухи паралельно поверхні дна. Асиметрія орбіт відображається і на профілі хвилі: він стає також асиметричним, передній схил хвилі робиться крутішим, а задній все більше видовжується. З наближенням до берега розімкнутість орбіт посилюється, завдяки чому зростає перенесення води у напрямі поширення хвилі. Прогресивні хвилі поступово трансформуються у хвилі переміщення (рис. 4, 5).



**Рис. 4. Орбіти частинок в умовах мілководдя [Карпенко, 2009]**



**Рис. 5. Перетворення коливальної хвилі мілководдя у хвилю переміщення (за О. К. Леонт'євим) [Карпенко, 20098]**

Вивчення закономірностей вітрового хвилювання цікаве не лише з позицій фундаментальної науки, але і з позицій практичних запитів, таких як мореплавство, будівництво гідроспоруд, портів комплексів, розрахунок технічного оснащення нафто- і газопромислів на шельфі. Близько 80 % розвіданих запасів нафти і газу зосереджені на дні океанів і морів, спорудження морських платформ і морське буріння вимагають надійних даних про режим вітрового хвилювання. Знання розміру максимально можливих хвиль в різних акваторіях Світового океану необхідне для забезпечення безпечного судноплавства у цих місцях.

Вітрові хвилі з'являються через тертя вітру з водою. На поверхні води навіть при швидкості вітру 1 м/с утворюються хвилі у вигляді брижів. Їхня висота – кілька міліметрів, а довжина – кілька сантиметрів. Якщо вітер стійкий, то хвилі збільшуються у розмірах, насамперед за довжиною, яка поступово досягає кількох

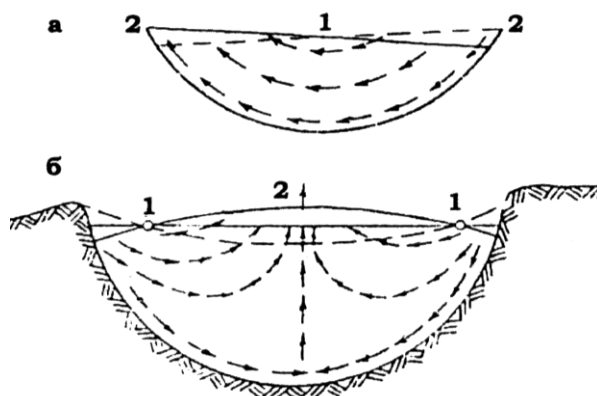
метрів. Розміри хвиль напряду залежать від швидкості, тривалості дії вітру і від довжини його розгону, тобто від відстані, яку він долає над водою у одному напрямку. У різних районах Світового океану хвилювання неоднакове. Найчастіше воно спостерігається в океанічному кільці південної півкулі, між 40 і 60 °пд. ш. Тут розвиваються великі хвилі. Великі площі сильного хвилювання розміщені в помірних широтах північної півкулі, загалом в північній частині Тихого і Атлантичного океанів. Біля південної і північної меж екваторіальної області нерідкі тропічні урагани, які створюють тут значне хвилювання. Загалом у Світовому океані значною мірою переважають хвилі висотою до 4 м, а хвилі вищі за 7,5 м трапляються відносно рідко. Довжина хвилі зазвичай 90–100 м, а її максимальне значення – близько 800 м. Найвищі хвилі – 34 м. Найвищі хвилі зафіксовані у північній частині Тихого океану.

Вітрові хвилі – явище, яке спостерігається на поверхні будь-якої водойми. Масштаб цього явища для різних водойм буде різним. Леонардо да Вінчі у свій час писав: «Волна бежит от места своего возникновения, а вода не двигается с места. Наподобие волн, образуемых в море течением ветров, волны кажутся бегущими по полю, между тем нивы со своего места не сходят». Ця особливість вітрових хвиль має велике практичне значення: якби разом з формою, тобто з хвилею переміщувалася ще і маса, тобто вода, то ніякий корабель не зміг би рухатися проти хвилювання.

*Руйнування хвиль.* Деформація хвиль на мілководді завершується їхнім руйнуванням. Будь-які зміни орбіти хвилі супроводжуються деформацією профілю хвилі. Передній схил хвилі під впливом вітру чи зі зменшенням глибини, тобто з наближенням до берега, стає все крутішим і коротшим, ніж задній. Часточки води набувають поступальної швидкості і, закінчивши оберт, вже не повертаються в точку початкового руху, а опиняються дещо попереду – орбіта не замикається. Ця асиметрія профілю спричинює до збільшення крутості переднього схилу. Зрештою крутість схилу досягає критичної величини, і гребінь хвилі, нависаючи над улоговиною, зривається, утворюючи пінні бульбашки (біяки). Таке руйнування хвилі відбувається на глибині в межах 0,5–1,0 висоти хвилі. Загалом руйнування хвилі відбувається тоді, коли орбітальна швидкість частин води на гребені сягає величини, рівної швидкості поширення хвилі. На значних глибинах вітрові хвилі руйнуватимуться, коли крутість переднього схилу сягатиме певної величини. На мілководдях унаслідок зменшення глибини гребінь хвилі переганяє підшву, швидкість якої сповільнюється від тертя до дна, і, спрямовуючись вперед, обвалюється, а хвиля руйнується. Адже на глибині, що дорівнює приблизно половині довжини хвилі, остання починає трансформуватися під впливом дна. Кругові траєкторії, які описують частини води у хвилі глибоководного моря, перетворюються при цьому в еліпсоподібні; безпосередньо вже біля дна частинки здійснюють паралельні йому зворотно-поступальні коливання. Внаслідок трансформації хвилі її гребінь стає коротшим, а улоговина довшою. За досягнення великої крутості хвиля забурюється – на її гребені утворюється розсипаючи пінна смуга. Внаслідок цього висота хвилі та її енергія зменшується. Руйнування хвилі біля берега називається *прибоєм*, а на мілководді – *буруном* [Карпенко, 2009].



*Сейші.* На відміну від поступальних хвиль, при стоячих хвилях відсутнє поступальне переміщення *форми хвилі* в горизонтальному напрямку. Підшва стоячої хвилі чергується з її вершиною, причому це чергування відбувається в одному і тому ж місці. У певних точках стоячих хвиль частинки рідини залишаються нерухомими. Такі точки називаються *вузлами*. Точки, де чергуються вершина і підшва хвилі, називаються *опуклостями*. Стоячі хвилі утворюються від накладання поступальних і відбитих хвиль, у результаті відбиття поступальної хвилі перешкодою, яка розміщена перпендикулярно до напрямку поширення хвиль. При *поступальних* хвилях найбільші горизонтальні швидкості частинок спостерігаються біля гребеня і підшви, а найбільші вертикальні – біля середнього рівня (між гребенем і підшвою); при стоячих хвилях, навпаки, найбільші горизонтальні швидкості спостерігаються біля вузлів, а найбільші вертикальні – біля опуклостей (рис. 6). Особливо добре сейші виражені на озерах, де вперше і почали вивчатися. Наприклад, на Женевському озері сейші мають амплітуду 2 м і період 73 хв. На Азовському морі відзначено сейші з амплітудою 80 см і періодом до 23 год. [Хільчевський, Дубняк, 2008].



**Рис. 6. Одновузлова (а) і двовузлова (б) сейші [Хільчевський, Дубняк, 2008]:**  
1 – вузол, 2 – опуклість

*Цунамі* – це довгі хвилі, які виникають у результаті підводних землетрусів, виверження підводних, а інколи і надводних прибережних вулканів. Здебільшого цунамі викликаються тектонічними землетрусами, пов’язаними з миттєвими переміщеннями великих мас земної кори. За статистикою, із загальної кількості сильних землетрусів у Тихому океані лише один із ста супроводжується цунамі. Окрім власне сили землетрусу, висота цунамі залежить від рельєфу моря і конфігурації берега. Зазвичай, вона не перевищує 10 м (у середньому 5–6 м). Надзвичайно рідко зустрічаються хвилі заввишки 15–20 м (у вузьких бухтах і затоках). Найчастіше до узбережжя приходить група цунамі, причому висота їх послідовно зростає до третьої–п’ятої хвилі. Довжина хвиль цунамі вимірюється сотнями кілометрів (200–



300 км). Тому вони надзвичайно похилі і непомітні для суден у відкритому морі. Швидкість поширення цих хвиль дуже велика (400–800 км/год) (рис. 7). Залежно від відстані від епіцентру землетрусу цунамі приходять до узбережжя за десятки хвилин, а то й годин. Поштовхи від землетрусу, які фіксують сейсмографи, передаються по земній корі в кілька разів швидше [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Цунамі поширюються в напрямі, перпендикулярному лінії скиду, із швидкістю, пропорційною глибині океану:

$$C = 360 \sqrt{H}, \text{ де}$$

C – швидкість поширення цунамі, км/год; H – середня глибина, км.



Рис. 7. Хвиля цунамі та швидкість її поширення по Тихому океану; хвиля виникла внаслідок землетрусу в Чілі 1960 р., за П. Якесом [Мізерський, 2011]

*Внутрішні хвилі* – це коливальні хвильові рухи в товщі води океанів і морів, які виникають на межі двох шарів води різної густини в товщі вод Світового океану. Зазвичай ці шари рухаються із різною швидкістю відносно один одного, що порушує їхню рівновагу. У результаті частинки води занурюються на глибину у більш густіші шари, звідки архімедові сили плавучості виштовхують їх вверх. Пройшовши за інерцією положення рівноваги і опинившись у верхніх, легших шарах, частинка знову починає тонути. Виниклі таким чином коливання шарів води і є внутрішні хвилі. Їх висоти можуть сягати десятків і навіть сотень метрів, але на поверхні внутрішні хвилі наскільки мало проявляються, що майже не помітні. Відомі випадки, коли дію внутрішніх хвиль відчували надводні і підводні судна. Наприклад, корабель «Фрам» Нансена при підході до межі льоду різко зменшив хід, хоча машина працювала на повних обертах, ніяких видимих перепон не було помітно. Як виявилось, причиною цього була «мертва вода», тобто дуже розвинені тут внутрішні хвилі. Ефект «мертвої води» пояснюється затратами енергії машин суден на подолання внутрішніх хвиль, внаслідок чого швидкість корабля

знижується. Під час підводного плавання на мезоскафі «Бен Франклін» в Гольфстрімі керівник експедиції Жак Пікар відмітив, що внутрішні хвилі періодично піднімали «Бен Франклін» вгору на 30 м і через кілька хвилин опускали на 50 м вниз.

*Корабельні хвилі* виникають під час руху корабля. Одночасно утворюються *поперечні* і *косі* хвилі. Фронт поперечних хвиль перпендикулярний до напрямку руху судна, фронт косих становить з ним певний кут, величина якого залежить від відношення швидкості судна до глибини моря (у середньому він дорівнює 18–20°). На утворення корабельних хвиль витрачається частина потужності двигунів, яка при значних швидкостях судна перевищує втрату потужності на тертя об воду. Тому утворення корабельних хвиль призводить до втрати швидкості судном. Величина втрат збільшується зі збільшенням швидкості судна [Хільчевський, Дубняк, 2008].

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Проаналізуйте, користуючись лекційним матеріалом, Інтернет-ресурсами, науковими публікаціями, хвильовий режим Чорного і Азовського морів.
2. Підготуйте коротке повідомлення про внутрішні хвилі, наведіть приклади їхнього прояву у Світовому океані.

### **Контрольні питання**

1. Які причини хвилювання вод Світового океану ?
2. Як утворюються вітрові хвилі ?
3. На яких широтах Світового океану повторюваність вітрового хвилювання досягає найбільших і найменших величин ?
4. Що таке цунамі і як вони утворюються ?
5. Яка швидкість поширення цунамі ?
6. Що таке сейші та де вони трапляються ?
7. Охарактеризуйте внутрішні хвилі.

### ***Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела***

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Карпенко Н. І. Рельєф морських берегів : навч. посіб. : для вищих навч. закл. Львів : Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. 308 с.
3. Мізерський В. Динамічна геологія (Загальна геологія) : навч. посібник. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2011. 356 с.
4. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
5. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

## Практична робота № 14

**Тема:** Припливно-відпливні явища.

**Мета:** З'ясувати причини виникнення океанічних припливів і відпливів, їх класифікацію, величини, поширення найбільших припливів у Світовому океані.

**Основні терміни і поняття:** приплив, відплив, висока повна вода, низька повна вода, висока мала вода, низька мала вода, висота припливу, величина припливу, амплітуда припливу, місячна доба, сизигія, квадратура.

### Аудиторні завдання:

1. Проаналізуйте карту характеру і найбільш можливих величин припливів («Атлас океанів») та дайте відповіді на питання: а) в яких межах змінюється максимальна висота припливів біля берегів материків? б) у яких морях і затоках Світового океану припливи досягають максимальних і мінімальних величин?

2. Схематично зобразіть у робочих зошитах, використовуючи **рис. 1** методичних рекомендацій, основні характеристики змін припливних рівнів.

3. Підготуйте повідомлення на тему за варіантами: «Практичне значення вивчення припливів», «Припливи у Атлантиці», «Припливи Тихого океану», «Припливно-відпливні явища Індійського океану», «Припливи у Північному Льодовитому океані».

### Теоретичні відомості з даної теми

Припливно-відпливні хвилі виникають під дією припливоформуєчих сил Місяця і Сонця і охоплюють усю масу вод Світового океану. Їх висота визначається величиною самих сил, а в міру наближення до берегів, ще й глибиною та рельєфом дна.

Припливно-відпливні явища у Світовому океані – це періодичні коливання рівня води і течії, які виникають під дією притягання Місяця і Сонця. Фази підйому і спаду рівня називають відповідно *припливом* і *відпливом*. Найвищий рівень, який спостерігається під час припливу – це *повна вода*, найнижчий рівень у період відпливу – *мала вода*. Протягом доби можуть спостерігатися дві повні і дві малі води. Тоді серед них розрізняють *високу* і *низьку* повну і малу води (**рис. 1**).

*Висотою припливу* називають перевищення припливного рівня в даний момент часу над *нулем глибин*. Під останнім розуміють умовну горизонтальну поверхню, розташовану нижче найнижчого припливного рівня.

Під *величиною припливу* розуміють різницю рівнів сусідніх повної і малої вод. Вона може бути *великою* або *малою*. *Амплітуда припливу* – це половина його величини, яка визначається як висота повної води над середнім припливним рівнем.

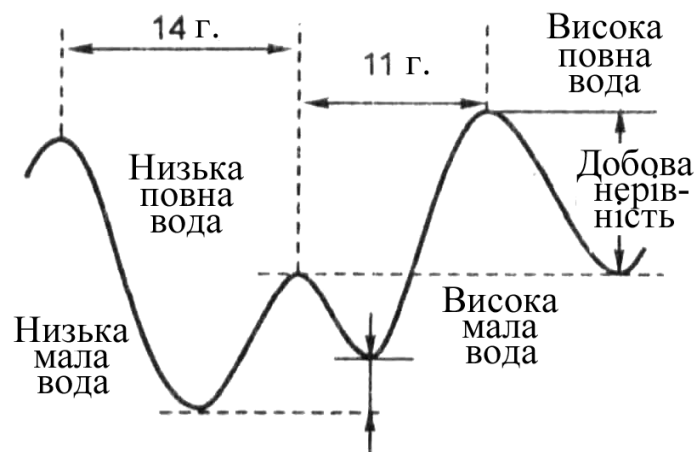


Рис. 1. Параметри припливних рівнів

Проміжки часу між моментами повної і наступної малої вод та, навпаки, між моментами малої і наступної повної вод називаються відповідно *тривалістю падіння і тривалістю зростання рівня*. Проміжок часу між сусідніми повними чи малими водами називається *періодом припливу*. Залежно від періоду розрізняють припливи: *півдобові, добові та змішані*.

Період півдобових припливів у середньому складає 12 год 25 хв. При цьому типі припливів протягом *місячної доби* (проміжок між двома сусідніми кульмінаціями Місяця), яка становить 24 год 50 хв, регулярно спостерігаються дві повні і дві малі води. Тривалості зростання і падіння рівня при півдобових припливах однакові, а висоти послідовних повних і малих вод майже рівні і закономірно змінюються протягом місяця.

При добових припливах протягом місячної доби спостерігаються одна повна і одна мала вода. Часто буває також, що протягом місяця явище змінює свою періодичність, наближаючись то до півдобового, то до добового типу. Такі припливи називаються *змішаними*. Змішані припливи поділяються на *неправильні півдобові та неправильні добові* залежно від того, до якого типу припливу (півдобового чи добового) вони більш близькі [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Припливно-відпливні коливання рівня зумовлені спільним впливом притягання Місяця і Сонця. Місячна припливотворна сила визначає основні риси припливних явищ на Землі. Вершина припливної хвилі слідує за Місяцем, який здійснює добовий рух навколо Землі. Повна вода настає після проходження Місяця через меридіан даного місця (цей момент називається *кульмінацією Місяця*). Проміжок часу між кульмінацією Місяця і моментом настання найближчої повної води називається *місячним проміжком*, а його середня величина – *середньою прикладною годиною*.

Якщо Місяць і Сонце кульмінують одночасно (знаходяться на одній лінії із Землею – *сизигія*), величини припливів бувають найбільшими.

Якщо ж Місяць і Сонце кульмінують через 6 год 12 хв (утворюють із Землею прямий кут – *квадратура*), величини припливів стають найменшими. У першому випадку припливи називають *сизигійними*, у другому – *квадратурними* (рис. 2).

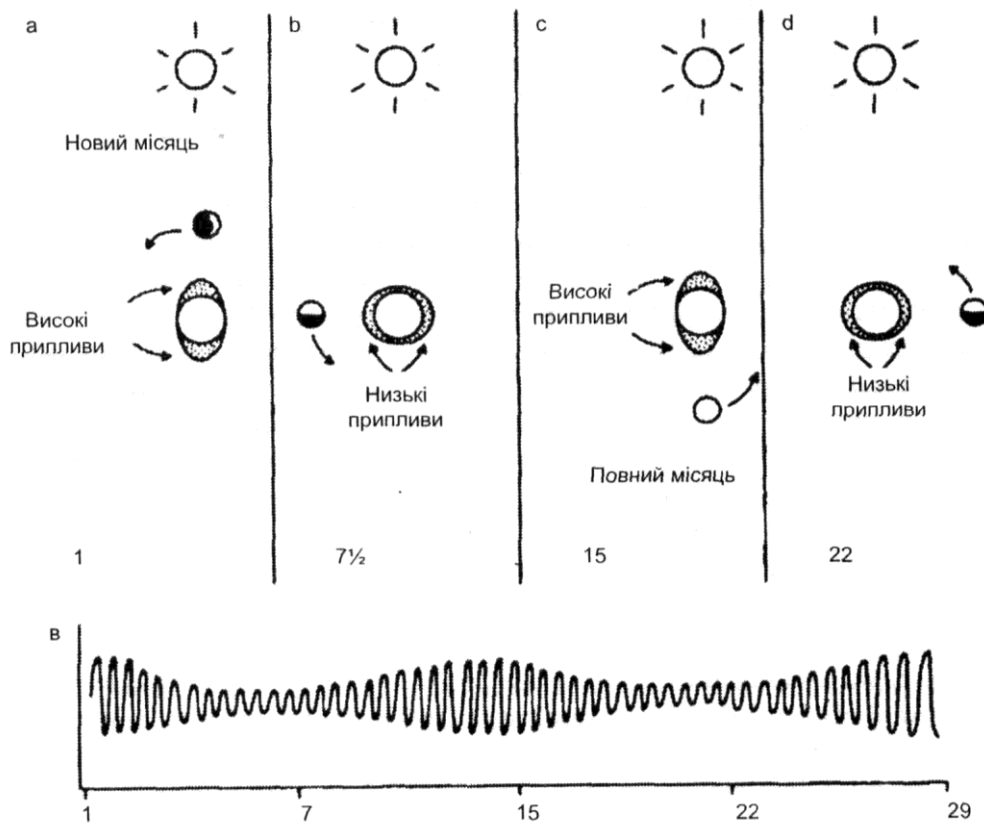
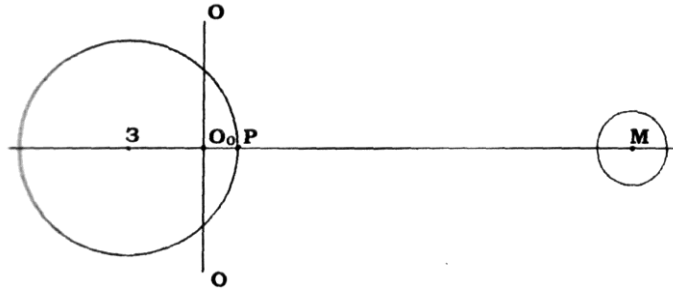


Рис. 2. Схема взаємодії приливуутворюючих сил Місяця і Сонця (за Г. О. Саф'яновим) [Карпенко, 2009]

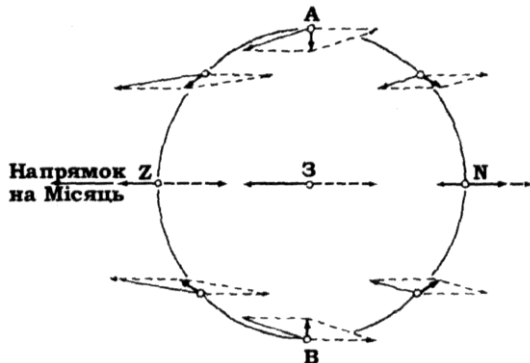
Люди здавна звернули увагу на відповідність припливів фазам і схиленням Місяця. Але тільки І. Ньютон на основі відкритого ним закону всесвітнього тяжіння розкрив механізм припливних явищ, які виникають унаслідок взаємного притягання будь-яких двох небесних тіл. Масштаб припливних явищ залежить, за Ньютоном, від розміру небесних тіл і відстані між ними. З цієї причини припливи, викликані Місяцем, найбільші.

Як відомо, Земля і Місяць утворюють систему небесних тіл, що обертаються навколо спільного центру мас. Вони виконують повний оберт навколо цього центру за 27,3 доби (*місячний місяць*). Окрім цього, Земля щодоби здійснює повний оберт навколо своєї осі. Унаслідок взаємного притягання і відцентрових сил у системі Земля–Місяць на кожен частинку води Світового океану діють сили притягання Землі і Місяця і відцентрові сили добового обертання Землі і спільного обертання системи Земля–Місяць (рис. 3–5).

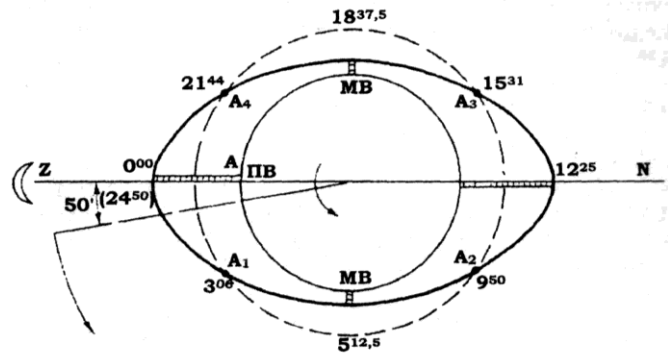




**Рис. 3. Схема системи Земля – Місяць:** З і М. – центри Землі і Місяця; OO – вісь обертання системи; O<sub>0</sub> – центр обертання системи; ZO<sub>0</sub> (r<sub>Z</sub>) і MO<sub>0</sub> (r<sub>M</sub>) – відстані від центру Землі і Місяця до центру обертання системи; ZP (R<sub>Z</sub>) – радіус Землі [Хільчевський, Дубняк, 2008]



**Рис. 4. Припливотвірні сили Місяця.** Тонкі стрілки – сили притягання; тонкі пунктирні стрілки – відцентрова сила; товсті стрілки – рівнодійна сила [Хільчевський, Дубняк, 2008]



**Рис. 5. Схема припливних коливань рівня** [Хільчевський, Дубняк, 2008]

Сили притягання й обертання Землі в кожній точці океану постійні в часі, їх рівнодійна є силою тяжіння. Тому вони не утворюють припливів.

Сила притягання Місяця і відцентрова від спільного обертання системи Земля–Місяць змінюються в даній точці Землі залежно від місцезнаходження Місяця. Рівнодійна цих сил і є припливотвірною силою [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Припливи бувають добові (один підйом і одне зниження рівня на добу), напівдобові (два рази на добу спостерігається піднімання і спадання води) і змішані. В океанах і морях переважають напівдобові припливи і в меншій мірі поширені добові і змішані. Величини припливів дуже залежать від місцевих фізико-географічних умов: конфігурації берегів, рельєфу дна і т. ін.). У прибережних ділянках величини припливів досить різняться. Зазвичай вони 1–3 м, нерідко досягають 4–6 м, а місцями і більші. Найбільша у Світовому океані величина припливів спостерігається в Атлантичному океані, в затоці Фанді, розміщеній між материковою частиною Північної Америки і півостровом Нова Шотландія. Високі припливи (12–13 м) зафіксовані в Тихому океані, в Пенжинській затоці Охотського моря. Величина припливів 7–10 м відмічається в Мезенській затоці Білого моря і Кольській затоці Баренцевого моря. Утворення великих припливів пояснюється конфігурацією берегів і рельєфом дна. Затока зазвичай поступово звужується від відкритого моря до своєї вершини, і в тому ж напрямку зменшуються глибини, тому припливна хвиля ніби зжимається з боків і знизу і тому росте вгору.

Максимальна величина припливів у відкритому океані становить близько 80 см. Спостереження на островах в океані підтверджують ці висновки. Так, на о. Святої Єлени (Атлантичний океан) величина сизигійного припливу становить 80 см, на о. Маврикій (Індійський океан) – 50 см, на о. Гуам (Тихий океан) – 80 см. На інших океанічних островах величина припливу мало відрізняється від максимальної теоретичної. Лише на о. Мадейра вона досягає 2 м, а на Канарських островах – 2,5 м.

З наближенням до берегів зменшуються глибини й ускладнюється рельєф дна. Це може вносити великі зміни в той характер припливів, який мав місце у відкритому океані. Поблизу висунутих у море мисів і нерозчленованих берегів величина припливу не перевищує 3 м. 5–6-метрові припливи зустрічаються лише в протоках, вершинах заток і гирлах річок. Найбільш значні величини припливів спостерігаються у воронкоподібних затоках, наприклад: у Пенжинській губі Охотського моря – до 13 м або в затоці Фанді (східне узбережжя Північної Америки) – до 18 м.

Припливи у гирлах річок, поширюючись вверх по річці, викликають дуже помітні коливання рівня води. Зближення гребеню і підшви припливної хвилі створює у деяких річках явище, що називається бором\* (Англія), маскаре (Франція), поророка – руйнівник (Бразилія), амазуну – гримуча вода (індійська назва бора на Амазонці), чау-чау – великий приплив (Китай і ін.) Явище бора полягає у тому, що після малої води передній, уже доволі крутий схил припливної хвилі, що входить у річку, під дією зустрічного річкового потоку, звуження русла і тертя об дно стає майже стрімким і поширюється з великою швидкістю вверх річкою у вигляді крутого валу, що піниться. Після проходження бора рівень продовжує підніматися, поки не досягне максимуму у момент повної води. Явище бора спостерігається на річках Северн, Трент (Англія), Птикодіак (Канада), на річках Франції і Китаю. Зазвичай виникає у сизигійні припливи. Його висота не більше 2–3 м, а швидкість – 4,5–5 м/с. Поширюється вверх по річці до 70–80 км. Є річки, де явище бора є дуже потужним: на р. Амазонці (в сизигію досягає висоти 7,5 км, швидкість 6 м/с, піднімається вверх на 300 км із гуркотом, який розноситься на десятки кілометрів); на р. Тунцзян, що впадає у затоку Ханчжоувань (Східно-Китайське море) (досягає в сизигію висоти 8 м при крутизні від 40 до 70°, швидкість переміщення до 6,5 м/с); бенгальський бор, що виникає у бенгальській дельті, де сходяться гирла річок Гангу, Брахмапутри і Мегхни (досягає у сизигію 9 м і більше, рухається із швидкістю 7,5 м/с).

У Світовому океані найбільш поширені півдобові припливи. В Атлантичному океані правильний півдобовий приплив спостерігається в більшості районів. Лише в Мексиканській затоці та Карибському морі зустрічаються добові та неправильні добові припливи. Уздовж західних берегів Америки в Тихому океані переважають неправильні півдобові припливи. Біля західних берегів Тихого океану (на схід від узбережжя Азії та Австралії) можна зустріти всі типи припливів, причому переважають змішані припливи (неправильні добові та неправильні півдобові).

---

\*Бор (від старонорвезького *bara* – хвиля, брижі) аномально висока припливна хвиля. Яка виникає у гирлах деяких річок і вузьких заток, та рухається вгору їхніми рукавами.



В Індійському океані спостерігаються півдобові та неправильні півдобові припливи, біля західних берегів Австралії – всі типи припливів.

Найбільше різноманіття у величинах і характері припливів спостерігається в морях. У ряді випадків на невеликій відстані в кілька десятків кілометрів півдобові припливи переходять у змішані і навіть у добові. Ще більші зміни відбуваються з величинами припливу. Наприклад, у Білому морі на відстані 20 км величина припливу змінюється від 5 до 80 см, а ще через 30 км припливи досягають 3,5 м. У тому ж Білому морі існує район, де на відстані 50 км величина припливів змінюється від 3 до 8 м [Хільчевський, Дубняк, 2008].

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Використовуючи навчальний посібник [Хільчевський, Дубняк, 2008, С. 131], зробіть схематичний рисунок «Елементи припливу», де зазначте: середній рівень моря, нуль глибин, висоту середнього рівня над нулем глибин, висоти високої і низької повних вод, висоти високої і низької малих вод, добові нерівності висоти повних і малих вод, велику і малу величини припливу, місячний проміжок.

### **Контрольні питання**

1. Причини виникнення припливно-відпливних хвиль.
2. Поясніть поняття «висота припливу», «амплітуда припливу».
3. Що таке період припливу ?
4. Який період півдобових припливів ?
5. Поясніть різницю між сизігійними і квадратурними припливами.
6. За яких умов спостерігаються найбільші і найменші величини припливів ?
7. У яких районах земної кулі величина припливів має максимальне і мінімальне значення ?

### ***Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела***

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Карпенко Н. І. Рельєф морських берегів : навч. посіб. : для вищих навч. закл. Львів : Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. 308 с.
3. Мізерський В. Динамічна геологія (Загальна геологія) : навч. посібник. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2011. 356 с.
4. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
5. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

## Практична робота № 15

**Тема:** Течії в океанах і морях.

**Мета:** З'ясувати причини виникнення, поширення течій в океанічних водах, вивчити класифікацію течій.

**Основні терміни і поняття:** циркуляція вод, течія, апвелінг.

**Аудиторні завдання:**

1. Нанесіть на контурну карту світу основні океанічні течії (для літа північної півкулі). Течії покажіть стрілками і підпишіть їх назви. Позначте різними кольорами теплі течії, холодні і нейтральні.

2. Проаналізуйте океанічні течії. Виявіть особливості циркуляції вод в тропічних, помірних і приполярних широтах північної та південної півкуль. Поясніть їх.

3. Класифікуйте течії Світового океану за генетичними типами.

4. Використовуючи атласи, посібники, Інтернет-ресурс, дайте письмову характеристику однієї з течій Світового океану за планом: місцезнаходження течії; напрям руху, ширина потоку води; швидкість течії; об'єм маси води, що переноситься; фізико-хімічні особливості (солоність, температура, густина, вміст кисню), значення для прилеглих материків.

5. Визначте швидкість дрейфової течії: на екваторі при швидкості вітру 4 м/с; на 30° широти при швидкості вітру 5 м/с; на 60° широти при швидкості вітру 7 м/с.

*Швидкість руху дрейфових течій визначається за формулою:*

$$v = A \frac{w}{\sqrt{\sin \varphi}}$$

*де  $v$  – швидкість руху дрейфових течій,  $A$  – вітровий коефіцієнт (0,013),  $w$  – швидкість вітру,  $\varphi$  – географічна широта місцевості в градусах.*

6. Нанесіть на контурну карту течії Баренцевого, Білого, Балтійського і Чорного морів. Поясніть напрям течій.

7. Нанесіть на контурну карту світу напрям течій у протоках Флоридській, Босфор, Гібралтарській, Дейвіса, Лаперуза, Керченській, Горло Білого моря.

### Теоретичні відомості з даної теми

*Течії* – це поступальний рух води з одного місця океану або моря в інше. Часто такий рух охоплює величезні маси океанічних вод певної глибини. В океані перенесення частинок води з одного району в інший відбувається на тисячі кілометрів. Течії поширені по всій товщі вод Світового океану. У верхніх шарах вони найбільш різноманітні і потужні. На великих глибинах і біля дна існують значно повільніші переміщення водних мас переважно в напрямку, зворотному до поверхневої течії.

Морські течії поділяються за такими ознаками:

1) За походженням – *вітрові, генетичні, припливно-відпливні* тощо.

2) За тривалістю чи сталістю – *постійні, тимчасові* (неперіодичні) і *періодичні*. *Постійними* називають течії, які завжди спостерігаються в одних і тих же місцях океану і характеризуються певним генеральним напрямком (Гольфстрім, Куросіо, пасатні течії). *Тимчасові* (неперіодичні) течії виникають і існують завдяки неперіодичним впливам зовнішніх сил, у першу чергу – вітру. *Періодичні* течії повторюються через рівні проміжки часу в певній послідовності (наприклад, припливно-відпливні).

3) За глибиною розташування – *поверхневі, глибинні та придонні*.

4) За характером руху – *прямолінійні і криволінійні*. Останні, у свою чергу, поділяються на циклональні та антициклональні.

5) За фізико-хімічними властивостями водних мас, що переносяться, – *теплі і холодні*, а також *солоні і розпріснені*. У північній півкулі, як правило, течії, які рухаються в північному напрямку, є теплими, а ті, що рухаються на південь, – холодними. У південній півкулі – навпаки [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Основною є класифікація за *походженням*. Виділяють:

- фрикційні (дія повітря, що рухається, на поверхню води),
- гравітаційно-градієнтні (вирівнювання поверхні води під дією сил тяжіння),
- припливно-відпливні (дія горизонтальної складової припливно-утворювальних сил).

В океані рідко спостерігаються течії, викликані однією силою. Найбільш потужні течії Світового океану утворені під впливом низки чинників (табл. 1). Наприклад, Гольфстрім є одночасно густинною, вітровою і стоковою течією.

Океанічним течіям властиво утворювати вузькі, шириною 100–300 км потоки, що течуть із швидкістю 2 м/с. Утворення таких течій відбувається не лише у прибережній зоні, а і вдалині від берегів. Прикладом такого потоку може бути Гольфстрім. Берегів у океанічного потоку немає, тому його положення може змінюватися. Часто потік втрачає стійкість, утворює вигин, що переміщується у напрямку течії. Такі вигини називаються меандрами (від назви річки Майандрос у Малій Азії, яка тече по пухкому ґрунту і дуже часто змінює русло, розмиваючи його. Меандруючи, течія може роздвоюватися, відокремлювати окремі потоки, створювати у океані колообіги діаметром кілька сотень кілометрів. Відомим прикладом таких рингів є ринги Гольфстріму, Куросіо. Такі вихори повільно переміщуються океаном і не зникають довгий період. Вихреві структури добре прослідковуються на супутникових зображеннях океанічної поверхневої температури чи по швидкісному полю, отриманому за допомогою дрефтерів. Вихреві рухи притаманні океану у значно більшій мірі, ніж вважалося раніше, коли думали, що основна енергія океанічних вод закладена в його могутніх стаціонарних крупномасштабних течіях.

*Гольфстрім* має назву із-за помилкової у свій час думки, що зароджується течія у Мексиканській затоці (у перекладі з англійської «течія затоки»). За сучасними уявленнями, власне Гольфстрім формується у районі на північний захід від Малої Багамської банки у результаті злиття Антильської і Флоридської течій. Найбільші швидкості на поверхні течії 3 м/с. По обох боках від потоку в нешироких смугах (до 100–110 км) спостерігаються малі вихори діаметром 50–60 м і більше. Вони утворюються у результаті відриву деяких мас води від основного потоку Гольфстріму. Зліва по відношенню до напрямку потоку виникають циклонічні вихори, вода в яких обертається проти годинникової стрілки, а із правого боку – антициклональні, де вода обертається за годинниковою стрілкою. Деколи під час відокремлення меандр утворюються вихори діаметром 100–300 км і товщиною від тисячі до кількох тисяч метрів. Швидкість руху води в них досягає деколи 300 см/с. Такі вихори можуть існувати від кількох місяців до кількох років. Вихори, що утворилися із меандр Гольфстріму, переносять теплі води на північ, а холодні – на південь.

*Куросіо* відіграє важливу роль у загальній циркуляції Тихого океану. Течія починається південніше Тайваню і прямує на північний схід. Ширина потоку Куросіо 170 км, в глибину воно проникає до горизонту 700 м. Швидкості Куросіо на поверхні складають 30–50–70 см/с, а іноді навіть 1,5 м/с, з глибиною швидкість дуже знижується і на нижній межі потоку близька до 10 см/с. У Куросіо добре розвинуті процесі вихороутворення. Зправа від потоку формуються антициклональні вихори, у яких переважає опускання води. Зліва від потоку утворюються циклонічні вихори, де відбувається підйом води. Зазвичай антициклональні вихори ширші і глибокі (вони поширюються приблизно до горизонту 500 м), ніж циклонічні, які проникають тільки до 100 м.

*Ель-Ніньйо* – невелика за океанічними масштабами течія, що знаходиться біля північно-західної окраїни Південної Америки. Вона спускається від району Панамської затоки на південь вздовж берегів Колумбії, Еквадора, Перу, досягаючи деколи до півночі Чилі. Це дуже своєрідна течія, яку правильніше називати «явище Ель-Ніньйо». Це теплі води, які час від часу (приблизно раз в 7 років, але бували інтервали і в 4, і в 18 років) приходять у великій кількості і покривають холодні води Перуанської холодної течії, відтісняючи апвелінг від берега у відкритий океан. Із-за різкого потепління води (на 10–14 °С) косяки промислових риб, що пристосувалися до умов низьких температур апвелінга, ідуть від берега. В результаті розоряються рибалки, гинуть у масових кількостях птахи, що харчуються цією рибою, різко погіршуються погодні умови у Еквадорі і в Перу, де ідуть потужні зливи, що призводять до катастрофічних повеней. Течія зазвичай активізується взимку, близько до свята Різдва, і функціонує близько півроку (Ель-Ніньйо у перекладі з іспанської означає «малюк», «немовля»). Причина виникнення Ель-Ніньйо – не в місцевих особливостях районів локалізації течії, а в особливостях глобальної системи циркуляції атмосфери. Встановлений зв'язок Ель-Ніньйо з т. з. Південним коливанням атмосферного тиску в південних широтах – з високим тиском в Тихому океані і низьким – в Індійському, чи навпаки. Це коливання призводить до суттєвих змін в системі пасатів і мусонів і відображається навіть на характері мусонних опадів у Індії. Тобто мала течія Ель-Ніньйо – це відображення глобального процесу змін атмосферної і океанічної циркуляції.

## Найбільші течії Світового океану

Океан	Назва течії
Тихий	Північна пасатна (Північна Екваторіальна), Південна пасатна (Південна Екваторіальна), Міжпасатна (Екваторіальна протитечія), Куросіо, Камчатська, Курильська Північнотихоокеанська (Гавайська), Алеутська, Аляскінська, Каліфорнійська, Східноавстралійська, Перуанська, Західних вітрів, Ель-Ніньйо
Індійський	Південна пасатна (Південна Екваторіальна), Міжпасатна (Екваторіальна протитечія), Сомалійська, Мадагаскарська, Мозамбікська, Мису Голкового, Західних вітрів, Західноавстралійська
Північний Льодовитий	Норвезька, Нордкапська, Шпіцбергенська, Східногренландська, Західногренландська, Арктичного дрейфу
Атлантичний	Північна пасатна (Північна Екваторіальна), Південна пасатна (Південна Екваторіальна), Міжпасатна (Екваторіальна протитечія), Лабрадорська, Гвіанська, Флорідська, Антільська, Гольфстрім, Північноатлантична, Ірмінгера, Канарська, Бразильська, Фолклендська, Західних вітрів, Бенгальська, Гвінейська, Португальська

На всі течії впливають: сили Коріоліса, що відхиляє їх у північній півкулі праворуч, а в південній – ліворуч від напрямку руху; сила тертя, яка сповільнює їх рух і зумовлює завихрення на межі шарів з різною густиною; відцентрова сила.

Найбільше значення в циркуляції вод Світового океану мають фрикційні течії, зокрема дрейфові. Їх зумовлюють постійні пануючі вітри. Вітрові течії на відміну від дрейфових, створюються тимчасовими і нетривалими вітрами.

Течії в морях зумовлюються тими ж причинами, що й в океанах, але обмеженість розмірів морів, менші глибини та інші місцеві умови надають їм певних особливостей. Течії в протоках мають певні особливості, за якими їх поділяють на проточні і обмінні.

Основні чинники, що визначають циркуляцію глибинних вод, – температура і солоність. У приполярних районах Світового океану вода на поверхні охолоджується. Під час утворення льоду із нього виділяються солі, які додатково осолонюють воду. В результаті вода стає більш густою і опускається на глибину. Області інтенсивного утворення глибинних вод знаходяться на півночі Атлантичного океану біля Гренландії і в морях Уеделла і Росса біля Антарктиди. Із приполярних районів глибинні води поширюються океанами. Швидкість руху їх дуже мала. Наприклад, антарктичним глибинним водам на перетин Тихого океану з півдня на північ потрібно десятки років. Поширення глибинних вод суттєво залежить від рельєфу дна.

Встановлено, наприклад, що північноатлантичні глибинні води, слідуючи рельєфу дна, перетинають Атлантичний океан і частково залучаються в потужну течію Західних вітрів. Райони інтенсивного формування глибинних вод знаходяться на південний захід від Гренландії і в приатлантичному і притихоокеанському районах Антарктиди. Звідси вони по глибоких районах розтікаються в різних напрямках, проникаючи у центральні і північні райони Світового океану. Починаючи з 1950-х років почалися відкриття під поверхневих і глибинних протитечій. Підповерхневі протитечії були виявлені в екваторіальних зонах Тихого (течія Кромвеля), Атлантичного (течія Ломоносова), Індійського (течія Тарєєва) океанів. Підповерхневі течії спрямовані із заходу на схід. Це ціла система протитечій протяжністю 26 тис. км, що переносить 80 млн м<sup>3</sup>/с води. Вона складається із трьох струменів: серединної, найпотужнішої на екваторі, і двох симетричних – в північній і південній півкулях. Екваторіальна частина охоплює шар 50–300 м і має швидкість 1,5 м/с. Глибинні протитечії виявлені під Гольфстрімом і Куросію. Верхня межа протитечій знаходиться на глибинах 1000–2000 м. Швидкості зазвичай не перевищують 0,2–0,3 м/с.

Важливою рисою циркуляції океанічних вод є апвелінг (*upwelling*) – підйом водних мас, і даунвелінг (*downwelling*) – опускання водних мас. Апвелінг і даунвелінг виникають біля берегів при дії на значній водній акваторії дотичного у напрямку берега вітру (в північній півкулі). При такому напрямку швидкості вітру переніс водної маси може бути спрямований до берега (в такому випадку виникає даунвелінг) чи від берега – у цьому випадку виникає апвелінг.

Термін *апвелінг* походить від англійського слова «спливання» і означає вертикальний висхідний рух води. Це явище відіграє значну роль у процесі обміну поверхневими і глибинними водами океану. Глибинні води, багаті біогенними речовинами, виходячи на поверхню в освітлену, евфотичну зону, дають можливість збільшити продуктивність водної маси, бо при цьому зростає кількість первинної продукції. Апвелінги виникають в результаті особливої динаміки води: у відкритому океані – в районах дивергенції течій, а в прибережній зоні апвелінги – це ефект, що з'являється при дії згінних вітрів. Більше значення мають апвелінги прибережні. Ширина зони апвелінга залежить від району і чинників, що його створюють. Зазвичай інтенсивне піднімання води відбувається у смузі 10–30 км від берега, причому швидкість вертикального потоку складає 10<sup>-2</sup> см/с, а глибина поширення – 25–50 м. У Світовому океані існує кілька стаціонарних прибережних апвелінгів. Зазвичай, біля західних узбереж материків: в Атлантичному океані це Канарський (Західно-Африканський), Гвінейський, Бенгельський, Бразильський, Південно-Африканський. Останній можна віднести і до Індійського океану, у якому є ще Сомалійський апвелінг. В Тихому океані існує стаціонарний Перуанський апвелінг, Каліфорнійський стаціонарний і Орегонський сезонний. Виявлений також апвелінг і в Північному Льодовитому океані, що розміщений у морі Бофорта. Він характерний тим, що на поверхню піднімається не холодна, а тепла вода атлантичного походження (теплий «прошарок»). Апвелінги виявлені і в морях: у Каспійському морі влітку біля східного берега, на Чорному морі нерідко виникають короткочасні вітрові апвелінги, що знижують температуру прибережної зони на 3–5 °С за короткі проміжки часу.

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Письмово у робочих зошитах проаналізуйте циркуляцію поверхневих і глибинних вод Чорного моря. Поверхневі течії зобразіть у вигляді схеми (скористайтеся рис. 16.2, С. 234 [Хільчевський, Дубняк, 2008]).

2. Письмово у робочих зошитах проаналізуйте циркуляцію поверхневих і глибинних вод Азовського моря (скористайтеся рис. 16.3, С. 240 [Хільчевський, Дубняк, 2008]).

### **Контрольні питання**

1. Які причини поверхневих течій в океанах та морях ?
2. На які типи поділяють течії залежно від їх походження, тривалості і стійкості, глибини розміщення та фізико-хімічних характеристик ?
3. Які течії називають дрейфовими і які їх закономірності ?
4. Які причини виникнення протитечій ?
5. Що характерне для циркуляції вод тропічних широт ?
6. Що характерне для циркуляції вод помірних широт ?
7. Які чинники визначають рух води в морях ?
8. Як поділяють протоки за характером у них течій ?

### ***Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела***

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Карпенко Н. І. Рельєф морських берегів : навч. посіб. : для вищих навч. закл. Львів : Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. 308 с.
3. Мізерський В. Динамічна геологія (Загальна геологія) : навч. посібник. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2011. 356 с.
4. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
5. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів : навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.



## Практична робота № 16

**Тема:** Міжнародно-правове регулювання дослідження і використання морського середовища.

**Мета:** З'ясувати правову регламентацію внутрішніх морських вод кожної держави, яка має вихід до моря, територіальних вод та вод відкритого моря.

**Основні терміни і поняття:** внутрішні морські води, територіальні води (територіальне море), відкрите море.

### Аудиторні завдання:

1. Проаналізуйте карти атласів, теоретичні відомості, лекційний матеріал, випишіть у робочі зошити головні міжнародні протоки та міжнародні канали.

2. Підготуйте коротке повідомлення про одну із міжнародних проток (варіанти: Гібралтарська, Ла-Манш, Па-де-Кале, Баб-ель-Мандебська, Сінгапурська, Магелланова та ін.) та каналів (Суецький, Панамський та ін.).

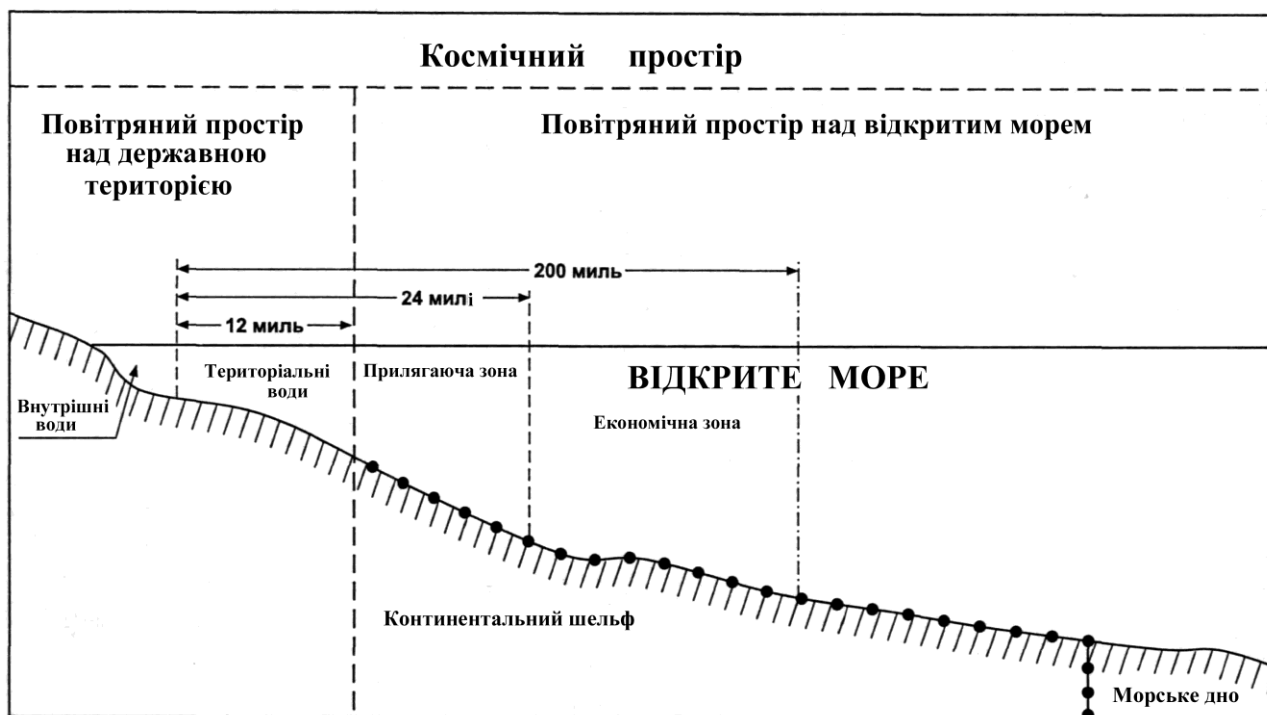
### Теоретичні відомості з даної теми

У океанах і морях проводиться промисловий видобуток природних багатств Світового океану. Повинні існувати єдині міжнародно-правові норми використання Світового океану. Основою регулювання різнобічних заходів держав у Світовому океані слугує міжнародне морське право – система принципів і норм, що визначають правове положення різних морських просторів (Конвенція із морського права, 1982 р.). Головний критерій правового розмежування морських просторів – межі поширення суверенних прав держав на найближчі до них води. За цією ознакою виділяються: територіальні води (територіальне море), відкрите море, континентальний шельф прибережної держави, морське дно за межами континентального шельфу, виключна економічна зона (рис. 1).

Міжнародно-правовий режим дослідження і використання морського середовища включає міжнародно-правове регулювання рибальства та інших морських промислів в океані, що встановлюється з метою раціонального промислу, яке не порушує відтворення біомаси океану; міжнародно-правовий режим дна і надр; міжнародно-правовий режим наукових досліджень, що має на меті забезпечення сприятливих умов для проведення багатосторонніх досліджень океану, а також атмосфери і космосу з морських акваторій; міжнародно-правовий режим акваторій океану, що включає правову регламентацію внутрішніх морських вод кожної держави, яка має вихід до моря, територіальних вод та вод відкритого моря [Хільчевський, Дубняк, 2008].

*Внутрішні морські води* – це насамперед моря, обмежені з усіх боків сушею, яка становить територію лише однієї держави. До внутрішніх морських вод відносять також порти, внутрішні і зовнішні рейди та бухти, береги яких належать одній державі. Затоки вважаються внутрішніми морськими водами,

якщо ширина входу в них не перевищує 24 милі, а береги належать одній державі. Режим внутрішніх морських вод поширюється також і на так звані історичні затоки (наприклад, Біскайська затока). Внутрішні морські води повністю входять до юрисдикції прибережної держави, правила судноплавства і рибальства в них встановлюються виключно законами даної держави. Допуск суден іноземних держав у внутрішні морські води дозволяється лише на основі міжнародних угод.



**Рис. 1. Правові просторові поняття**

*Територіальні води* (ТВ) (територіальне море) – це морський пояс, який прилягає до узбережжя чи внутрішніх морських вод держави і складає частину її території. На територіальні води, їх поверхню та надра, повітряний простір над ними поширюється суверенітет прибережної держави. Режим територіальних вод регулюється міжнародною Конвенцією про територіальне море і прилеглу зону 1958 р., а також внутрішнім законодавством окремої держави. Відлік ТВ здійснюється від лінії найбільшого відпливу або від кордонів внутрішніх вод. Міжнародне право не допускає розширення територіальних вод за межі 12 миль\*, хоча деякі держави Південної Америки в односторонньому порядку встановили більш широкі межі територіальних вод (до 200 миль). Судна всіх держав користуються правом мирного проходу через територіальні води за умови дотримання положень Конвенції. Прохід не повинен порушувати безпеку прибережного поясу держави, підводні човни можуть проходити лише в надводному положенні і т. ін. Деякі держави

\*Морська миля – одиниця вимірювання відстані, що використовується у мореплавстві і авіації. З 1929 р. міжнародна морська миля дорівнює 1852,3 м.

встановили, що іноземні військові кораблі можуть проходити через їхні територіальні води і заходити у внутрішні морські води лише за умови попереднього дозволу уряду. Морський промисел, гідрографічні роботи та дослідження в територіальних водах більшості держав (за відсутності спеціальних угод) забороняються [Хільчевський, Дубняк, 2008].

*Континентальний шельф прибережної держави* – морське дно і надра підводних районів, що простягаються на віддаль 200 миль за межі територіального моря до зовнішньої межі підводної окраїни материка. Прибережна держава має на континентальний шельф суверенні права, що реалізуються під час розвідки і промислового використання ресурсів його поверхні, дна і надр.

*Морське дно за межами континентального шельфу* – дно морів і океанів і його надра за межами національної юрисдикції – оголошено спільним надбанням людства, відкритого для використання у мирних цілях для всіх націй і держав (як прибережних, так і тих, що не мають виходу до моря).

*Відкрите море (ВМ)* – це частина Світового океану, яка розташована за межами ТВ будь-якої держави і перебуває в загальному користуванні всіх держав. Користування водами відкритого моря здійснюється на основі загальновизнаного в міжнародному праві принципу свободи відкритого моря, який встановлює, що жодна держава не може поширювати свою владу на відкрите море і повітряний простір над ним. Цей принцип закріплений і конкретизований Конвенцією про відкрите море 1958 р. Усі держави мають право на торгове і військове мореплавство у відкритому морі, на рибальство, морський промисел, прокладання кабелю і трубопроводів, проведення наукових досліджень. Літаки всіх держав можуть вільно літати над відкритим морем. Будь-яке судно, яке перебуває у водах відкритого моря, підкоряється владі лише тієї держави, під прапором якої воно плаває. Винятком з цього правила є право іноземного військового корабля, за наявності певних підстав, зупинити й оглянути судно у відкритому морі (наприклад, підозра в піратстві, контрабанді тощо). Існують також спеціальні регламентовані зони, які розташовані в різних акваторіях океану (риболовецькі, зони консервації живих ресурсів відкритого моря, райони тимчасово небезпечні для плавання у зв'язку з випробуванням зброї тощо). Розмір цих зон та умови їх встановлення мають відповідати основним принципам і нормам сучасного міжнародного права, Статуту ООН, женецьким конвенціям з морського права 1958 р. та іншим міжнародним угодам.

*Міжнародні протоки* – це протоки, що є світовими водними шляхами і використовуються для міжнародного судноплавства. У зв'язку з цим вони є відкритими для проходу суден усіх держав на умовах рівноправ'я незалежно від того, перекриваються вони територіальними водами прибережних держав чи ні.

*Міжнародні канали* за правовим статусом треба відрізнити від міжнародних проток, які є природними морськими шляхами. Міжнародні

канали як штучні споруди (наприклад, Суецький, Панамський), що розташовані на території відповідної держави, є невід'ємною частиною її території і підлягають її юрисдикції з урахуванням міжнародно-правової регламентації. Міжнародні морські канали можуть здаватися в оренду іншій державі.

*Виключна економічна зона* – район завширшки 200 миль, що знаходиться за межами територіального моря і прилягаючий до нього. У цій зоні прибережні держави мають суверенні права, що стосуються розвідки, розробки живих і неживих природних ресурсів, що знаходяться на дні, в його надрах і водах. А також права на виробництво електроенергії шляхом використання води, течій і вітру. Всі інші держави користуються у цій зоні свободою судноплавства, польотів, прокладання кабелів і трубопроводів і іншими правомірними видами морської діяльності, що не порушують прав прибережних держав.

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Проаналізуйте значення і проблеми використання шельфової зони Чорного моря, Керченської протоки.

2. Підготуйте коротке повідомлення про спірні питання відносно суміжних прав в акваторії морів: причини і наслідки (наприклад, між Грецією і Туреччиною в акваторії Егейського моря).

### **Контрольні питання**

1. Для чого потрібні єдині міжнародно-правові норми використання Світового океану ?

2. Що є основою регулювання різнобічної діяльності держав у Світовому океані ?

3. Головний критерій правового розмежування морських просторів.

4. У чому полягають відмінності між внутрішніми морськими і територіальними водами ?

5. Який статус мають міжнародні протоки і канали ?

6. Що таке виключна економічна зона ?

### ***Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела***

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.

2. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.

3. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.

## Практична робота № 17

**Тема:** Ресурси Світового океану.

**Мета:** Систематизувати інформацію про ресурси Світового океану: енергетичні, біологічні, мінеральні.

**Основні терміни і поняття:** енергія океану, мінеральні ресурси океану, морське біорізноманіття, планктон, нектон, бентос, морські екосистеми.

### Аудиторні завдання:

1. Підготуватися до семінарського заняття на тему «Ресурси Світового океану»: сформувати презентацію (12–15 зображень) і текстове повідомлення обсягом 2–3 стор. Варіанти підтем для повідомлень: «Біологічні ресурси Світового океану та їх використання», «Найпродуктивніші рибпромислові райони Світового океану», «Аквакультура та добування перлів у Світовому океані», «Сучасний стан охорони біорізноманіття океану», «Прибережні розсипні родовища корисних копалин», «Нафто- та газonosні родовища Світового океану», «Розвідка родовищ корисних копалин Світового океану», «Хімічні ресурси Світового океану», «Використання енергії океанічних припливів», «Морські судноплавні канали», «Морські курорти», «Морський туризм», «Морські перевезення», «Морські порти», або свій варіант повідомлення.

2. У робочих зошитах письмово проаналізувати картосхему «Розподіл первинної продукції у Світовому океані» (рис. 1).

### Теоретичні відомості з даної теми

У широкому значенні природні ресурси Світового океану – це природні речовини, елементи і види енергії, які видобуваються безпосередньо із прибережних вод, дна і надр океанів і морів. Використання ресурсів океану розпочалося із примітивного рибальства, збирання молюсків біля берегів, плавання на невеликих судах у прибережних водах і т. ін., продовжувалося, посилювалося із зростанням технічних можливостей людини. Особливо активно океан почав освоюватися із кінця 40-х – поч. 50-х років ХХ ст. Причин для цього є чимало: в морській воді виявлена велика кількість хімічних елементів і речовин; океани і моря багаті флорою і фауною; їх береги і підводні надра – запасами корисних копалин.

*Гідрологічні ресурси* (ресурси морських вод). У господарській практиці морська вода застосовується у промисловості і сільському господарстві. Це дозволяє замінити прісне водопостачання морським, що актуально для вододефіцитних приморських регіонів. Основна маса морської води використовується для охолодження агрегатів на крупних енергетичних і металургійних підприємствах, розміщених у приморських районах. Великі ТЕС, металургійні заводи з морським охолодженням є в США, Канаді, країнах Близького Сходу, деяких європейських країнах. У деяких приморських АЕС

морська вода використовується для охолодження ядерних реакторів. Відомий досвід застосування морської води для виготовлення бетону (Франція). Морська вода використовується у сільському господарстві – практикують полив рослин морською водою на посушливих узбережжях деяких середземноморських країн, на Аравійському півострові, в Індії, Австралії. У Швеції балтійськими водами поливають пасовища. При солоності 6–8 ‰ кормів отримують на 60 % більше, ніж на незрошуваних ділянках.

*Використання морської води для одержання прісної.* Опріснення морської води – технічно складне завдання, але тим не менш промислове отримання прісної води із морської застосовується у багатьох країнах. Прісну воду видобувають методами випаровування чи дистиляції, виморожування, використання іонних процесів екстракції і ін. Найкраще розроблений і найширше застосовується метод дистиляції води. Саме дистиляційні установки (опріснювачі) – основний засіб промислового опріснення води. Вони спаровуються з електростанціями, які слугують джерелами енергії для опріснення. Сучасні опріснювачі – складні, енергоємні споруди. Чим більша продуктивність опріснювача, тим більше дорівартісного палива (нафти, газу, вугілля) споживає спарована з ним електростанція. У зв'язку з цим для опріснення морської води стали застосовуватися АЕС. Але таке поєднання економічно ефективно лише для опріснювачів великої продуктивності, тому опріснювачів, спарених з АЕС, небагато (таким є опріснювальний комплекс в Туркменістані, в м. Туркменбаші на барезі Каспійського моря; на узбережжі Каспію функціонують опріснювальні установки в Актау (Казахстан), Баку (Азербайджан). У світі діє понад 1000 різних за потужністю опріснювальних установок. Близько 70 % з них – на побережжі Червоного моря (найкрупніший опріснювач знаходиться у м. Ель-Джубейль в Саудівській Аравії; потужними установками володіють Кувейт, Об'єднані Арабські Емірати, Ірак, Іран і ін.). Висопродуктивні опріснювачі зведені в США, Мексиці, Перу, на Кубі, в Гонконзі, Індонезії, Індії, Японії, Італії, Іспанії і інших країнах. Величезні запаси прісної води містять айсберги (в водах Антарктики, у північно-західній частині Атлантики і прилягаючих районах Північного Льодовитого океану).

*Хімічні ресурси.* Морська вода – складний хімічний розчин, у склад якого у вигляді різних мінеральних солей входять майже всі відомі хімічні елементи. Але лише кілька із них знаходяться у відносно великих концентраціях. До них належать: хлористий натрій (27,2 г/л), хлористий магній (3,8 г/л), сірчаноокислий магній (1,7 г/л), сірчаноокислий кальцій (1,3 г/л). Переважна більшість компонентів хімічного складу морської води присутні в ній у мізерно малих концентраціях (соті, тисячні частки грама і міліграма на літр). До них відносяться сірка, нікель, срібло, мідь, алюміній, золото, уран і багато інших. Розчинені у морській воді органічні і неорганічні елементи і їх сполуки – це хімічні ресурси Світового океану, що практично невичерпні. Сучасні технічні можливості дозволяють отримати із морської води у промислових масштабах лише сіль, магній, калій і бром.



*Геологічні ресурси.* Із виснаженням ресурсів суші, із загальним зростанням споживання мінеральної сировини, яке пересічно зростає в два рази кожні 15 років (близько 43 млрд т на рік) пов'язана активна розвідка і розробка родовищ на океанічному дні. В океані уже розвідані великі родовища нафти і газу і інших корисних копалин. Оцінки загальної кількості заліза, марганцю, нікелю, кобальту і міді, що знаходяться в залізо-марганцевих конкреціях на дні океану, засвідчують, що ці запаси величезні. Але є труднощі із налагодженням рентабельної експлуатації цих родовищ, тому що вони зосереджені на глибинах близько 5 км. Попередні розрахунки показують, що судно для видобутку буде приносити дохід лише тоді, коли підніматиме із дна 2 тис. тонн впродовж доби, а це далеко від реалій. Відкриті родовища сульфідних руд в рифтових зонах. Добування їхнє можливе лише за допомогою глибоководних пристосованих до життя апаратів, що не дозволяє перейти до промислової експлуатації родовищ. Найбільше практичне значення мають корисні копалини осадового походження на шельфі. Шельф відіграє важливу роль в економічному благополуччі мешканців планети. Загальний об'єм морських харчових ресурсів оцінюється сумою близько 18 млрд дол. в рік, із них 90 % дають шельфи і прилягаючі затоки. Більшу частину складає риба (до 60 млн т) і моллюски (більше 10 млн т), що споживаються людьми і тваринами, інше використовується головню як добриво. На другому місці за економічною цінністю знаходиться нафта і природний газ, яких зараз видобувається на шельфах біля 20 млрд дол. в рік (20 % загального світового видобутку цих речовин). Можна передбачити, що у майбутньому світовий видобуток на шельфі буде зростати швидшими темпами, ніж видобуток із скважин, пробурених на суші. Третім видом ресурсів за сучасним об'ємом річного видобутку і перспективах на майбутнє є пісок і гравій, що використовуються у будівництві. Зараз світовий видобуток цих матеріалів оцінюється сумою 1 млрд дол. в рік. Видобуток із морського дна цінних важких металів: ільменіту, рутилу, олова, монациту, заліза, золота і алмазів, зосереджений у розсипних родовищах. Загальний об'єм цих мінералів, що видобуваються із морського дна, оцінюється сумою менше 500 млн дол. у рік.

В надрах дна багатьох Світового океану сформувалися поклади нафти, газу, кам'яного вугілля, сірки, залізної руди та ін. Згідно сучасних уявлень, морські запаси нафти складають приблизно 34 %, а природного газу – 26 % наземних. Найбільші центри підводних нафторозробок: Перська затока, Венесуельська затока з лагуною Маракайбо, Мексиканська і Гвінейська затоки, а також Північне море. Багаті поклади нафти виявлені біля берегів Південно-Східної Азії і біля побережжя Австралії. Кам'яне вугілля з морського дна видобували ще у XVII ст. і в наш час продовжують видобувати шахтним способом із входом через шахти, розміщені на суші. Відомі більше 100 родовищ з великими запасами вугілля. Вони розташовані у прибережних зонах Австралії, Англії, Болгарії, Греції, Ірландії, Ісландії, Канади, Китаю, Тайваню, Туреччини, Фінляндії, Франції, Чмлі, Японії. Із підводних надр видобувається близько 2 % світових запасів кам'яного вугілля. Сірка залягає в

надрах шельфу зазвичай у соляних куполах, що поховані під шаром осадових порід потужністю кілька десятків метрів. Добування сірки зосереджене у Мексиканській затоці в штаті Луїзіана в США (родовище дає 20 % сірки, що виробляється у США, і 4 % світового випуску). Солянокупольні структури із можливим промисловим вмістом сірки виявлені у Перській затоці, Червоному і Каспійському морях. Видобування морських покладів залізної руди проводиться у Канаді на східному побережжі Ньюфаундленда із родовища Вабана (достовірні запаси 2 млрд т, щорічне видобування 3 млн т). Канада видобуває залізну руду в гудзоновій затоці. Японія – на острові Кюсю, Франція – південніше Шербура, Фінляндія – біля входу у Фінську затоку. Перспективними районами для видобутку залізної руди визнаються шельфи Африки, Індії, Австралії, Південної Америки. У невеликих кількостях відбувається видобуток міді і нікелю у Гудзоновій затоці близько м. Черчилл і в Англії біля півострова Корнуол. В Туреччині на побережжі Егейського моря видобувають ртутні руди. Швеція почала роботи із видобутку заліза, міді, цинку, свинцю, золота і срібла під дном Ботнічної затоки шахтним способом на глибинах 140–150 м від поверхні дна.

*Енергетичні ресурси.* Зростає увага учених багатьох країн світу до ефективного використання різних видів енергії Світового океану. Зведені припливні електростанції, розроблені методи використання теплової енергії океану, створені спеціальні пристрої – перетворювачі хвильової енергії.

Розробка і експлуатація пристроїв, що використовують *хвильову енергію*, тільки починаються. Найінтенсивніші дослідження проводяться в країнах, де є найбільші хвильові потужності, – в Англії, Японії, Норвегії. На даний час виробництво 1 кВт електроенергії на хвильових електростанціях в 5–10 разів дорожчий, ніж на атомній чи тепловій електростанціях. Це – головний чинник стримування розвитку хвильової енергетики. Хвильова енергетика не використовує викопне паливо, вартість якого постійно росте, а запаси вичерпні. Перед хвильовою енергетикою не стоїть гостро проблема впливу на оточуюче середовище. Але якщо значна частина акваторії буде вкрита хвильовими перетворювачами, це може призвести до екологічних проблем, бо хвилі відіграють важливе значення в тепло- і волого обміні атмосфери і океану, в очищенні поверхні моря і приводного шару повітряного потоку від забруднення.

*Енергія припливів* використовується здавна. Припливні млини використовувалися в Англії ще у XV ст. Вони були широко розповсюджені на північно-східному узбережжі Канади у XVIII ст. Перші припливні станції будувалися за простою схемою. Вода під час припливу наповнювала природну чи штучно створену водойму. Ворота шлюзу, що відокремлювали цю водойму від моря, закривалися у момент, коли висота припливу досягала найвищої точки (повна вода). Коли висота припливу спадала (мала вода), зібрану у водоймі воду спускали через шлюз, і вона обертала колесо млина. Але такі млини можуть працювати лише у визначений час доби. Припливні станції

належать до низьконапірних гідротехнічних споруд, у яких водяний напір не перевищує 15–20 м. Перша припливна електростанція (ПЕС) була споруджена у Великобританії біля Ліверпуля у 1913 р. У Росії у 1968 р. отримали струм із Кислогубської ПЕС. Кілька припливних електростанцій незначної потужності побудовано у Китаї. У гирлі р. Ранс (Франція) із 1967 р. працює ПЕС потужністю 320 МВт (на р. Ранс припливи до 13,5 м). Кілька ПЕС збудовані у затоці Фанді. Розробляються проекти ПЕС в Мезенській губі Білого моря, в Пензенській губі Охотського моря. Використання енергії припливів обмежується, загалом, високою вартістю спорудження, довготривалим періодом окупності, високою складністю експлуатації. Наприклад, вартість будівництва ПЕС на р. Ранс у 2,5 рази більше, ніж вартість будівництва звичайної гідроелектростанції такої ж потужності. Припливні електростанції надійніші в роботі, стабільніші, ніж гідроелектростанції; на них можна накопичувати енергію і пристосовувати її витрати до змін попиту споживачів, що важко зробити на теплових чи атомних станціях. У той же час ПЕС негативно впливають на навколишнє середовище. Спорудження гребель веде до збільшення амплітуди припливу, навіть невелике підвищення якого викликає значний розподіл ґрунтових вод в береговій зоні, збільшує зону підтоплення, порушує циркуляцію водних мас, змінює льодовий режим у частині басейну за греблею і т. ін. Припливні течії значно впливають на погоду. Порушення режимних умов припливів, що склалися, змінить і погодні умови. Спорудження греблі вносить зміни і в екосистеми прибережної зони.

*Вітрова енергетика.* Перспективним напрямком її розвитку стало створення шельфових вітрових електростанцій. Швидкість вітрового потоку над водою вищий, ніж над сушею. В Німеччині на шельфі Балтійського моря споруджується вітроенергетична станція потужністю 50 МВт. На шельфі Шлезвіг Гольштейн (Німеччина) планується створення вітрової електростанції загальною потужністю 300 МВт. В Данії зведено шість шельфових електростанцій загальною потужністю 150 МВт кожна. Спостерігається своєрідний «бум» на будівництво вітроенергетичних станцій у Європі, США, Азії. Широкому використанню малопотужних вітрових генераторів перешкоджає їх відносно низька надійність, нетривалий термін придатності і більша вартість електроенергії порівняно із традиційними джерелами енергії. Вітрова енергетика не споживає паливо, не використовує дефіцитну прісну воду для охолодження і не викликає теплового забруднення водойм, не забруднює атмосферу. Але вітрові генератори є потужними джерелами шуму. Значна частина звукової енергії – у інфрачервоному діапазоні, що негативно впливає на людський організм (особливо на психіку). Вітрова енергетика вимагає великих площ для розміщення установок – відстань між ними має бути не менше 10–20 діаметрів вітрового колеса. Системи вітрових споруд намагаються розміщувати у безлюдній місцевості, що здорожує вартість передавання енергії.

*Біологічні ресурси.* Світовий океан – глобальне середовище мешкання живих організмів. Органічний світ населяє не лише водну товщу, а й дно океанів і морів. Залежно від способу проживання у Світовому океані виділяються три групи організмів: планктон, нектон, бентос. *Планктон* – це дрібні організми: бактерії та одноклітинні рослини (*фітопланктон*) і одноклітинні тварини (*зоопланктон*). *Нектон* – це вищі хордові тварини і головоногі молюски, які можуть плавати. *Бентос* – організми, які живуть на морському дні, на днищах суден, гідротехнічних підводних спорудах (голкошкірі, ракоподібні, молюски, тощо).

Органічний світ океану є тією частиною органічного світу Землі, яка мешкає в океанах і морях. Біомаса тварин у ньому в 26 разів більша біомаси рослин.

*Планктон* (від грецьк. слова «блукаючий») – сукупність живих організмів, що населяють товщу води континентальних і морських водойм і не здатні протистояти перенесенню течіями. Планктонні організми не здатні до самостійного руху або їх рухомість обмежена. Рослинні фотосинтезуючі планктонні організми потребують сонячного світла і населяють поверхневі води загалом до глибини 50–100 м. Бактерії і зоопланктон населяють всю товщу води до максимальних глибин. Морський фітопланктон складається із діатомових водоростей, перідіней і кокколитофорид. Розміри організмів коливаються від кількох мікрометрів до кількох метрів. Тому розрізняють нанопланктон (бактерії, найменші одноклітинні водорості), мікропланктон (більшість водоростей, найпростіші, коловратки, багато личинок), мезопланктон (веслоногі, рачки і інші організми менші 1 см), макропланктон (багато мізід, креветки, медузи, інші відносно крупні організми) і мегапланктон (найбільші планктонні організми, наприклад гребневик венерин пояс довжиною 1,5 м, медуза ціанея діаметром до 2 м і із щупальцями до 30 м, колонії піросом довжиною до 30 м і більше 1 м в діаметрі). У багатьох планктонних організмів виробилися пристосування, що полегшують паріння у воді. Це пристосування, що зменшують питому вагу тіла (газові і жирові включення, насиченість водою і драглистість тканин, витонченість і пористість скелету) і збільшуючі її поверхню (складні, часто галузисті вирости, сплюснене тіло). Організми фітопланктону – основні продуценти органічної речовини у водоймах, за рахунок якої існує більшість водних тварин. З глибиною планктон стає менш різноманітним і кількість його швидко зменшується. У Світовому океані бідні планктоном акваторії переважають за площею над багатими. Найбідніші центральні тропічні райони по обидва боки від екваторіальної зони, найбагатші – прибережні райони помірних і субтропічних широт. Річна продукція фітопланктону складає 550 млрд т., що майже у 10 разів перевищує сумарну продукцію всіх живих мешканців океану. Переважаюча частка біомаси у Світовому океані складає планктон – близько 70 %.

*Нектон* (від грецьк. слова «плаваючий») – сукупність активно плаваючих пелагіальних\* тварин, що здатні протистояти силі течій і переміщуватися на значні віддалі. До нектону належать риби, кальмари, китоподібні, ластоногі, водні змії, черепахи, пінгвіни і ін. для нектонних тварин притаманні обтічна форма тіла і добре розвинені органи руху.

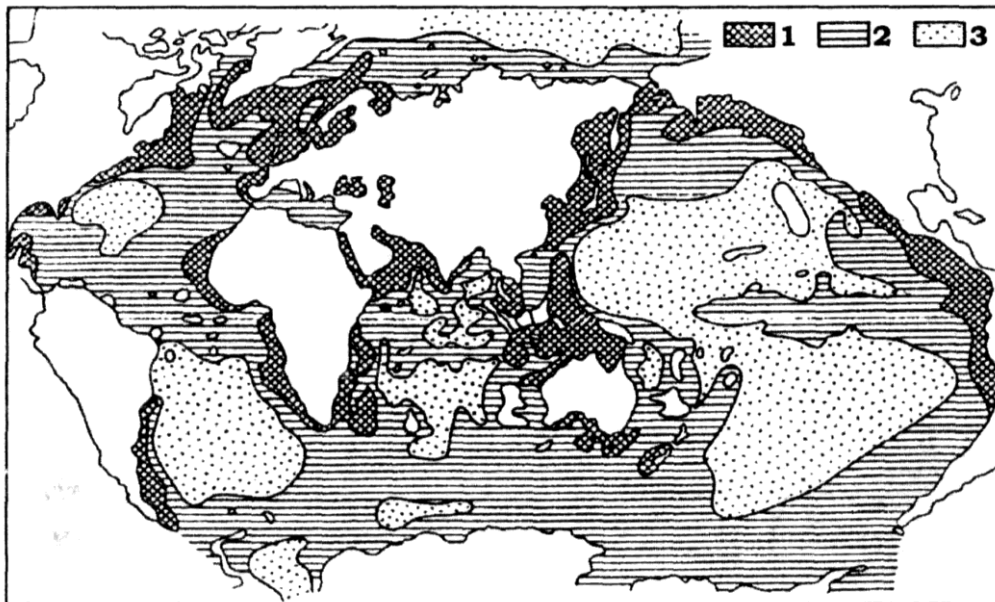
*Бентос* (від грецьк. слова «глибина») – сукупність організмів, що мешкають на ґрунті і в ґрунті морських і материкових водойм. Бентос поділяють на рослинний (фітобентос) і тваринний (зообентос). За способом мешкання на дні водойми в зообентосі розрізняють тварин, що живуть у ґрунті і на ґрунті, рухомих, малорухомих і нерухомих, занурених частково у ґрунт чи прикріплених. За способом харчування представників зообентосу поділяють на хижих, рослиноїдних, детритоїдних (що харчуються органічними частинками) і т. ін. За розмірами бентосні організми поділяють на крупні (макробентос), середні (мезобентос), дрібні (мікробентос). В морях зообентос – це форамініфери, губки, кишковопорожнинні, немертини, багатощетинкові черви, сипункуліди, мшанки, плечоногі, молюски, ракоподібні, голкошкірі, асцидії і риби. Основна маса зообентосу зосереджена у мілководних районах. На літоралі маса тваринних організмів на площі 1 м<sup>2</sup> може досягати багатьох десятків кілограмів (головним чином молюски). На глибинах до 100–150 м біомаса бентосу складає сотні і десятки грамів; на глибині 500–1000 м біомаса бентосу також деколи вираховується грамами, глибше – частками грама, на великих глибинах (абісаль) – міліграмами. В розподілі бентосу спостерігається вертикальна зональність: у верхніх горизонтах переважають молюски і ракоподібні, в середніх – молюски, поліхети і голкошкірі, в глибоких – поліхети, ракоподібні і голкошкірі. Із рослинних організмів основну масу бентосу в морях складають бактерії і водорості (діатомові, зелені, бурі і червоні). Біля узбереж звичайні і деякі квіткові рослини: зостера, філоспадикс, рупія і ін. Найрізноманітніший і найбагатший фітобентос на скелястих і кам'янистих ділянках дна, які слугують надійним субстратом для прикріплення водоростей. Вертикальний розподіл водоростей залежить від складу сонячного спектру, що досягає різних глибин у зв'язку з різною здатністю поглинання променів із різною довжиною хвилі: в верхньому горизонті зазвичай зосереджені зелені водорості, нижче – бурі, ще нижче – переважно червоні. Значну частину морського бентосу вживають у їжу: молюски (устриці, мідії), ракоподібні (краби, креветки, лангусти і ін.). Багато молюсків мають кормове значення для риб, дають перламутр і перлини. Серед бентосних тварин велике значення мають корали. Як рослинна і технічна сировина із морського фітобентосу використовуються ламінарії, ульва, порфіра, анфельція, філофора і зостера. Деякі донні організми насосать шкоду. Насамперед, це морські деревоточці (двохстулкові молюски терединіди). Багато морських організмів поселяються на днищах суден, знижуючи швидкість їх руху.

---

\*Пелагіаль – це екологічна зона моря чи океану, що не межує з дном. В перекладі з грецької означає «відкрите море».

Водорості, маючи в 20 разів меншу масу, ніж тварини, можуть сьогодні нагодувати тваринний світ океану і створити майже 90 %-й запас продукції. Останнє свідчить як про стійкість сучасної екосистеми Світового океану, так і про можливість використання біологічних ресурсів океану для задоволення харчових потреб населення Землі. Вважається, що біологічні ресурси Світового океану і внутрішніх морів в чотири рази перевищують ресурси суші. Однак потреби людства в їжі на 90 % забезпечуються сільським господарством і тільки 10 % дає морський промисел. За даними В. Богорова, у Світовому океані мешкає 36 млрд т планктону, 18 млрд т нектону і 8 млрд т бентосу. Основну частку морського промислу складає риба – 60–70 млн т/рік. На другому місці – добування молюсків та ракоподібних (в основному – криля), на останньому – видобуток морських водоростей і ссавців [Хільчевський, Дубняк, 2008].

Кількість органічної речовини, яка створюється протягом року (або іншого проміжку часу) живими організмами, називається *загальною біологічною продуктивністю*.



**Рис. 3. Розподіл первинної продукції (у  $\text{мгС/м}^2$  за добу) у Світовому океані [Хільчевський, Дубняк, 2008]: 1 – більше 250, 2 – від 100 до 250, 3 – менше 100**

Для характеристики продуктивності використовують такі поняття:

*Біомаса* – кількість (маса) живих організмів в одиниці об'єму води (планктон, нектон) або ж на одиницю площі дна (бентос). Біомасу інколи подають в енергетичних одиницях, наприклад у кількості сонячної енергії, спожитої організмами на перетворення вугільної кислоти в органіку.

*Продукція* – загальний приріст біомаси всіх організмів за певний час, тобто відтворення живої речовини даного виду, виражене у вагових чи енергетичних одиницях.

*Коефіцієнт продуктивності* – відношення продукції до біомаси, що характеризує активність (продуктивність) організмів .

За походженням продукція буває трьох видів:

1. *Первинна*, яка продукується рослинними організмами й обчислюється у вагових одиницях асимільованого на одиницю площі вуглецю ( $\text{mgC}/\text{m}^2$ ) або в енергетичних одиницях. Первинна продукція дуже відрізняється в різних районах океану (рис. 1). У тропічних водах вона становить менше  $100 \text{ mgC}/\text{m}^2$  за добу, у зонах екваторіальної дивергенції і в субполярних областях –  $200 \text{ mgC}/\text{m}^2$  за добу, а в зонах апвелінгу, шельфу – до  $1000 \text{ mgC}/\text{m}^2$  за добу. В основному первинна продукція залежить від величини водообміну.

2. *Вторинна* (проміжна) продукція створюється безхребетними.

3. *Кінцева* продукція – це риби і морські ссавці [Хільчевський, Дубняк, 2008].

### Контрольні питання

1. Які види ресурсів є у Світовому океані ?
2. Які хімічні елементи економічно ефективно видобувати із морської води ?
3. Чому саме у зоні океанічного шельфу зосереджені потужні запаси нафти і газу ?
4. Що таке залізо-марганцеві конкреції і на яких глибинах вони залягають ?
5. Що таке енергетичні ресурси Світового океану, які види таких ресурсів вам відомі ?
6. Які групи і типи живих організмів пристосувалися до життя у морському середовищі ?
7. Як впливає забруднення на біологічні процеси у Світовому океані ?
8. Де розташовані основні райони рибного промислу у Світовому океані ?

### Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела

1. Карпюк Зоя. Біологічне забруднення морів Світового океану. *Věda a perspektivy*. № 8 (15). 2022. S. 148–160. DOI : [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-8\(15\)-148-160](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-8(15)-148-160).
2. Карпюк З. К., Нетробчук І. М. Вплив біологічних процесів на гідрохімічні властивості води: цвітіння моря. *Science of post-industrial society: globalization and transformation processes* : with the proceedings of the I Correspondence International Scientific and Practical Conference, held on June 4<sup>th</sup>, 2021 by NGO European Scientific Platform (Vinnytsia, Ukraine) and LLC International Centre Corporative Management (Vienna, Austria). *International scientific journal Grail of Science*. Вінниця, Україна – Відень, Австрія. 2021. С. 418–422.
3. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
4. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.



## Практична робота № 18

**Тема:** Забруднення Світового океану: причини і наслідки.

**Мета:** Проаналізувати основні джерела забруднення вод Світового океану у результаті антропогенного впливу, з'ясувати екологічні наслідки.

**Основні терміни і поняття:** забруднення, джерело забруднення, забруднювальна речовина, токсичні компоненти, нафта, нафтопродукти, важкі метали, хлоровані вуглеводні, фосфорорганічні сполуки, синтетичні поверхнево-активні речовини.

### Аудиторні завдання:

1. Підготуватися до семінарського заняття на тему «Сучасні екологічні проблеми Світового океану» (підготувати презентацію обсягом 10–15 зображень із короткими підписами до них і окремий файл з текстовим повідомленням-коментарем цих зображень).

Варіанти підтем: «Забруднення вод Світового океану нафтою та нафтопродуктами», «Радіоактивне забруднення вод Світового океану», «Найбільші катастрофи танкерів, кораблів у морях Світового океану», «Забруднення морських вод стічними водами», «Біологічне забруднення морських вод», «Проблема забруднення морів Світового океану біогенними речовинами», «Вплив воєнних дій на підводні морські екосистеми», «Шумове забруднення вод Світового океану», «Забруднення вод Світового океану пластиком», «Морська природоохоронна стратегія України», «Вплив на стан Чорного і Азовського морів російсько-української війни», «Вплив воєнних дій на стан природно-заповідних територій Азово-Чорноморського узбережжя», «Екологічні наслідки забруднення вод морів», «Заходи боротьби із забрудненням морів», «Підвищення верхньої межі сірководневої зони в глибоководній частині Чорного моря», «Погіршення екологічного стану морів внаслідок змін клімату», «Наслідки підриву Каховської ГЕС для екосистеми Чорного моря», «Міжнародні угоди щодо використання і охорони ресурсів Світового океану» або свій варіант повідомлення.

### Теоретичні відомості з даної теми

У широкому значенні природні ресурси Світового океану – це природні речовини, елементи і види енергії, які видобуваються безпосередньо із прибережних вод, дна і надр океанів і морів. Використання ресурсів океану розпочалося із примітивного рибальства, збирання молюсків біля берегів, плавання на невеликих судах у прибережних водах і т. ін., продовжувалося, посилювалося із зростанням технічних можливостей людини. Особливо

активно океан почав освоюватися із кінця 40-х – початку 50-х років ХХ ст. Причин для цього є чимало: в морській воді виявлена велика кількість хімічних елементів і речовин; океани і моря багаті флорою і фауною; їхні береги і підводні надра – запасами корисних копалин. Станом на сьогодні Світовий океан – арена активної господарської діяльності, швидко розширюється використання його ресурсів: гідрологічних (ресурси морських вод), хімічних, енергетичних, біологічних, геологічних. Морську воду образно називають «рідкою рудою», вказуючи на можливість вилучення із неї необхідних речовин. Наразі через нестачу технічних і технологічних можливостей видобутку корисних хімічних компонентів із морської води із неї вилучається лише невелика їх частка. Сучасні технічні можливості, необхідні для обробки морської води енергозатрати дозволяють у промислових масштабах видобувати лише сіль, магній, калій і бром. Розпочаті дослідні розробки вилучення із морської води урану.

Активне використання ресурсів морів і океанів веде до швидкого забруднення морського середовища.

*Забрудненням* середовища вважається внесення у нього нових, не притаманних йому фізичних, хімічних, біологічних складових чи перевищення природного середнього рівня за багаторічний період накопичення цих складових у середовищі. Надходження забруднень змінює функціонування екосистеми. Забруднення може мати фізичну, хімічну, біологічну природу.

Об'єднана група експертів з наукових аспектів глобального забруднення морів (ГЕЗАМП, 1969 р.) запропонувала визначення поняття «*забруднення*» як «внесення людиною прямо або опосередковано речовин чи енергії в морське середовище (включаючи естуарії), яке викликає такі шкідливі наслідки, як збитки живим ресурсам, небезпеку для здоров'я людей, ускладнення морської діяльності, включаючи рибальство, погіршення якості морської води та зменшення її корисних властивостей». Це визначення охоплює забруднювальні речовини з токсичними властивостями, теплове забруднення, патогенні мікроби, тверді відходи, завислі речовини, біогенні сполуки та ін.

Стосовно водного середовища *джерелом забруднення (забруднювачем)* вважається джерело, яке вносить в океани і моря забруднювальні речовини, мікроорганізми чи тепло.

*Забруднювальною речовиною* називається речовина, яка викликає порушення норми якості води. До джерел забруднення відносять підприємства нафтовидобувної і нафтопереробної промисловості, відходи морського транспорту, промислові та господарсько-побутові стічні води, сільськогосподарське виробництво. У морське середовище забруднювальні речовини можуть потрапляти водним, підземним та еоловим шляхом.

Фізичне забруднення пов'язане із зміною фізичних параметрів: теплових, світлових, електромагнітних, радіаційних, звукових і т. ін.

Теплове забруднення зазвичай пов'язане із промисловими викидами теплої води і різних газів. Теплове забруднення водойм викликає їх евтрофікацію, змінюється видовий склад у водоймі.

Електромагнітне забруднення виникає у результаті роботи потужних електроустановок, ліній електропередач, радіопередавальних приладів, у т. ч. мобільних засобів зв'язку.

Хімічне забруднення – це надходження у екосистему тих чи інших речовин, кількісно чи якісно чужорідних екосистемі. При цьому змінюється не лише хімічні властивості середовища, але може змінитися функціонування екосистеми. Людина постачає у навколишнє середовище сполуки, яких раніше у ньому не було. Тому відсутні природні шляхи їх нейтралізації. Прикладами хімічного забруднення є забруднення важкими металами, пестицидами, хлорбіфінілами та ін. Негативний вплив хімічних забруднень на метаболізм живих організмів називається «екологічними пастками». Накопичення хімічних елементів у харчовому ланцюзі називається біонакопиченням. Особливо небезпечним це явище є при накопиченні стійких до розкладання пестицидів і радіонуклідів, які використовуються у невеликих кількостях.

Біологічне забруднення – це поширення патогенних організмів із стічними водами, що можуть спровокувати епідемії. Випадкове переселення тварин чи рослин в екосистемі можуть призвести до значних порушень у їх функціонуванні. Наприклад, гребеневик мнеміопсис, що потрапив із баластними водами із Карибського моря у Чорне, виявився життєздатнішим за місцевих мешканців у тому ж трофічному ланцюгу та наніс великий збиток екосистемі моря.

Вивчення радіоактивного забруднення вод Світового океану розпочалося після Другої Світової війни із інтенсивним розвитком атомної енергетики, вибухів атомних і водневих бомб. Із розвитком атомної промисловості гостро постало питання про захоронення радіоактивних відходів. У 50-х рр. ХХ ст. вважалося, що ідеальним місцем для таких відходів має слугувати Чорне море, але в результаті досліджень цей проект був закритий. Проблема захоронення радіоактивних відходів з роками стає все актуальнішою і потребує вирішення.

Найбільш поширеними забруднювальними речовинами у морях і загалом у Світовому океані є *нафта і нафтопродукти*. Потрапляння нафти у морські води пов'язані з її транспортуванням із районів видобутку. Аварійні ситуації, зливання за борт танкерами промивних і баластних вод – все це зумовлює наявність постійних полів забруднення на трасах морських шляхів. *Важкі метали* (ртуть, свинець, кадмій, цинк, мідь, арсен тощо) – поширені і досить токсичні забруднювальні речовини. Вони широко застосовуються в різних

виробництвах, тому промислові стічні води, незважаючи на очисні заходи, містять сполуки важких металів. Значна частина металів вилучається з води, акумулюючись у морських організмах і сорбуючись завислими частинками, але в багатьох випадках концентрації металів перевищують фонові значення. *Хлоровані вуглеводні та фосфорорганічні сполуки* становлять велику групу штучно створених речовин (ксенобіотиків), які застосовуються в промисловості і сільському господарстві для боротьби із шкідниками рослин і тварин. Ці речовини називаються *пестицидами*. Усі пестициди токсичні і викликають швидке отруєння організмів, для яких вони призначені. Пестициди слабо розчиняються у воді, але добре розчиняються в органічних розчинниках і жирових тканинах тварин. *Хлорорганічні сполуки (ХОС)* отримують шляхом хлорування ароматичних або гетероциклічних рідких вуглеводнів. До них належать ДДТ (дихлордифенілтрихлоретан та його похідні), різноманітні похідні циклодієна (елдрин, ендрин, гептахлор) і ліндан – один з численних ізомерів ГХЦГ (гексахлорциклогексану). Хлорорганічні сполуки дуже стійкі, існують до кількох десятків років. *Фосфорорганічні сполуки (ФОС)* – це складні ефіри різних спиртів ортофосфорної кислоти або однієї з її похідних – тіофосфорної. До цієї групи входять кращі із сучасних інсектицидів, для яких характерна вибірковість щодо комах. *Детергенти – синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР)* входять до складу численних і різноманітних миючих засобів, широко застосовуються в промисловості та побуті і є обов'язковою складовою частиною стічних вод, які потрапляють у морське середовище. Багато хімічних сполук у морському середовищі проявляють канцерогенні та мутагенні властивості [Хільчевський, Дубняк, 2008].

При річному об'ємі забруднення Світового океану в 6–11 млн т джерела забруднення розподіляються наступним чином: морський транспорт (промивні води, витоки, вантажно-розвантажувальні роботи і т. ін.) – 35 %, промислові стоки – 13 %, морське видобування нафти – 1,5 %, річковий стік – 32 %, надходження із атмосфери – 10 %, природні джерела надходження нафти – близько 10 %. Аналіз космічних знімків засвідчує, що глобальне нафтове забруднення співпадає із трасами морських перевезень і гирлами найкрупніших рік. До великомасштабних зон забруднення належить не лише шельф, але і деякі райони відкритої частини моря. Середня забрудненість таких морів як Баренцове, Балтійське, Чорне, Каспійське, Середземне, перевищує ГДК (гранично допустима концентрація) у кілька разів.

Практично всі забруднювальні речовини є токсичними і здатні концентруватися в організмах з підвищенням трофічного рівня в морських екосистемах.

Здатність природного середовища до самоочищення залежить від характеристик забруднювальної речовини і біоценоза. При забрудненні водних об'єктів забруднюючі речовини можна розділити на три групи. У першу

входять консервативні забруднюючі речовини, які не розкладаються чи розкладаються у природному середовищі дуже повільно. Зниження концентрації консервативних забруднюючих речовин відбувається за рахунок процесів розведення, масопереносу, сорбції, біонакопичення і ін. Самоочищення у цьому випадку має уявний характер, тому що відбувається лише перерозподіл і розсіювання забруднювальних речовин в навколишньому середовищі. Локальне забруднення зменшується за рахунок розширення області забруднення. Загальна кількість забруднювальних речовин не змінюється. До другої групи належать біогенні забруднювальні речовини, які беруть участь у біологічному колообізі. Самоочищення природного середовища відбувається за рахунок біохімічних процесів. У третю групу входять водорозчинні речовини, що не беруть участі у біологічному колообізі. Самоочищення від цих забруднювальних речовин відбувається шляхом хімічної і мікробіологічної трансформації.

Реакція екосистем на внесення різного роду забруднень буде відмінною. При збільшенні концентрації забруднювальних речовин, що беруть участь в біологічному колообізі, спостерігається початкове збільшення біопродуктивності екосистеми, при подальшому збільшенні їх концентрації відбувається падіння продуктивності і можлива загибель екосистеми. При надходженні забруднювальних речовин, що не мають природних шляхів утилізації, із збільшенням їх концентрації відбувається зниження біопродуктивності і загибель екосистеми.

Найбільша частина забруднень потрапляє в моря із суші (40–45 %). Велика небезпека для морських екосистем – не лише від надходження хімічних забруднень, але потрапляння з річковим стоком великої кількості біогенних речовин, що веде до евтрофікації водойм. Другим за значенням джерелом забруднень, приблизно рівним частці надходження забруднень із річковим стоком, є атмосферне перенесення. На третьому місці (близько 20 %) – місцеві джерела забруднення, включаючи комунальні стоки, демпінг (захоронення забруднень), змив промислових відходів і т. ін.

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Проаналізуйте Постанову Кабінету Міністрів України «Про схвалення Морської природоохоронної стратегії України на період до 2036 р.» (№ 1240-2021-р. від 11.10.2021 р.), основні тези занотуйте.

2. Користуючись науковими публікаціями, Інтернет-ресурсами, складіть таблицю «Найбільші джерела забруднення вод Чорного моря» (у таблиці в окремих колонках зазначити: джерело забруднення морських вод; екологічні наслідки забруднення; приклади конкретного впливу джерела забруднення (вказати дату, перелік забруднювальних речовин, обсяг забруднення).

3. Користуючись науковими публікаціями, Інтернет-ресурсами, складіть таблицю «Найбільші джерела забруднення вод Азовського моря» (у таблиці в окремих колонках зазначити: джерело забруднення морських вод; екологічні наслідки забруднення; приклади конкретного впливу джерела забруднення (вказати дату, перелік забруднювальних речовин, обсяг забруднення).

### Контрольні питання

1. Джерела забруднення вод Світового океану.
2. Забруднення морських вод нафтою.
3. Забруднення морських вод важкими металами.
4. Поверхневе забруднення морських вод.
5. Здатність морських вод до самоочищення.
6. Вплив кліматичних змін на посилення незадовільного екологічного стану Чорного і Азовського морів.
7. Вплив воєнних дій на підводні морські екосистеми.
8. Причини підвищення верхньої межі сірководневої зони в глибоководній частині Чорного моря.

### Рекомендовані для вивчення теми бібліографічні джерела

1. Карпюк Зоя. Біологічне забруднення морів Світового океану. *Věda a perspektivy*. № 8 (15). 2022. S. 148–160. DOI : [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-8\(15\)-148-160](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-8(15)-148-160).
2. Карпюк З. К., Нетробчук І. М. Вплив біологічних процесів на гідрохімічні властивості води: цвітіння моря. *Science of post-industrial society: globalization and transformation processes : with the proceedings of the I Correspondence International Scientific and Practical Conference, held on June 4<sup>th</sup>, 2021 by NGO European Scientific Platform (Vinnytsia, Ukraine) and LLC International Centre Corporative Management (Vienna, Austria). International scientific journal Grail of Science*. Вінниця, Україна – Відень, Австрія. 2021. С. 418–422.
3. Постанова Кабінету Міністрів України «Про схвалення Морської природоохоронної стратегії України на період до 2036 р.» (№ 1240-2021-р. від 11.10.2021 р.). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-2021-%D1%80#Text>
4. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. 2-ге вид., доп. і перероб. Київ : Видав.-поліграф. центр «Київ. ун-т», 2008. 255 с.

## ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО СЕМЕСТРОВОГО ІСПИТУ

1. Предмет і завдання курсу «Океанологія», його зв'язок з іншими науками.
2. Історія розвитку знань про Світовий океан у період до XV ст.
3. Відкриття в Світовому океані в XV–XVII ст.
4. Дослідження Світового океану у XVIII–XIX ст.
5. Вивчення океанів і морів у період XX – на початку XXI ст.: становлення і розвиток океанології як науки.
6. Історія океанографічних досліджень Чорного моря.
7. Світовий океан: виникнення, структура.
8. Межі океанів, поняття про Південний океан.
9. Походження Світового океану та формування рельєфу його дна.
10. Утворення і розвиток водної та сольової маси Світового океану.
11. Рельєф дна Світового океану. Головні морфоструктури.
12. Материкова відмілина. Материковий схил. Материкове підніжжя.
13. Рельєф ложа океану. Підводні хребти і котловини.
14. Серединно-океанічні хребти у океанах.
15. Глибоководні океанічні западини.
16. Гідротерми Світового океану.
17. Типізація морських берегів.
18. Абрязійна зона морських берегів. Форми абразійної скульптури.
19. Акумулятивні морські береги. Берегові вали. Берегові бари.
20. Прикладні проблеми вивчення берегів Світового океану: геоморфологічні дослідження при будівництві портів, для укріплення берегів, розвідки та видобутку корисних копалин тощо.
21. Донні океанічні відклади: класифікація за генезисом і речовинним складом.
22. Хімічний склад і солоність морської води.
23. Сольовий баланс Світового океану.
24. Горизонтальний і вертикальний розподіл солоності в Світовому океані.
25. Тепловий баланс Світового океану.
26. Теплові властивості морської води та причини зміни її температури.
27. Горизонтальний і вертикальний розподіл температури води в Світовому океані.
28. Часові зміни температури води в океанах і морях.
29. Теплова взаємодія океанів і материків.
30. Густина морської води та її залежність від температури та солоності.



31. Горизонтальний і вертикальний розподіл густини води в Світовому океані.
32. Поняття про водні маси Світового океану. Океанічні фронти.
33. Тиск води в океанах і морях.
34. Прозорість і колір морської води.
35. Акустичні властивості морської води.
36. Утворення, розвиток і класифікації льоду в океанах і морях.
37. Поширення льоду в Світовому океані.
38. Айсберги в Світовому океані.
39. Рівень океанів і морів та причини його коливання. Середній рівень і нуль глибин.
40. Загальна характеристика хвиль в океанах і морях.
41. Вітрові хвилі в Світовому океані.
42. Цунамі: загальна характеристика і райони поширення.
43. Припливно-відпливні явища у Світовому океані.
44. Теорія припливів та їх класифікація.
45. Значення конфігурації берегів, рельєфу дна океанів і гирл річок у формуванні припливів.
46. Величина припливів та їх характер у Світовому океані.
47. Течії в океанах і морях та їх класифікації.
48. Поверхневі течії Світового океану: загальна схема.
49. Загальна характеристика пасатних течій Світового океану.
50. Дрейфові течії Світового океану.
51. Припливно-відпливні течії в океанах і морях.
52. Глибинна циркуляція Світового океану.
53. Апвелінг, причини виникнення.
54. Течії в морях, зокрема, в Чорному й Азовському.
55. Водообмін у найвідоміших протоках Світового океану.
56. Вплив течій на режим океанів і морів та на клімат Землі.
57. Біорізноманіття морів і океанів.
58. Біологічні ресурси Світового океану.
59. Мінеральні ресурси Світового океану.
60. Гідроенергетичні ресурси океанів і морів та їх використання.
61. Забруднення Світового океану.
62. Технічні засоби захисту морського середовища від забруднення.
63. Гідроекологічна характеристика Чорного моря.
64. Гідроекологічна характеристика Азовського моря.
65. Глобальне потепління клімату Землі та його екологічні наслідки для Світового океану і суші.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Є. Бонк, І. Л. Дрогушевська та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2010. 328 с.
2. Карпенко Н. І. Рельєф морських берегів : навч. посіб. : для вищих навч. закл. Львів : Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. 308 с.
3. Карпюк З. К., Нетробчук І. М. Вплив біологічних процесів на гідрохімічні властивості води: цвітіння моря. *Science of post-industrial society : globalization and transformation processes* : with the proceedings of the I Correspondence International Scientific and Practical Conference, held on June 4<sup>th</sup>, 2021 by NGO European Scientific Platform (Vinnytsia, Ukraine) and LLC International Centre Corporative Management (Vienna, Austria). *International scientific journal Grail of Science*. Вінниця, Україна – Відень, Австрія. 2021. С. 418–422.
4. Карпюк Зоя. Біологічне забруднення морів Світового океану. *Věda a perspektivy*. № 8 (15). 2022. S. 148–160. DOI : [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-8\(15\)-148-160](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-8(15)-148-160).
5. Мізерський В. Динамічна геологія (Загальна геологія) : навч. посібник. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2011. 356 с.
6. Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. Загальна гідрохімія : підручн. Київ : Либідь, 1997. 384 с.
7. Постанова Кабінету Міністрів України «Про схвалення Морської природоохоронної стратегії України на період до 2036 р.» (№ 1240-2021-р. від 11.10.2021 р.). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-2021-%D1%80#Text>
8. Структура геопростору в курсі геологія і геоморфологія (ієрархічні системи): навч. посібник / упоряд. Ф. В. Зузук, В. В. Бенедюк. Луцьк : Іванюк В. П., 2017. 100 с.
9. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів навч. посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 114 с.
10. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : підруч. для ВНЗ. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.
11. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії [Електронний ресурс] : підручник. Київ : Ніка-Центр, 2012. 312 с.

## ВИСНОВКИ

Інтенсивне вивчення Світового океану на сучасному етапі розвитку суспільства викликане низкою причин: величезною площею морського середовища, його впливом на формування клімату планети, енергетичними, мінеральними, біологічними ресурсами. Світовий океан – це резерв економічного благополуччя мешканців планети. Крім того, неухильно зростає частка населення прибережних зон. Пильну увагу учених багатьох країн світу привертають питання ефективного використання різних видів енергії Світового океану. Зведені припливні електростанції: «Ране» (Франція) у затоці Сен-Мало (потужність 240 тис. кВт, виробіток електроенергії 540–560 млн кВт год/рік), у затоці Фанді (Канада) (6 млн кВт) та ін. Найбільшу за потужністю ПЕС (50 млн кВт), для постачання енергією Франції, Норвегії та Швеції, спроектовано в Західній Європі на півострові Котантен. Розроблені методи використання теплової енергії океану, створені спеціальні пристрої – перетворювачі хвильової енергії. Стрімко розвивається сфера вивчення і освоєння мінерально-сировинних ресурсів морів і океанів. З морської води вилучаються сіль, магній, калій, бром, здійснюються спроби отримання золота і урану. Розвідані і експлуатуються багато великих і дрібних прибережно-морських і підводних розсипних родовищ: оловоносні піски біля берегів Індонезії, Таїланду і Малайзії; золотовмісні розсипи біля берегів Північної Америки; алмазовмісні гравійні відклади біля берегів південно-західної Африки; прибережні рідкіснометалічні та магнетитові розсипи біля берегів Австралії, Індії, Японії; баритові родовища біля берегів США, бурштинові відклади в південно-східній частині Балтійського моря. У зоні океанічного шельфу у Світовому океані видобувається нафта і газ, де за останніми даними, відомо близько 400 нафтогазоносних басейнів, де зосереджено 65–70 % запасів нафти планети. Загальні запаси нафти на шельфі Світового океану оцінюються в 120–150 млрд т. Основними районами видобутку нафти і газу з морського дна є Мексиканська і Перська затоки, Каспійське море, Карибське море (поблизу берегів Панами, Гватемали і Нікарагуа), Яванське море (поблизу о. Ява), Північне море (поблизу берегів ФРН), Східнокитайське та Південнокитайське моря. Виявлене на дні Перської затоки родовище нафти Сафанія є найбільшим у світі серед морських родовищ нафти. Освоюються глибоководні родовища залізо-манганових конкрецій, загальні запаси яких оцінюються трільйонами тонн (залізо-мангановими конкреціями вкрито близько 20 % дна Світового океану). Як перспективна сировина для промисловості розглядаються глибоководні відклади – металоносні мули (у складі мулів виявлені цинк, мідь, срібло, золото). Біологічні ресурси океану і внутрішніх морів, на думку вчених, перевищують в чотири рази ресурси суші. Основну частку морського промислу складає риба – 60–70 млн т/рік, добування молюсків та ракоподібних (криля), видобуток морських водоростей і ссавців. Експлуатація ресурсів Світового океану призводить до його екологічного неблагополуччя. Здатність природних вод до самоочищення має певні межі. Необхідні спільні міжнародні зусилля для збереження екосистеми Світового океану.

## ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

- Абразійний берег** – високий, крутий берег океану, моря, озера чи водосховища, що його руйнують хвилі і прибії. Головними елементами рельєфу абразійного берега є абразійний підводний схил (бенч), береговий уступ (кліф), який обмежує берегову терасу з боку суші, хвилеприбійна ніша і підводна приєднана наливна акумулятивна тераса.
- Абразійно-акумулятивний берег** – поєднання абразійних і акумулятивних ділянок, що формують єдину взаємодіючу берегову систему.
- Абразія** – це процес руйнування берега або підводного берегового схилу хвилями і прибоєм.
- Акумулятивний берег** – наливний берег океану, моря, озера чи водосховища, складений наносами, що їх приносять хвилі та прибії.
- Апвелінг** – підйом глибинних шарів води на поверхню в морях і океанах. Розрізняють два типи апвелінгу – прибережний і у відкритому океані, зумовлений постійно дуючими вітрами, які зганяють поверхневі води в бік відкритого моря, а на їхню заміну на поверхню піднімаються води нижчих лежачих шарів.
- Бенч** – тераса (площадка), яка прилягає до кліфу і вироблена хвилями та прибоєм. Якщо бенч поширюється на значну частину берегового схилу, то його називають абразійною платформою, чи абразійною терасою.
- Берег** – це смуга земної поверхні, що прилягає до берегової лінії з боку суші і, якщо не враховувати припливи чи нагони, обмежена з цього боку деякою лінією, яка відображає максимальне поширення потоку води, що утворюється під час руйнування морських хвиль – прибіїного потоку.
- Берегова лінія** – лінія, якою суша межує з морем, тобто це лінія перетину горизонтальної водної поверхні з поверхнею суші.
- Береговий бар** – дуже велика берегова акумулятивна форма, що має відносну висоту (від підводного підніжжя) до 10–15 м, протяжність декілька десятків кілометрів і ширину від декількох сотень метрів до декількох кілометрів.
- Береговий вал** – низький видовжений вал, наливається штормовими хвилями, форма рельєфу тилового боку пляжу або акумулятивних берегових терас, утворена прибіїним потоком. Складені вали галькою, гравієм, піском, в окремих випадках – черепашником. Берегові вали, зазвичай, мають асиметричну форму: з боку моря пологий, з боку суші – крутий. Берегові вали належать до складних акумулятивних форм.
- Дельта** – ні зовина в пониззі річки, складена річковими наносами і розчленована розгалуженою мережею рукавів і проток. Утворюється така акумулятивна берегова форма перед гирлом річки на ділянці узмор'я внаслідок складної взаємодії річкового стоку, морського хвилювання, припливів, згінно-нагінних течій.
- Естуарій** – затоплене гирло річки – лійкоподібна звужена до вершини затока, що утворилася внаслідок підтоплення пониззя річкової долини і перетворена впливом річкових, хвильових і припливних процесів.
- Забурунення** – часткове руйнування хвилі на мілководді або ж на зустрічній течії внаслідок обвалювання верхньої частини її гребеня у наперед розміщену улоговину.
- Заплесок** – частина хвильового накату (прибіїного потоку), що піднімається найвище.
- Інгресія** – повільне проникнення морських вод у зниження рельєфу прибережної смуги при підвищенні рівня моря або зануренні берега.

- Кліф** – береговий уступ (зазвичай, крутий), який формується внаслідок руйнування корінних порід, що утворюють прибережну смугу суші. В нижній частині кліфу є хвилеприбійна ніша – заглиблення або виїмка, утворена хвилеприбійним потоком.
- Коразія** – процес руйнування гірських порід уламковим матеріалом, що його переносять води, лід, вітер тощо. Морська коразія – один із процесів абразії, що приводить до загального стирання порід, які формують бенч.
- Коса** – вузька надводна висунута в акваторію смуга наносів.
- Морський бриж** – це хвиля, яка рухається без допомоги вітру у відкритому океані. Хвилі, утворені сильними вітрами, загасають дуже повільно, отож долають дуже великі відстані вже без допомоги вітру. Найчастіше в одному й тому ж районі можна помітити дві або три системи брижів. Середня швидкість руху брижів становить 15–20 м/с. Дуже часто їхня швидкість перевищує 30 м/с.
- Лиман** – затоплене розширене гирло річки зі звивистими невисокими берегами, що перетворилось у мілку затоку; може бути відкритим у море чи відокремлюється від нього піщаною косою або пересипом.
- Перейма** – берегова акумулятивна форма, що з'єднує острів з корінним берегом або ж два острови між собою.
- Пересип** – низька і вузька смуга наносної суші із піску і гальки, що відокремлює лагуну чи лиман від моря.
- Підводний бар** – перша стадія розвитку берегового бара.
- Підводний береговий схил** – смуга морського дна, яка зазнає постійного впливу хвильових рухів (дії хвиль), що передаються з поверхні в придонні шари води.
- Пляж** – це проста акумулятивна форма рельєфу, що складена накопиченням наносів (валунних, галечникових, гравійних, піщаних, черепашникових, коралових тощо) в зоні прибійного потоку.
- Прибійний потік** або **накат** – накопичення хвилі вгору по схилу пляжу з подальшим її руйнуванням.
- Рефракція** – зміни напрямку поширення хвиль, зумовлені впливом рельєфу дна або ж дією течій.
- Рівень моря** – висота поверхні спокійного моря, яку вимірюють відносно деякого прийнятого за нуль горизонту.
- Стрілка** – вузька намивна смуга суші; довга коса із піску, черепашнику, гравію, що виступає в бік моря; мис у вигляді клину між двома річками або рукавами одної річки, що зливаються, чи закінчення острова біля обтікаючих його проток.
- Узбережжя** – зона взаємодії моря і суші, в межах якої поширені як сучасні, так і давні, чітко виражені в рельєфі, берегові форми.
- Уріз води** – це лінія перетину берегового підводного схилу з горизонтальною поверхнею спокійного моря без хвилювання; положення урізу води непостійне, воно залежить від коливань рівня моря, зумовлених припливами, нагонами та іншими причинами.
- Хвилі (морські хвилі)** – це такий тип періодичного коливального руху води, за якого частинки водного середовища здійснюють рух по деякій орбіті навколо умовного центру.

Навчально-методичне видання

**Карпюк Зоя Костянтинівна**

**ОКЕАНОЛОГІЯ:  
методичні рекомендації до практичних робіт**

Редактори *З. К. Карпюк, Т. В. Шевчук*

Комп'ютерна верстка *З. К. Карпюк*

Підписано до друку 25.06.2024. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Ум. друк. арк. 6,5. Обл.-вид. арк. 6,7. Зам. 100 Тираж 50.  
Папір офсетний. Гарнітура Times. Друк цифровий.

Видавець і виготовлювач ФОП Мажула Ю. М.  
43021, м. Луцьк, вул. Винниченка, 47/35.  
Тел. моб. 096 61 66 277, e-mail: [y.mazhula@gmail.com](mailto:y.mazhula@gmail.com)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру  
видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції  
серія ДК № 7662 від 07 вересня 2022 року