

Валентина Остапчук



МЕТЕОРОЛОГІЯ І ГІДРОЛОГІЯ

Навчально-методичний посібник

**Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя**

Валентина Остапчук

МЕТЕОРОЛОГІЯ І ГІДРОЛОГІЯ

Навчально-методичний посібник

Ніжин – 2024

УДК 551.5(075.3)

О-76

Рецензенти:

Барановська О. В. – доцент кафедри географії, туризму та спорту Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, кандидат географічних наук

Шовкун Т. М. – доцент кафедри географії, туризму та спорту Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, кандидат географічних наук

Остапчук В.

О-76 Метеорологія і гідрологія: навч.-метод. посіб. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2024. 158 с.

Навчально-методичний посібник призначений для допомоги студентам у виконанні лабораторно-практичних завдань і самостійному опануванні курсу «Метеорологія і гідрологія». Посібник містить коротке викладення теоретичного матеріалу з кожної теми, завдання до лабораторних занять, контрольні запитання і тести для самоперевірки, переліки необхідної географічної номенклатури, список рекомендованих джерел, глосарії, а також статистичний і картографічний матеріал для виконання завдань. Матеріали посібника розраховані на студентів-географів та вчителів.

© В. Остапчук, 2024

© НДУ ім. М. Гоголя, 2024

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
РОЗДІЛ 1. ЗЕМЛЯ У ВСЕСВІТІ	6
ТЕМА 1.1. СОНЯЧНА СИСТЕМА У ВСЕСВІТІ.....	6
ТЕМА 1.2. ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ.....	10
ТЕМА 1.3. ОСЬОВЕ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ ТА РОЗРАХУНКИ ЧАСУ	15
ТЕМА 1.4. ОРБІТАЛЬНИЙ РУХ ЗЕМЛІ.....	19
ТЕМА 1.5. ГРАВІТАЦІЙНЕ І МАГНІТНЕ ПОЛЯ ЗЕМЛІ.....	25
РОЗДІЛ 2. АТМОСФЕРА	30
ТЕМА 2.1. ЕВОЛЮЦІЯ, СКЛАД І БУДОВА АТМОСФЕРИ	30
ТЕМА 2.2. СОНЯЧНА РАДІАЦІЯ В АТМОСФЕРІ ТА НА ЗЕМНІЙ ПОВЕРХНІ	34
ТЕМА 2.3. ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ І НИЖНЬОГО ШАРУ АТМОСФЕРИ.....	43
ТЕМА 2.4. ВОДА В АТМОСФЕРІ. ОПАДИ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВОЛОЖЕННЯ.....	48
ТЕМА 2.5. АТМОСФЕРНИЙ ТИСК. ВІТЕР	55
ТЕМА 2.6. ЗАГАЛЬНА ЦИРКУЛЯЦІЯ АТМОСФЕРИ. ПОВІТРЯНІ МАСИ, АТМОСФЕРНІ ФРОНТИ, ЦИКЛОНИ Й АНТИЦИКЛОНИ.....	60
ТЕМА 2.7. ПОГОДА І КЛІМАТ. КЛІМАТИЧНЕ РАЙОНУВАННЯ	66
РОЗДІЛ 3. ГІДРОСФЕРА. СВІТОВИЙ ОКЕАН	71
ТЕМА 3.1. ГІДРОЛОГІЯ ТА ПРЕДМЕТ ЇЇ ВИВЧЕННЯ	71
ТЕМА 3.2. СВІТОВИЙ ОКЕАН І ЙОГО ЧАСТИНИ. РОЗВИТОК І РЕЛЬЄФ ДНА СВІТОВОГО ОКЕАНУ	75
ТЕМА 3.3. ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОД ОКЕАНІВ І МОРІВ	81
ТЕМА 3.4. ДИНАМІКА ВОД СВІТОВОГО ОКЕАНУ.....	86
ТЕМА 3.5. ВОДНІ МАСИ ТА СТРУКТУРНІ ЗОНИ. РАЙОНУВАННЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ	95
ТЕМА 3.6. ЖИТТЯ, ПРИРОДНІ РЕСУРСИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СВІТОВОГО ОКЕАНУ.....	101

РОЗДІЛ 4. ВОДИ СУХОДОЛУ	108
ТЕМА 4.1. ПІДЗЕМНІ ВОДИ	108
ТЕМА 4.2. РІЧКИ.....	113
ТЕМА 4.3. ОЗЕРА	126
ТЕМА 4.4. БОЛОТА	131
ТЕМА 4.5. ЛЬОДОВИКИ	134
СЛОВНИК МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ТЕРМІНІВ	138
СЛОВНИК ГІДРОЛОГІЧНИХ ТЕРМІНІВ	145
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	155
ДОДАТКИ	155

П Е Р Е Д М О В А

Підготовка майбутніх фахівців-географів розпочинається з циклу фундаментальних географічних дисциплін, що розглядають географічну оболонку та її компоненти. Серед таких дисциплін важливе місце посідає «Метеорологія і гідрологія», яка вивчає процеси і явища, що відбуваються в атмосфері та гідросфері – повітряній і водній оболонках Землі.

Засвоєння матеріалу цього досить складного і важливого курсу потребує послідовної аналітичної роботи, виявлення сутності та причинно-наслідкових зв'язків процесів і явищ, що формуються не лише в атмосфері та гідросфері, а і при їхній взаємодії з іншими оболонками Землі. Полегшити цю роботу і зробити її ефективнішою допоможе запропонований посібник.

З цією метою на початку кожної теми подані короткі теоретичні викладки щодо визначення основних понять, термінів і умов формування процесів і явищ. До кожної теми розроблені завдання, метою яких є поглиблення розуміння студентами теоретичного матеріалу та формування практичних навичок аналізу тематичних карт, таблиць, схем, виконання графічних робіт, розв'язування задач.

Наприкінці посібника наведені глосарій і перелік рекомендованих джерел.

РОЗДІЛ 1. ЗЕМЛЯ У ВСЕСВІТІ

Тема 1.1. СОНЯЧНА СИСТЕМА У ВСЕСВІТІ

Всесвіт – увесь матеріальний світ, різноманітний за формами, що їх набуває матерія й енергія, разом з усіма галактиками, зорями, планетами та іншими астрономічними об'єктами.

Сучасні, науково обґрунтовані, уявлення про походження та еволюцію Всесвіту почали складатися з початку ХХ століття. Важливу роль при цьому відіграли відкриття таких видатних вчених, як А. Ейнштейн та А. Фрідман, результатом яких стала **модель нестационарного Всесвіту, що розширюється**. Експериментальне підтвердження даної моделі Всесвіту дав Е. Хаббл.

Основним вченням виникнення Всесвіту вважається теорія про **Великий вибух**, який відбувся приблизно **13,8 млрд років** тому з подальшим розширенням Всесвіту. Внаслідок Великого вибуху виникла матерія, простір і час. Теорія вважає, що після Великого вибуху Всесвіт мав дуже високу температуру. Одразу після вибуху речовина почала поширюватися від центру вибуху; при цьому утворювалися ядра хімічних елементів, насамперед гелію та водню, та виділялася величезна кількість енергії, яка і зараз існує у Всесвіті у вигляді реліктового випромінювання.

У процесі розширення Всесвіту речовина поступово втрачала однорідність і збиралася у згустки, які починали ущільнюватися під дією сили гравітації та обертатися навколо своїх осей. Стискання призводило до виділення теплової енергії і поступового їх розігрівання. Коли температура всередині цих космічних тіл підвищувалася до критичної, починалися термоядерні реакції, що супроводжувалися вивільненням величезної кількості енергії і випромінюванням світла. Так формувалися **зірки**. Зірки і зараз продовжують еволюцію свого розвитку: вони можуть поступово розширюватися, перетворюючись на так званих **червоних гігантів**, або стискатися, перетворюючись на **білих карликів**, потім – на **нейтронні зірки**, а з них – на **чорні діри**. Менші згустки речовини стали обертатися навколо зірок, і з них поступово утворилися планети, астероїди, комети та інші космічні тіла.

На сьогодні вчені встановили, що 98% маси видимої речовини Всесвіту зосереджено в зірках. Переважна більшість зірок об'єднана в системи з 2-10 зірок – **сузір'я** – та системи, що складаються з мільйонів та мільярдів зірок – **галактики**. За формою галактики можуть бути *спіральними* (їх половина), *еліптичними*, *лінзоподібними* та *неправильними*.

Наша галактика, до складу якої входить Сонячна система, є спіральною і називається **Чумацький шлях**. Вона має форму диска, який ми бачимо ніби з ребра у вигляді білої туманної смуги на нічному небі. Сонячна система, знаходячись приблизно на середині радіуса галактики, робить повний оберт навколо ядра галактики за 250 млн років, тобто за **галактичний рік**.

Сонячна система складається з єдиної зірки – Сонця – та 8 великих планет, що обертаються навколо нього. За низкою ознак (табл. 1. 1) планети можна об'єднати у дві групи, відділені кільцем астероїдів: **внутрішні** планети або планети земної групи (Меркурій, Венера, Земля, Марс) та **зовнішні** або планети-гіганти (Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун). До складу Сонячної системи входять також астероїди, комети, метеорні тіла та космічний пил.

Завдання 1. Зобразіть схематично (у масштабі – в 1 см 100 000 км) Сонце та на його фоні планети Сонячної системи (табл. 1. 1, рис. 1. 1).



Рис. 1. 1. Приблизні розміри планет Сонячної системи одна відносно одної та Сонця

Завдання 2. Проаналізуйте таблицю 1. 1 та на її основі охарактеризуйте планети Сонячної системи, звертаючи увагу на відмінності внутрішніх та зовнішніх планет.

Таблиця 1. 1. Характеристики планет Сонячної системи

Тіла Сонячної системи	Відстань від Сонця, млн км	Екваторіальний радіус, км	Стиснення	Об'єм (у об'ємах Землі)	Період орбітального руху, роки	Маса (щодо Землі)	Середня густина, кг/м ³
Меркурій	57,9	2439	-	0,055	0,241	0,056	5430
Венера	108,2	6051	-	0,82	0,615	0,82	5250
Земля	149,6	6378	1/298	1,00	1,00	1,00	5518
Марс	227,9	3393	1/192	0,15	1,881	0,107	3950
Юпітер	778,3	71398	1/16	1290	11,86	317,9	1330
Сатурн	1427	60330	1/10	760	29,46	95,2	690
Уран	2870	26200	1/40	73	84,01	14,5	1270
Нептун	4497	24 764	1/60	60	164,8	17,1	1638

Таблиця 1. 1. (продовження)

Тіла Сонячної системи	Період осевого обертання	Орбітальна швидкість, км/с	Нахил екватора до площини орбіти	Кількість супутників	Прискорення вільного падіння, м/с ²
Меркурій	176 діб	49,7	2°	-	3,72
Венера	243 доби(зворотне)	35,0	173°18′	-	8,87
Земля	23 год. 56 хв. 4 с.	29,76	23°27′	1	9,81
Марс	24 год. 37 хв. 23с.	24,1	23°59′	2	3,76
Юпітер	9 год. 50 хв.	13,0	3°07′	95	25,00
Сатурн	10 год. 14 хв.	9,6	26°45′	146	11,00
Уран	17 год.18 хв.(зв)	6,8	97°52′	27	9,50
Нептун	16 год. 6 хв. 36 с.	5,4	29°34′	14	11,15

Аж до початку XVIII ст. панувало уявлення про **геоцентричну будову світу Птолемея**, за яким Земля, нерухома куля, знаходиться у центрі Всесвіту, а всі космічні тіла обертаються навколо неї. **М. Копернік**, спростувавши хибні уявлення, обґрунтував **геліоцентричну систему**, за якою Сонце знаходиться в центрі системи, а всі планети, зокрема й Земля, рухаються навколо нього. Розвинувши далі вчення Коперніка, **Н. Кеплер** вивів **закони руху планет** (рис. 1. 2):

- Усі планети рухаються по еліпсах, в одному з фокусів яких, спільному для всіх планет, знаходиться Сонце.

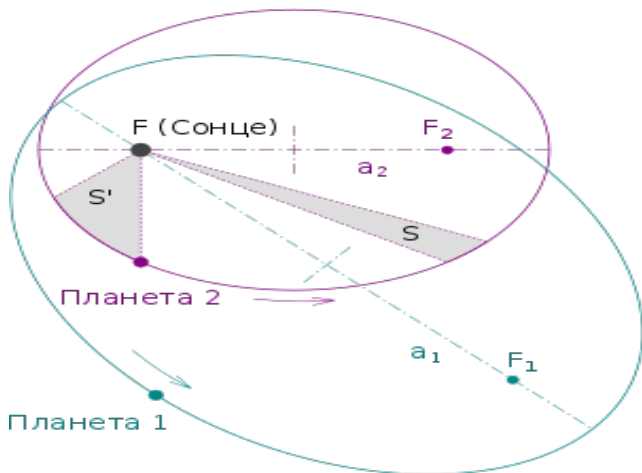


Рис. 1. 2. До пояснення законів руху планет Й. Кеплера (wikipedia.org)

Сонце – жовта зірка середньої величини та світимості, яка «прожила» вже 10 млрд. років. Діаметр Сонця – 1 392 000 км, що у 109 разів більше за земний. Складається воно переважно з водню (70%) та гелію (29%). Сонце обертається навколо осі з різною швидкістю на різних широтах.

У **будові** Сонця можна виділити *внутрішні* шари (зона термоядерних реакцій, зона променевої рівноваги та зона конвекції) та *зовнішні* або *сонячну атмосферу* (фотосфера, хромосфера та сонячна корона). Із сонячної корони відбувається безперервне витікання заряджених частинок – «сонячного вітру».

Завдяки термоядерним реакціям, температура в центрі Сонця становить 16 млн. °С, а на поверхні вона сягає 6 тис. °С. При цьому Сонце випромінює величезну кількість енергії, з якої одна двомільярдна частка доходить до Землі. Випромінювання Сонця не є постійним, а характеризується періодичними та неперіодичними змінами, що називаються **сонячною активністю**. Серед періодичних можна виділити цикли в 11, 22 та 90 років. Сонячна активність проявляється в утворенні у сонячній атмосфері сонячних плям, факелів, флокул, спалахів.

Контрольні запитання

1. Як, на думку вчених, утворився Всесвіт?
2. У чому полягає відмінність зірок від інших космічних тіл?
3. Як може відбуватися еволюція зірок?
4. Які системи зірок ви знаєте?
5. У чому полягає прогресивність геліоцентричної системи світу?
6. З яких оболонок складається Сонце?
7. За якими ознаками відрізняються зовнішні та внутрішні планети?
8. Що називається сонячною активністю та чим вона зумовлена?
9. Наша галактика – Чумацький шлях – за формою:
а) еліптична; б) спіральна; в) лінзоподібна; г) неправильна.
10. Галактичний рік – це період обертання:
а) Місяця навколо Землі; б) Землі навколо Сонця; в) нашої галактики навколо своєї осі; г) Сонячної системи навколо ядра галактики.
11. Сонце випромінює радіацію завдяки:
а) радіоактивному розпаду; б) термоядерним реакціям;
в) хімічним реакціям; г) внутрішньому тиску.
12. «Сонячний вітер» – це потік:
а) електрично заряджених частинок; б) променевої радіації; в) водню та гелію; г) кисню й азоту.
13. Яка з планет має найбільше стиснення?
а) Земля; б) Марс; в) Юпітер; г) Сатурн.
14. Яка з планет має найменшу густину?
а) Венера; б) Земля; в) Сатурн; г) Уран.
15. Яка з планет обертається навколо своєї осі найповільніше?
а) Меркурій; б) Венера; в) Земля; г) Марс.
16. Яка з планет обертається навколо своєї осі за годинниковою стрілкою (не так, як інші планети)?
а) Меркурій; б) Венера; в) Марс; г) Сатурн.
17. Яка з планет не має супутників?
а) Венера; б) Марс; в) Уран; г) Нептун.

Тема 1.2. ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Земля має єдиний природний супутник **Місяць**, що обертається навколо неї по еліптичній орбіті проти годинникової стрілки. Місяць має значні розміри (його радіус становить 1 738 км) і знаходиться порівняно недалеко від Землі (на середній віддалі 384 400 км), тому чинить значний вплив на нашу планету. Земля і Місяць обертаються навколо спільного центру мас, що знаходиться на віддалі 0,73 радіуса Землі від її центру. Крім того, як показали дослідження місячних порід, Земля і Місяць утворилися приблизно в один і той самий час (4,6 млрд р. тому). Усі ці чинники дають підставу розглядати Землю і Місяць у космічних масштабах як «подвійну планету».

Місяць здійснює повний оберт навколо Землі (відносно якоїсь віддаленої зірки) за 27 діб 7 год. 43 хв. Цей період називається **сидеричним або зоряним місяцем**. За той самий час Місяць обертається навколо своєї осі, тому він весь час повернений до Землі одним боком.

Протягом обертання навколо Землі Місяць змінює свій зовнішній вигляд. Видимі з Землі форми Місяця називаються його **фазами**. Зміна фаз Місяця відбувається через те, що в процесі обертання він займає різне положення відносно Землі і Сонця, а також тому, що Місяць не має власного випромінювання і світить відбитим сонячним світлом. Освітленою завжди є сторона Місяця, повернена до Сонця, але із Землі можна бачити або його освітлену півкулю (*повний місяць*), або лише тоненький серп (*молодий місяць*), або половину місячного диска (*перша чверть* та *остання чверть*) (рис. 1. 3).

Завдання 1. Замалюйте схему зміни фаз Місяця (рис. 1. 3). Зверніть увагу на відмінність у зовнішньому вигляді Місяця у першій та останній чверті.



Рис. 1. 3. Фази Місяця (<https://znanija.com/task/52820013>)

Проміжок часу між послідовними однаковими фазами Місяця називається **синодичним або сонячним місяцем**. Він триває 29 днів 12 год. 44 хв. і є довшим від сидеричного. Ця відмінність пояснюється тим, що, зробивши повний оберт навколо Землі, Місяць не перебуватиме у тому ж самому положенні відносно Сонця, тобто в тій самій фазі, оскільки за цей час Місяць разом із Землею проходить деякий шлях по орбіті навколо Сонця.

Площини орбіт Землі і Місяця перетинаються під кутом 5° . Точки перетину цих орбіт називаються **місячними вузлами**. Якщо Сонце, Земля і Місяць вишикуються на одній лінії, яка співпадає з місячними вузлами – **сизигії** – відбуваються місячне або сонячне затемнення (рис. 1. 4). **Місячне затемнення** відбувається, коли Земля знаходиться на одній лінії між Місяцем і Сонцем і перешкоджає освітленню Місяця сонячним промінням. **Затемнення Сонця** настає, коли Місяць стає на одній лінії між Землею і Сонцем і закриває собою сонячний диск. Під час сонячного затемнення можна спостерігати сонячну корону.

Завдання 2. Замалуйте схеми місячного і сонячного затемнень (рис. 1.4). Поясніть принцип утворення повного та часткового місячного і сонячного затемнень.

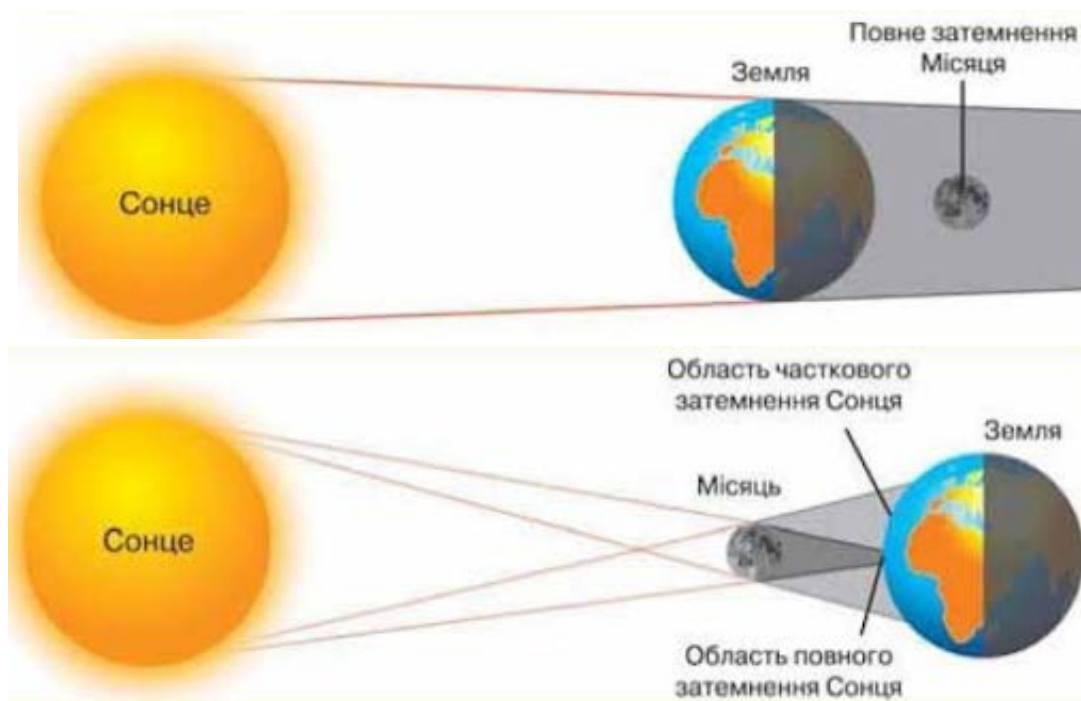


Рис. 1. 4. Місячне (вгорі) та сонячне (внизу) затемнення

На Місяці відсутня атмосфера, тому природні умови на ньому значною мірою відрізняються від земних. Добові коливання температури поверхні тут досягають 270°C (від $+120^\circ\text{C}$ на освітленій півкулі до -150°C на неосвітленій). Метеорні тіла вільно бомбардують поверхню Місяця, тому найхарактернішою формою

місячного рельєфу є кратери. Різкі коливання температури спричиняють механічне руйнування гірських порід, і поверхня Місяця вкрита шаром пухких порід.

На поверхні Місяця виділяються темні плями – так звані «моря», складені переважно базальтами, і світлі плями – так звані «материки», складені силікатами, збагаченими окислами алюмінію.

Місяць, притягуючи до себе Землю, спричиняє земні припливи і припливне тертя та підтримує постійний кут нахилу земної осі до площини орбіти.

Вперше думку про **кулясту форму Землі** висловив Піфагор (VI ст. до н.е.). Арістотель (у IV ст. до н.е.) навів докази кулястості Землі (кругла тінь Землі на Місяці під час місячного затемнення). Ератосфен (II ст. до н.е.) вперше досить точно обчислив розміри Землі.

I. Ньютон на межі XVII і XVIII ст. довів, що Земля, внаслідок осьового обертання та відцентрової сили, що виникає при цьому, набула форми **еліпсоїда**, тобто сплющена з боків полюсів і витягнута на екваторі. Проте, це сплющення є досить незначним – різниця довжин екваторіального та полярного радіусів становить 21 км.

Через неоднорідність речовинного складу та розподілу маси всередині Землі, її форма не є жодною правильною математичною фігурою. Уточнення форми і розмірів Землі у наш час зумовило введення нового терміну для означення фігури Землі – **кардіоїд** (серцеподібний). Кардіоїд враховує невелике сплющення в екваторіальних широтах, деяке перевищення поверхні (порівняно з еліпсоїдом) у помірних широтах південної півкулі та зниження її у помірних широтах північної півкулі, а також те, що приполярні широти північної півкулі знаходяться трохи вище, ніж поверхня еліпсоїда, а у південній півкулі – навпаки. Проте, ці відмінності не є суттєвими і становлять десятки або сотні метрів.

Однак, останні дослідження показали, що справжня форма Землі є оригінальною, властивою лише нашій планеті. Таку форму назвали **геоїдом** (землеподібний). Поверхня геоїда у кожній точці перпендикулярна до сили тяжіння. У межах Світового океану поверхня геоїда збігається з водною поверхнею, не порушеною дією інших сил.

Відхилення поверхні геоїда від кулі не перевищує 0,0015%, тому при вивченні процесів та явищ у географічній оболонці можна вважати Землю кулястою.

Значення кулястості Землі полягає у

- зональному розподілу сонячної радіації;
- поділі Землі на освітлену і неосвітлену півкулі;
- нескінченності та цілісності усіх геосфер.

Доказами кулястості Землі є:

- доказ Арістотеля;

- поступове занурення кораблів за обрій у відкритому океані;
- сучасні космічні дослідження;
- збільшення дальності видимого горизонту при піднятті спостерігача.

Завдання 3. Побудуйте графік залежності дальності видимого горизонту від висоти спостерігача (до висоти 10 000 м). Масштаби для побудови: горизонтальний (для дальності видимого горизонту) – у 1 см 50 км, вертикальний (для висоти спостерігача) – у 1 см 1 000 м). Чи дозволяє побудований графік зробити висновок про форму Землі? Залежність дальності видимого горизонту від висоти спостерігача відображає формула:

$$L = 3,83\sqrt{h},$$

де L – дальність видимого горизонту, км; h – висота спостерігача, м.

Завдання 4. За допомогою побудованого графіка (завдання 3) і карти визначте:

а) дальність видимого горизонту з найвищих вершин материків та заповніть таблицю 1. 2;

Таблиця 1. 2.

Дальність видимого горизонту з найвищих вершин материків

Материк	Найвища точка	Висота (м)	Дальність видимого горизонту (км)

б) чи можна бачити береги Індійського океану з вершини Кіліманджаро.

Дальність видимого горизонту з вершини Кіліманджаро візьміть із завдання 4, а. Реальну відстань визначте за картою, вимірявши найкоротшу відстань до узбережжя та скориставшись масштабом карти.

Значні розміри і маса Землі визначають силу земного тяжіння, що дозволяє утримувати потужну атмосферу, просторові масштаби процесів і явищ, що відбуваються у всіх геосферах.

Розміри Землі (за рівновеликим еліпсоїдом):

Радіус екваторіальний – 6 378,2 км;

Радіус полярний – 6 356,9 км;

Радіус рівновеликої кулі	– 6 371,2 км;
Полярне сплющення	– 21,3 км (1/300);
Довжина меридіана	– 40 008,6 км;
Довжина екватора	– 40 075, 7 км;
Об'єм Землі	– $1,083 \cdot 10^{12}$ км ³ ;
Маса Землі	– $5,98 \cdot 10^{27}$ г;
Площа земної поверхні	– 510,2 млн км ² .

Завдання 5. Побудуйте колові діаграми співвідношення площі води і суходолу на земній кулі, у Північній та Південній півкулях.

З усієї земної поверхні 71% площі становлять океани і лише 29% – континенти. Проте, у Північній півкулі відносно більше суходолу (39%), ніж у Південній (19%). Площа океанів, відповідно, становить 61% у Північній півкулі і 81% у Південній. При побудові колових (секторних) діаграм 1% відповідає 3,6°.

Контрольні запитання

1. Чому Землю і Місяць можна розглядати як подвійну планету?
2. Чому Місяць змінює свій зовнішній вигляд?
3. Чим можна пояснити різну тривалість сидеричного і синодичного місяців?
4. Що називається місячними вузлами?
5. За якої умови виникають місячне і сонячне затемнення?
6. Чому амплітуда коливання температури поверхні Місяця є дуже значною?
7. Які особливості місячного рельєфу ви знаєте?
8. Якою уявляли Землю люди у стародавні часи?
9. Яка сила зумовила кулястість Землі?
10. Що є причиною полярного сплющення Землі?
11. Чому форма Землі не є правильною математичною фігурою?
12. Як проводять поверхню геоїда? Від розподілу якої сили вона залежить?
13. Яке значення мають форма і розміри Землі?
14. Амплітуда коливань температури на поверхні Місяця становить
а) 170°C; б) 220°C; в) 270°C; г) 320°C.
15. У скільки разів радіус Місяця менший від земного?
а) 2; б) 4; в) 6; г) 8.
16. Внаслідок осьового обертання Земля набула форми
а) кулі; б) еліпсоїда; в) кардіоїда; г) геоїда
17. Якою є довжина одного градуса меридіана?
а) 92 км; б) 104 км; в) 111 км; г) 118 км.
18. Яку площу займає водна поверхня в Південній півкулі?
а) 62%; б) 71%; в) 76%; г) 81%.

Тема 1.3. ОСЬОВЕ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ ТА РОЗРАХУНКИ ЧАСУ

Земля обертається навколо своєї осі проти годинникової стрілки (із заходу на схід) і робить повний оберт за 23 год. 56 хв. 4 с. – **зоряну добу**.

Внаслідок осьового обертання кожна точка Землі рухається з певною лінійною та кутовою швидкістю.

Завдання 1. Обчисліть лінійну та кутову швидкість у містах: Каїр, Київ, Осло.

Лінійна швидкість (шлях, який проходить точка земної поверхні за одиницю часу) залежить від радіуса обертання, тому вона найбільша на екваторі і становить 465 м/с. На полюсах лінійна швидкість рівна нулю, а на будь-якій широті її можна визначити за формулою:

$$V = 465 \cos \varphi,$$

де V – лінійна швидкість, м/с; φ – географічна широта.

Кутова швидкість (кут, на який кожна точка Землі повертається за одиницю часу) не залежить від широти і становить $15^\circ/\text{год}$. (якщо повний оберт становить 360° , а його Земля робить за 24 год., то за 1 год. кожна точка проходить кут 15° ($360:24$)).

Осьове обертання Землі зумовлює ряд важливих **географічних наслідків**.

Зміна дня і ночі проявляється в пересуванні сонячного світла по земній поверхні зі сходу на захід. Завдяки нахилу земної осі до площини екліптики тривалість дня і ночі різна протягом року і на різних широтах.

Зміна дня і ночі зумовлює періодичність поступання сонячного світла, що спричиняє **добовий ритм** процесів і явищ у географічній оболонці: добовий хід температури земної поверхні та повітря, бризову циркуляцію, зміну активності рослин і тварин тощо.

На осьове обертання Землі значний вплив має Місяць. Завдяки значному притяганню Місяця виникає **припливне тертя**, яке поступово уповільнює осьове обертання Землі і, відповідно, збільшує тривалість земної доби на 1 секунду за 40 тис. років.

Відцентрова сила, що виникає при осьовому обертанні Землі, впливає також на **розподіл сили земного тяжіння** – зменшення її від полюсів до екватора.

Завдяки обертанню Землі навколо осі всі тіла, що рухаються над земною поверхнею, відхиляються у північній півкулі праворуч, а у південній – ліворуч. Це уявне відхилення називається **силою Коріоліса**. Ця сила направлена перпендикулярно до напрямку руху тіла і збільшується від екватора до полюсів. Вплив сили Коріоліса проявляється у підмиванні правих берегів річок, утворенні атмосферних вихорів, русі повітряних та водних мас тощо.

Ще одним наслідком осьового обертання Землі є можливість побудови **градусної сітки**, тобто системи паралелей і меридіанів. **Меридіани** – це уявні лінії, утворені при перетині земної поверхні площинами, що проходять через земну вісь. **Паралелі** - це уявні лінії, утворені при перетині земної поверхні площинами, перпендикулярними до земної осі. Градусна сітка дозволяє визначати географічні координати – широту і довготу.

Наслідком осьового обертання також є можливість розрахунків часу. Основною одиницею часу при цьому є **доба** – період, за який Земля робить оберт навколо своєї осі. Залежно від вибору початкової точки відліку повороту розрізняють зоряну і сонячну добу. *Зоряна доба* – це проміжок часу, за який Земля обертається навколо осі відносно певної зірки (23 год. 56 хв. 4 с.). *Сонячна доба* – це проміжок часу, за який Земля обертається навколо осі відносно Сонця. Вона довшіа від зоряної, оскільки разом з обертанням навколо осі Земля обертається навколо Сонця. Земля рухається по орбіті навколо Сонця з різною швидкістю, тому тривалість *справжньої сонячної доби* протягом року різніа.

Для зручності ведення розрахунків часу введено так зване «середнє» Сонце – уявну точку, що рухається по небосхилу за той самий час, що і справжнє Сонце, але рівномірно. *Справжня сонячна доба* має однакову тривалість протягом року. Початком доби є північ – нижня кульмінація Сонця. Верхня кульмінація називається полуднем. Для переходу від справжнього сонячного часу до середнього необхідно врахувати (додати) поправку – рівняння часу.

Зоряний і сонячний час певного пункту називається **місцевим часом**. Місцевий час однаковий для усіх пунктів, що лежать на одному меридіані. Різниця місцевого часу двох меридіанів відповідає різниці довгот цих меридіанів. Основою таких розрахунків є кутова швидкість осьового обертання Землі, а отже, і кутова швидкість видимого руху Сонця по небосхилу.

Завдання 2. Обчисліть місцевий час у Києві, якщо за Всесвітнім часом 6 година.

Всесвітній час – це місцевий час нульового (гринвіцького) меридіана. Географічну довготу Києва визначте за картою.

Для переходу від різниці довгот до різниці місцевого часу і навпаки слід враховувати такі співвідношення:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ год.} - 15^\circ & 1^\circ - 4 \text{ хв.} \\ 1 \text{ хв.} - 15' & 1' - 4 \text{ с.} \\ 1 \text{ с.} - 15'' & 1'' - 1/15 \text{ с.} \end{array}$$

Завдання 3. Визначте різницю місцевого часу між Ужгородом і Парижем.

Довготу Ужгорода і Парижа визначте за картою. За різницею довготи цих міст можна визначити різницю місцевого часу, використовуючи співвідношення, наведені у завданні 2.

Завдання 4. Визначте координати пункту, якщо висота Полярної зірки у ньому становить $49^{\circ}51'$, а місцевий час відстає від місцевого часу Ніжина на 24 хв. Знайдіть цей пункт на карті.

Висота Полярної зірки відповідає північній широті. Довготу Ніжина визначаємо за картою. Довготу пункту вираховуємо, використовуючи різницю місцевого часу, як у завданнях 2 і 3. Зверніть увагу, що час **відстає**, тобто шуканий пункт знаходиться західніше від Ніжина.

Місцевим часом, який відрізняється навіть на незначних відстанях, у повсякденному житті користуватися незручно. Тому в 1884 р. було введено **поясний час**. Земну кулю поділили на 24 (з нумерацією від 0 до 23) часові пояси, так щоб поясний час у сусідніх поясах відрізнявся на 1 год. (рис. 1. 5). Поясний час встановлюється за місцевим часом центрального меридіана, довгота якого кратна 15° . Центральним меридіаном 0-го поясу є гринвіцький меридіан. Межі часових поясів збігаються з меридіанами лише в межах океанів, а на материках враховуються кордони держав та їх союзів, особливості природи. Україна знаходиться у другому часовому поясі (рис. 1. 5).

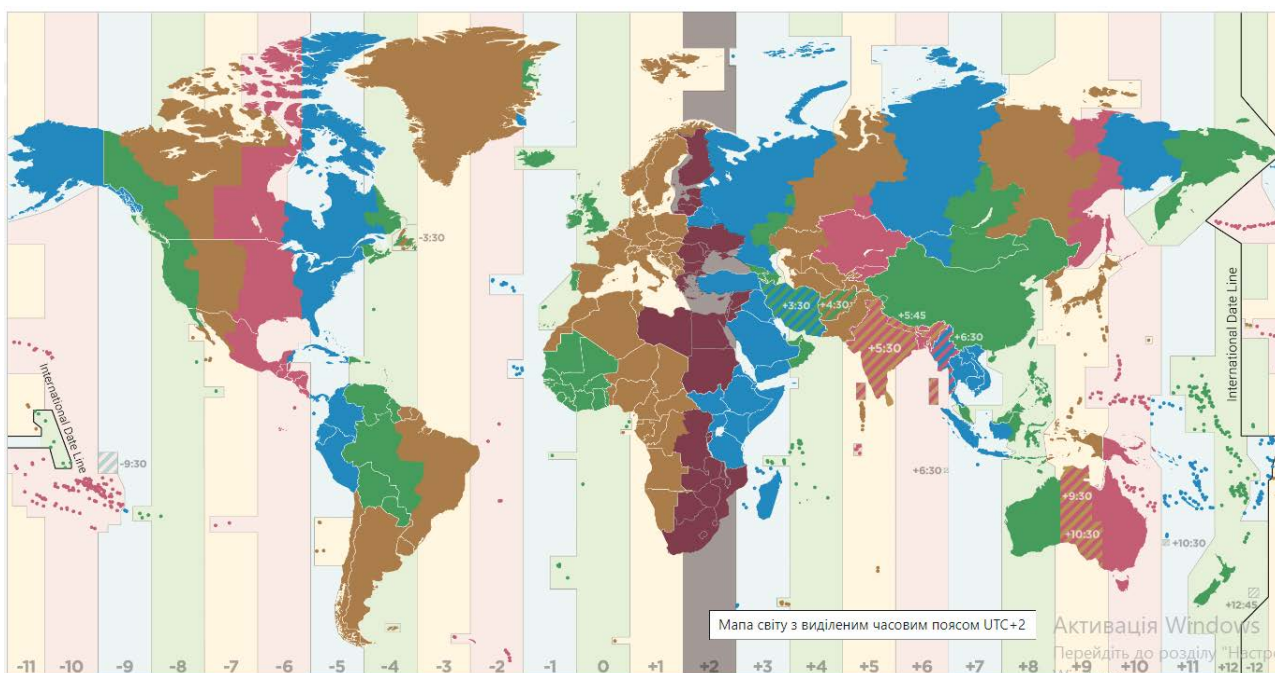


Рис. 1. 5. Інтерактивна мапа часових поясів <https://dayspedia.com/time-zone-map/?lang=uk>

Завдання 5. О котрій годині, за київським часом, зустрічають Новий рік на острові Гренландія?

Завдання 6. В яких часових поясах розташовані міста: Сідней, Токіо, Нью-Йорк, Лондон, Прага (рис. 1. 6)?

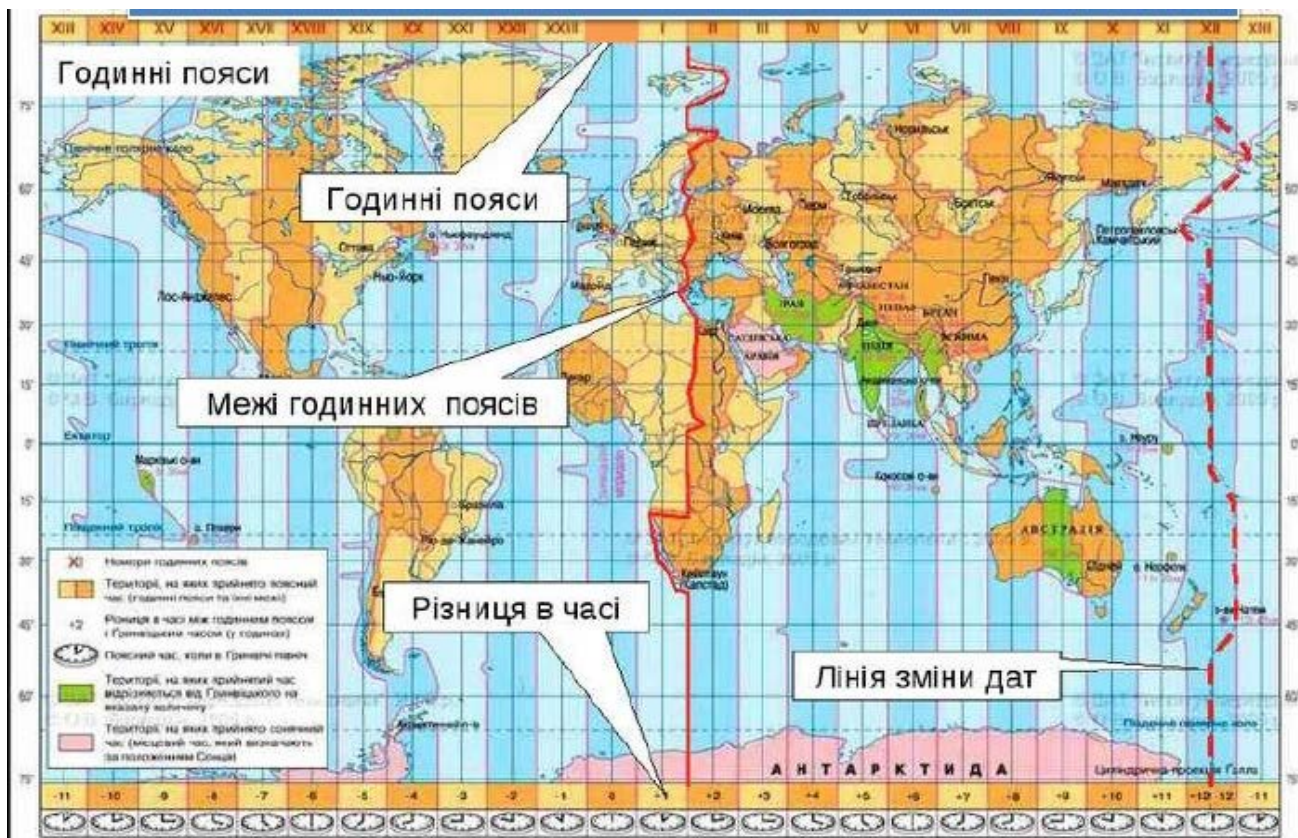


Рис. 1.6. Часові (годинні) пояси

З 1981 р. в Україні введено **літній час**, за яким навесні, в одну з недільних ночей, стрілки годинників переводять на 1 год. вперед проти поясного часу, а восени – назад.

За міжнародною угодою, новий календарний день починається опівночі за місцевим часом 180-го меридіана. Цей меридіан називається **лінією зміни дат**.

Завдання 7. Судно вийшло з Владивостока в середу 12 травня. В який день тижня і якого числа воно прибуде в Лос-Анджелес, якщо шлях зайняв 10 діб? При перетині 180-го меридіана із заходу на схід (назустріч Сонцю) одну добу треба вилучити, а при перетині зі сходу на захід – додати.

Контрольні запитання

1. Як залежать від широти кутова і лінійна швидкості осьового обертання Землі?
2. Які географічні наслідки спричиняє обертання Землі навколо осі?
3. Як виникає сила Коріоліса і яка її роль у географічній оболонці?
4. Що називається добою?
5. Чому справжня сонячна доба має різну тривалість упродовж року?

6. Які системи відліку часу ви знаєте?

7. Чому в основу розрахунків довгот і місцевого часу покладено кутову швидкість осьового обертання Землі?

8. Навіщо введено лінію зміни дат?

9. Розташуйте міста у порядку зростання їх лінійної швидкості обертання навколо земної осі:

а) Київ; б) Рим; в) Лондон; г) Осло.

10. Якою є географічна довгота пункту А, якщо місцевий час у ньому взимку випереджає київський поясний час на 16 хвилин?

а) 36° сх. д.; б) 26° сх. д.; в) 24° сх. д.; г) 34° сх. д.

11. На якому меридіані Новий рік настає найпізніше?

а) 150° зх. д.; б) 30° зх. д.; в) 30° сх. д.; г) 150° сх. д.

12. Як змінюється географічна широта?

а) від 0° до 90° ; б) від 0° до 180° ;

в) від 90° до 180° ; г) від 0° до 360° .

13. Як змінюється географічна довгота?

а) від 0° до 90° ; б) від 0° до 180° ;

в) від 90° до 180° ; г) від 0° до 360° .

Тема 1.4. ОРБІТАЛЬНИЙ РУХ ЗЕМЛІ

Земля рухається навколо Сонця по еліптичній орбіті проти годинникової стрілки. Сонце знаходиться в одному з фокусів еліпса, тому протягом руху Земля знаходиться на різній відстані від Сонця. Точка на земній орбіті, в якій відстань від Землі до Сонця найменша (147 млн км), називається **перигелієм**, і її наша планета нині проходить 4 січня. Найвіддаленіша точка земної орбіти (152 млн км) називається **афелієм**, і її Земля проходить 6 липня.

Швидкість руху Землі по своїй орбіті також неоднакова: у перигелію вона максимальна і становить 30,3 км/с, а в афелію – мінімальна – 29,3 км/с. Середня швидкість руху становить 29,76 км/с. Повний оберт по своїй орбіті (940 млн км) Земля робить за 365 діб 6 год. 9 хв. 3,6 с. – за **зоряний (сидеричний) рік**.

Географічні наслідки орбітального руху Землі:

- Зміна пір року завдяки нахилу земної осі до площини орбіти (екліптики).
- Річний цикл процесів і явищ у географічній оболонці.

Земна вісь нахилена до площини орбіти під кутом $66^\circ 33'$ і в процесі обертання навколо Сонця цей кут не змінюється. Однак, до Сонця вісь Землі

нахиляється то північним кінцем, то південним, то встановлюється перпендикулярно до сонячних променів. Залежно від положення земної осі відносно Сонця, на орбіті Землі виділяють точки рівнодення (весняного і осіннього) та сонцестояння (літнього і зимового).

Завдання 1. Замалюйте схеми освітлення земної кулі у дні рівнодення (рис. 1. 7) та сонцестояння (рис. 1. 8) й опишіть їх.

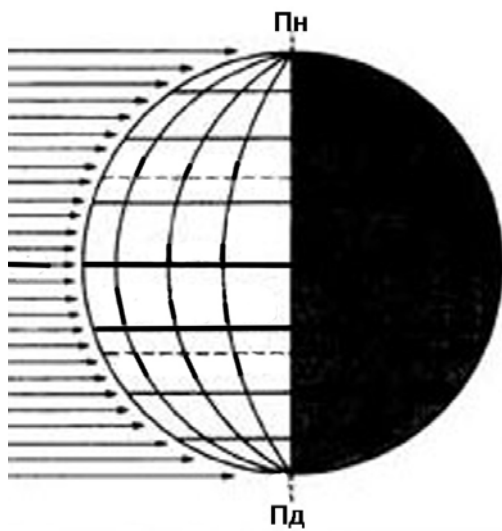


Рис. 1. 7. Освітлення Землі у день весняного й осіннього рівнодення

У дні весняного (20-21 березня) та осіннього (22-23 вересня) рівнодень земна вісь перпендикулярна до сонячних променів, тому світодільна площина проходить через полюси (рис. 1. 7). Сонце знаходиться в zenіті (під кутом 90°) над екватором. До полюсів кут падіння сонячних променів зменшується і на полюсах рівний 0° . Тому Північна і Південна півкулі освітлюються однаково, а день і ніч тривають по 12 годин.

21–22 червня (у день літнього сонцестояння) (рис. 1. 8, ліворуч) земна вісь максимально нахилена до Сонця північним кінцем – кут між віссю і світодільною площиною становить $23^\circ 27'$ ($90^\circ - 66^\circ 33'$). Тому сонячне проміння падає перпендикулярно на паралель $23^\circ 27'$ пн.ш. – північний тропік (тропік Рака). Світодільна площина проходить через паралель $66^\circ 33'$ пн. ш. – північне полярне коло. Тому на широтах від північного полярного кола до північного полюса Сонце протягом доби не заходить за горизонт – триває полярний день. Оскільки в цей день найкраще освітлена північна півкуля, то тривалість дня тут найбільша, а ночі – найменша. Відповідно в південній півкулі ніч є найдовшою, а день – найкоротшим. Від південного полярного кола до південного полюса триває полярна ніч – протягом доби Сонце не з'являється над горизонтом.

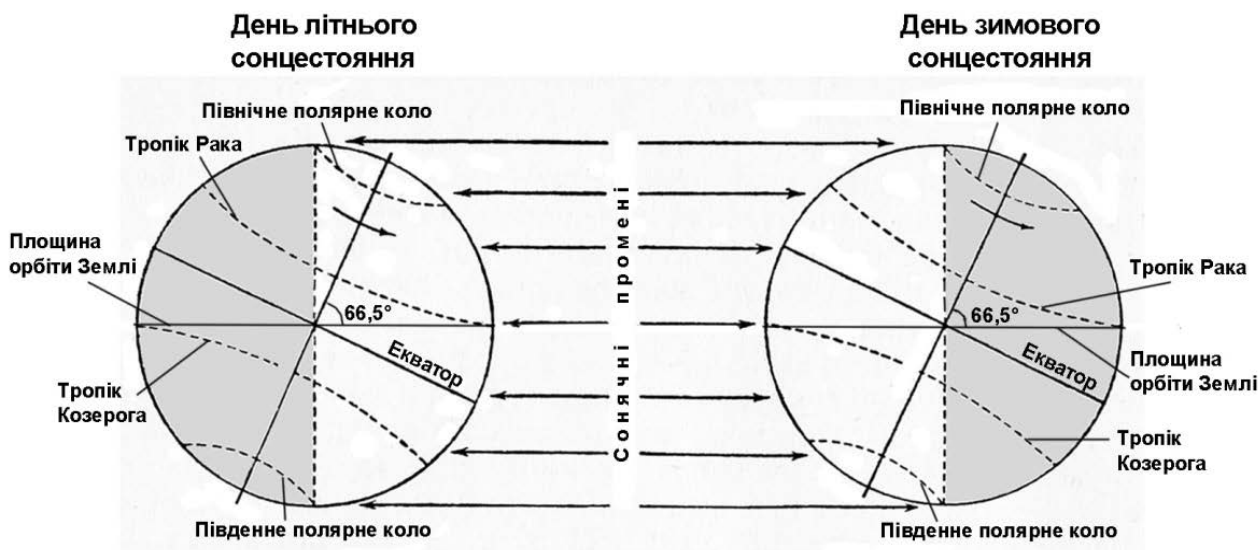


Рис. 1. 8. Освітлення Землі у дні літнього та зимового сонцестояння

21-22 грудня (у день зимового сонцестояння) (рис. 1.8, праворуч) земна вісь максимально нахилена до Сонця південним кінцем, тому найбільше сонячного світла отримує Південна півкуля. Сонце знаходиться в зеніті над паралеллю $23^{\circ}27'$ пд. ш. – південним тропіком (тропіком Козерога). За південним полярним колом стоятиме полярний день, а за північним – полярна ніч. Тривалість дня буде максимальною у Південній півкулі, а ночі – у Північній.

Отже, **тропіки** – це паралелі $23^{\circ}27'$ обох півкуль, на яких Сонце буває в зеніті один раз на рік. На інших широтах, між тропіками, Сонце буває в зеніті двічі, а між тропіками та полюсами не буває ніколи.

Полярні кола – паралелі $66^{\circ}33'$ обох півкуль, на яких Сонце одну добу на рік не заходить за горизонт і одну добу не з'являється над ним. На полюсах полярний день і полярна ніч тривають приблизно по півроку (між днями рівнодень).

Завдяки зміні протягом року кута між земною віссю та сонячним промінням змінюється також кут між сонячним промінням та площиною екватора – **сонячне схилення (або схилення Сонця)**. Знаючи сонячне схилення, можна розрахувати висоту Сонця опівдні (полуденну висоту Сонця) у будь-який день року, на будь-якій широті.

Завдання 2. Обчисліть полуденну висоту Сонця на певних широтах та заповніть таблицю 1. 3:

Таблиця 1. 3.

Полуденна висота Сонця на головних паралелях Землі

Основні точки орбіти	Пн. полюс	Пн. полярне коло	Пн. тропік	Екватор	Пд. тропік	Пд. полярне коло	Пд. полюс
Літнє сонцестояння			90°				
Осіньне рівнодення				90°			
Зимове сонцестояння					90°		
Весняне рівнодення				90°			

У дні рівнодення, коли сонячне проміння падає перпендикулярно на екватор, сонячне схилення рівне 0°. У день літнього сонцестояння воно становить +23° 27', а у день зимового сонцестояння – -23° 27'.

Враховуючи сонячне схилення, можна визначити полуденну висоту Сонця (найбільшу протягом доби) на будь-якій широті за формулою:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta,$$

де h – полуденна висота Сонця; φ – географічна широта; δ – сонячне схилення (табл. 1.3).

Примітки:

- 1) у дні сонцестояння при переході в Південну півкулю сонячне схилення змінює знак;
- 2) для контролю слід пам'ятати, де і коли Сонце знаходиться в зеніті (полуденна висота Сонця становить 90°).

Залежно від висоти Сонця та тривалості дня на Землі виділяють **пояси освітленості**, межами яких є тропіки та полярні кола. Між північним та південним тропіками лежить *тропічний* пояс освітленості, в якому Сонце двічі на рік буває в зеніті. Від тропіків до полярних кіл знаходяться *два помірні* пояси освітленості, в яких Сонце не буває в зеніті, але протягом доби відбувається зміна дня і ночі. Від полярних кіл до полюсів лежать *два полярних* пояси освітленості, для яких характерні полярні день і ніч.

Завдяки притяганню Місяця і Сонця, земна вісь описує північним і південним кінцями конуси. Це явище називається **прецесією**. Повний конус земна вісь описує за 26 тис. років. Прецесія призводить до різної тривалості сезонів. Зараз земна вісь дещо більше нахилиється до Сонця Північною півкулею, тому тривалість літнього сезону на кілька днів більша, ніж зимового. З тієї ж причини на полюсі наразі довшим на 7 діб є полярний день, аніж полярна ніч (табл. 1. 4).

Таблиця 1. 4.

Тривалість полярного дня і ночі на різних широтах (у добах)

Широта	Тривалість полярного	
	дня	ночі
66° 33	1	1
70°	65	60
75°	103	97
80°	134	127
85°	161	153
90°	186	179

Ще одним наслідком прецесії є те, що Земля проходить точку весняного рівнодення раніше, ніж замкне свій еліпс навколо Сонця. Через це тривалість тропічного року (періоду між двома послідовними проходженнями Землею точки весняного рівнодення) на 20 хв. менша, ніж зоряного.

За час сходу і заходу Сонця приймають моменти, коли верхній край сонячного диску торкнеться лінії горизонту. Азимутом сходу (заходу) Сонця є кут між меридіаном даного пункту (напрямом на північ) і напрямом на Сонце в момент його сходу (заходу), відрахований за годинниковою стрілкою (від 0° до 360°).

Завдання 3. Визначте час сходу і заходу Сонця та тривалість дня, якщо:

а) азимут сходу Сонця становить 85°;

б) азимут заходу Сонця становить 220°.

Щоб визначити час сходу (заходу) Сонця, треба азимут сходу (заходу) Сонця перевести в одиниці часу, врахувавши, що Земля повертається на 1° за 4 хв. Тривалість дня – це час між моментами сходу і заходу Сонця.

Тривалість найдовшого і найкоротшого дня (у дні сонцестояння) залежить від широти (табл. 1. 5). На екваторі це 12 год. На полярному колі триває полярний день (24 год.).

Таблиця 1. 5.

Тривалість найдовшого і найкоротшого дня на різних широтах у день літнього сонцестояння

Широта	Тривалість дня	
	найдовшого	найкоротшого
0°	12 год.	12 год.
10°	12 год. 35 хв.	11 год. 25 хв.
20°	13 год. 13 хв.	10 год. 47 хв.
23°27'	13 год. 30 хв.	10 год. 30 хв.
30°	13 год. 56 хв.	10 год. 04 хв.
40°	14 год. 51 хв.	9 год. 09 хв.
50°	16 год. 09 хв.	7 год. 51 хв.
60°	18 год. 30 хв.	5 год. 30 хв.
65°	21 год. 09 хв.	2 год. 51 хв.
66°33'	24 год. 00 хв.	0 год. 00 хв.

Літочислення тривалих проміжків часу ведеться за допомогою **календаря**. Основою для складання календаря є тропічний рік, тривалість якого 365 днів 5 год. 48 хв. 46 с.

У 46 р. до н.е. при Юлії Цезарі у Римі був прийнятий *юліанський* календар (старого стилю). За цим календарем, при округленні тропічного року до календарного (365 днів), залишок становив майже 6 год. Отже, за 4 роки набігала зайва доба. Тому в юліанському календарі кожен четвертий рік складається з 366 днів і називається високосним.

Проте, округлення 5 год. 48. хв. 46 с. до 6 год. за кілька століть призвело до «забігання» календаря вперед. У XVI ст. ця різниця складала 10 днів. Тому в 1582 р., за наказом папи римського Григорія XIII, було введено *григоріанський* календар (нового стилю), за яким було вилучено зайві 10 днів та для попередження їх набігання запропоновано кожні 400 років вилучати 3 доби, не вважаючи три з чотирьох роки, кратні 100, високосними.

Контрольні запитання

1. Чому на Землі відбуваються зміни пір року?
2. Чим обумовлена різна тривалість зоряного і тропічного року?
3. Які паралелі називають тропіками і полярними колами?
4. На яких широтах Сонце може бути в зеніті?
5. Що називається сонячним схиленням? У яких межах воно змінюється?
6. Від чого залежить полуденна висота Сонця у дні рівнодення?
7. Як визначити тривалість дня, знаючи час сходу і заходу Сонця?
8. Найшвидше по своїй орбіті Земля рухається, перебуваючи у
 - а) перигелію;
 - б) афелію;
 - в) апогею;
 - г) перигею.
9. У якому місті тривалість світлового дня 22 червня є найбільшою?
 - а) Суми;
 - б) Харків;
 - в) Одеса;
 - г) Ялта.
10. Якою є тривалість світлового дня 21 березня на Південному полярному полі?
 - а) 0 год.;
 - б) 8 год.;
 - в) 12 год.;
 - г) 24 год.
11. Яка максимальна полуденна висота Сонця можлива у межах України?
 - а) 44°;
 - б) 52°;
 - в) 69°;
 - г) 72°.
12. Яка пора року, якщо горизонтальний кут між точками сходу і заходу Сонця складає 270°?
 - а) зима;
 - б) весна;
 - в) літо;
 - г) осінь.

Тема 1.5 ГРАВІТАЦІЙНЕ ТА МАГНІТНЕ ПОЛЯ ЗЕМЛІ

За **законом всесвітнього тяжіння**, всі тіла притягують одне одного пропорційно їх масі та обернено пропорційно відстані між ними. Земля, маючи велечезну масу, притягує всі тіла, що знаходяться на її поверхні та над нею. Оскільки притягання Землі цими тілами, порівняно із земним притяганням, дуже незначне, під **гравітацією** розуміють силу земного тяжіння, тобто силу, з якою певне тіло притягується до центру Землі – його **вагу**.

Завдання 1. Вирахуйте, у скільки разів змінилася б вага людини на планетах Сонячної системи. Прискорення сили тяжіння візьміть з табл. 1. 1. Вагу тіла визначають за формулою:

$$P = m g,$$

де m – маса тіла, g – прискорення вільного падіння (середнє значення $g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

Примітка. Оскільки маса тіла є постійною величиною, то вага будь-якого тіла на іншій планеті зміниться у стільки разів, у скільки разів відрізнятиметься прискорення вільного падіння на цій планеті від земного значення ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

Сила тяжіння діє на земній поверхні і в навколоремному просторі (до висоти 40 тис. км) і складає гравітаційне поле Землі. На розподіл сили тяжіння впливає відстань до центру Землі та відцентрова сила, що виникає при осьовому обертанні Землі. Найбільше значення сила тяжіння має на полюсах, де відстань до центру Землі найменша, і відсутня відцентрова сила. На екваторі сила тяжіння є найменшою, бо тут відстань до центру Землі і відцентрова сила найбільші.

Завдання 2. У Сімферополі закуплено 10 кг фруктів. Як зміниться їхня вага на екваторі і на полюсі?

Сімферополь приблизно рівновіддалений від екватора і полюса, тому для нього можна враховувати середнє значення $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. Для випадку полюса $g_{\text{пол.}} = 9,83 \text{ м/с}^2$; для екватора – $g_{\text{екв.}} = 9,78 \text{ м/с}^2$.

Якби Земля була правильною нерухомою кулею з рівномірним розподілом речовини всередині, сила тяжіння на земній поверхні була б однаковою і мала б певне середнє значення. Таке теоретичне поле називається **нормальним**. Реальне гравітаційне поле характеризується складним розподілом сили тяжіння, тому виникають **гравітаційні аномалії** – різниця між фактичним та теоретичним значенням сили тяжіння. Гравітаційні аномалії несуть інформацію про внутрішню будову Землі.

Значення гравітаційного поля Землі:

- Створило кулясту форму Землі.
- Ущільнило внутрішню речовину і створило тверде ядро.
- Разом з радіоактивним розпадом породжує внутрішнє тепло Землі.
- Обумовлює структуру земної кори та прямування її до рівноваги.
- Утримує потужну атмосферу.
- Утримує всі предмети на земній поверхні у вертикальному положенні.
- Зумовлює багато процесів і явищ у географічній оболонці (рух води в річках, випадання опадів, зсуви, снігові лавини тощо).

Магнітне поле Землі – силове поле, виникнення якого зумовлене джерелами, що знаходяться в земній кулі. Силові лінії магнітного поля проходять від одного магнітного полюса до іншого. Стрілка компаса, встановлюючись вздовж силової лінії магнітного поля (магнітного меридіана), показує напрям на північний магнітний полюс, що дозволяє орієнтуватися на місцевості.

Напрямок силових ліній магнітного поля характеризують магнітні схилення та нахилення. **Магнітне схилення** – це кут між магнітним меридіаном (стрілкою компаса) і географічним меридіаном. Схилення може бути східним (додатнім) і західним (від’ємним). Лінії, що з’єднують точки з однаковими значеннями магнітного схилення, називаються **ізогонами**. Лінія нульового схилення – агонічна лінія – поділяє Землю на півкулі східного і західного схилень (рис. 1. 9).

Магнітне нахилення – це кут між вільно підвішеною стрілкою компаса і земною поверхнею. Магнітне нахилення змінюється від 0° на магнітному екваторі до 90° – на магнітних полюсах (рис. 1. 10). На північ від магнітного екватора, де стрілка компаса спрямовується вниз, нахилення додатне, а на південь від магнітного екватора – від’ємне. Силу магнітного поля характеризують **напругою**.

Завдання 3. Використовуючи магнітні карти (рис. 1. 9 та рис. 1. 10), визначте магнітне схилення та нахилення для Києва, Ліссабона, Якутська, Сіднея, Делі, Оттави.

US/UK World Magnetic Model - Epoch 2015.0
Main Field Declination (D)

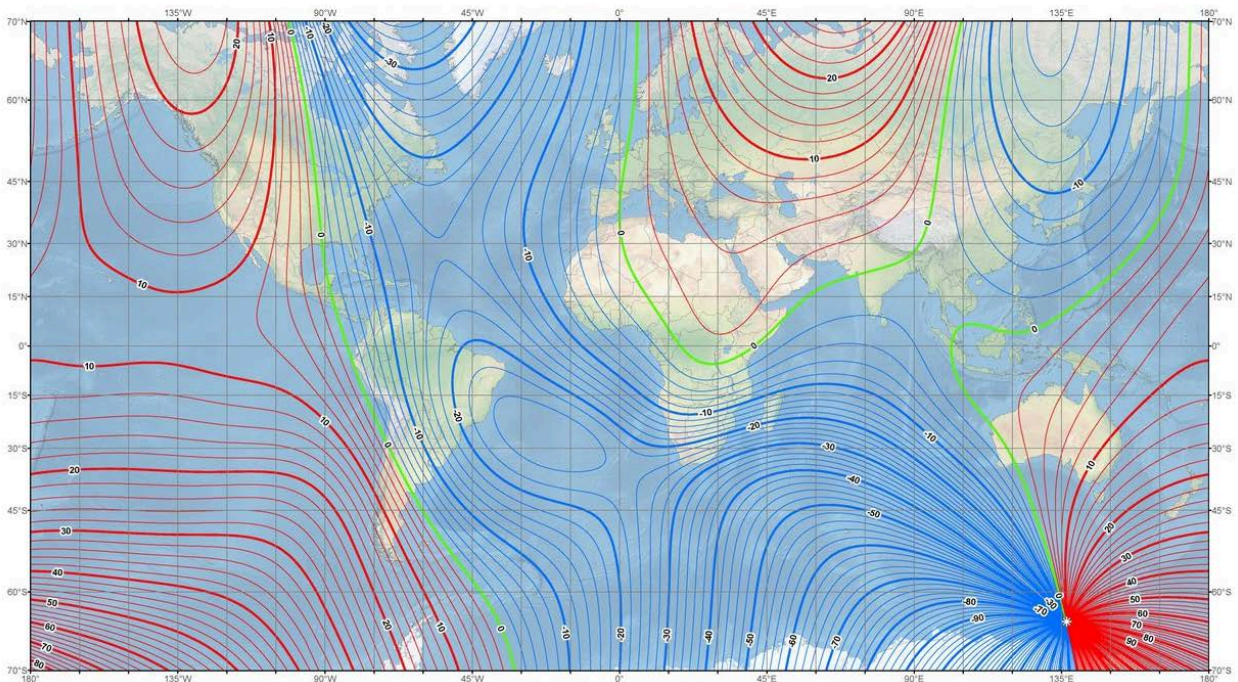


Рис. 1. 9. Магнітне схилення станом на 2015 рік (червоні ізогони відображають східне схилення; сині – західне)

US/UK World Magnetic Model -- Epoch 2010.0
Main Field Inclination (I)

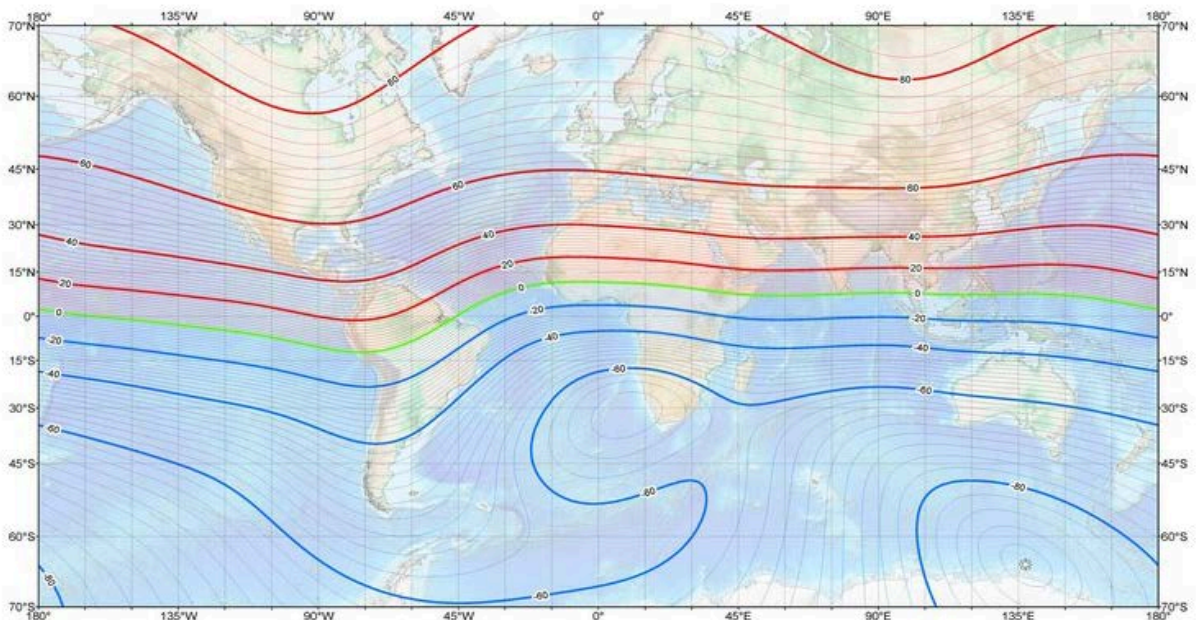


Рис. 1. 10. Магнітне нахилення станом на 2010 рік (червоні ізокліни відображають північне нахилення; сині – південне)

Відхилення характеристик магнітного поля від їх середніх значень називаються **магнітними аномаліями**. Розрізняють *світові* аномалії, викликані проце-

сами у земному ядрі, (наприклад, Східно-Сибірська) та *локальні*, зумовлені покладами залізних руд, (наприклад, Курська магнітна аномалія). З висотою магнітні аномалії згасають.

Магнітне схилення потрібно враховувати при орієнтуванні на місцевості. За допомогою компаса визначають магнітний азимут. Щоб перейти до географічного азимута, треба до магнітного азимута додати магнітне схилення, і отриманий кут відкласти на топографічній карті.

Завдання 4. Магнітне схилення становить $5^{\circ}30'$. Визначте:

а) географічний азимут, якщо магнітний азимут дорівнює $56^{\circ}40'$;

б) магнітний азимут, якщо географічний азимут становить $35^{\circ}10'$.

Зв'язок між географічним і магнітним азимутами встановлює формула:

$$A = M + D;$$

де A – азимут географічний; M – азимут магнітний (магнітний кут); D – магнітне схилення.

Магнітне поле Землі взаємодіє з «сонячним вітром», що надходить від Сонця. У результаті цієї взаємодії утворюється **магнітосфера** – найпротіжніша з оболонок Землі (рис. 1. 11). Заряджені частинки чинять тиск на магнітне поле Землі, тому магнітосфера асиметрична – стиснута з боку Сонця і витягнута з протилежного боку, утворюючи магнітний хвіст. На межі стикання «сонячного вітру» з магнітним полем виникає фронт ударної хвилі, після проходження якого, у перехідній зоні, заряджені частинки рухаються неупорядковано. Магнітопауза є зовнішньою межею власне магнітосфери.

Завдання 5. Замалюйте схему будови магнітосфери Землі (рис. 1. 11).

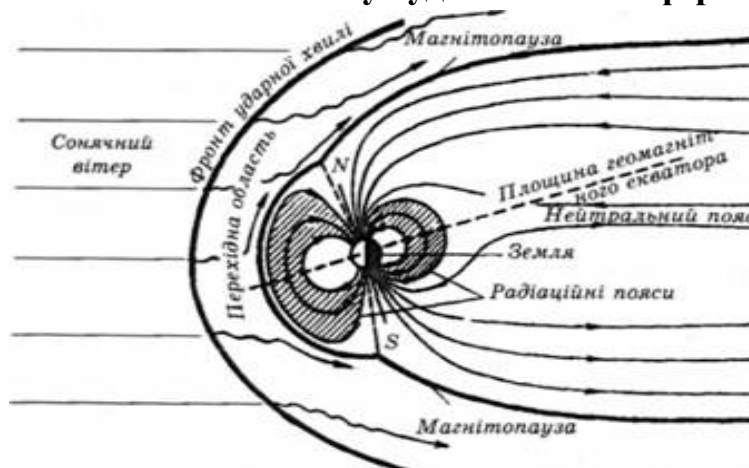


Рис. 1. 11. Магнітосфера Землі

Після проходження магнітосфери електрони і протони захоплюються силовими лініями магнітного поля і починають рухатися вздовж них, багаторазово відбиваючись від одного магнітного полюса до іншого, поки не згасне їх енергія.

Ці заряджені частинки становлять захоплену радіацію і концентруються на деяких висотах, утворюючи три **радіаційні пояси**. Нижній радіаційний пояс на висотах 600-1000 км утворюють електрони, середній (2400-5000 км) – протони і верхній (35-50 тис. км) – знову електрони.

Завдяки періодичним і неперіодичним змінам сонячної активності, а отже і «сонячного вітру», магнітосфера також зазнає змін – **варіацій**. До неперіодичних варіацій належать **магнітні бурі і полярні сяйва**, що є наслідком проривання деякої кількості заряджених частинок у нижчі щари атмосфери.

Магнітне поле захищає все живе на Землі від згубного впливу корпускулярного випромінювання Сонця – «сонячного вітру», впливає на зміни клімату, характеристики рідин, здоров'я та соціальну активність дюдей. Використовується для радіозв'язку, магнітних методів пошуку корисних копалин, орієнтування.

Контрольні запитання

1. Як і чому змінюється сила тяжіння від екватора до полюсів?
2. Чим зумовлені гравітаційні аномалії?
3. Які процеси і явища на Землі відбуваються за участю сили тяжіння?
4. Чому Землю називають величезним магнітом?
5. Як можна визначити напрям силових магнітних ліній на місцевості?
6. Що називається магнітосферою?
7. Як і на яких висотах утворюються радіаційні пояси?
8. Що є причиною виникнення магнітних бур і полярних сяйв?
9. У чому полягає значення магнітного поля Землі?
10. Де сила земного тяжіння буде найбільшою?
а) на екваторі; б) на тропіку; в) на полярному колі; г) на полюсі.
11. Де вільно підвішена стрілка компаса встановлюється вертикально?
а) на магнітному полюсі; б) на магнітному екваторі;
в) на географічному полюсі; г) на географічному екваторі.
12. Відхилення фактичного значення сили тяжіння від її нормального значення називається
а) ізолінією; б) вагою; в) нормою; г) аномалією.

Теми реферативних повідомлень до розділу

1. Сучасні дослідження зірок і галактик.
2. Чорні діри.
3. Еволюція Сонця і майбутнє Сонячної системи.
4. Цікаві факти про одну з планет Сонячної системи.
5. Особливості природи Місяця.
6. Календарі народів світу.
7. Сучасні зміни магнітного поля Землі.
8. Дослідження магнітосфери.

РОЗДІЛ 2. АТМОСФЕРА

Тема 2.1. ЕВОЛЮЦІЯ, СКЛАД І БУДОВА АТМОСФЕРИ

Атмосфера – це газова оболонка, що оточує земну кулю, утримується силою її тяжіння і обертається разом із Землею як єдине ціле.

Загальна маса атмосфери $5,15 \cdot 10^{15}$ т. За нижню межу атмосфери приймають поверхню суходолу та океанів, хоча невелика частка повітря проникає у верхні шари земної кори. Чітко вираженої верхньої межі атмосфера не має – вона поступово переходить у міжпланетний простір. Верхньою межею атмосфери вважається висота 2-3 тис. км, на якій густина повітря практично не відрізняється від густини міжпланетного простору.

Атмосфера утворена самою Землею. У процесі формування нашої планети внаслідок дегазації магми під час активних вулканічних процесів утворилася атмосфера, яка потім, у процесі еволюції, набула сучасного складу і потужності. У складі первісної атмосфери, окрім водяної пари, переважав вуглекислий газ, який надходив, як і зараз, із надр Землі при вулканічних виверженнях. Водень і гелій були майже повністю втрачені внаслідок їх дисипації (розсіювання) під впливом розігрівання надр Землі. Поступово вміст вуглекислого газу в атмосфері зменшувався завдяки його «вимиванню» у результаті зв'язування молекулами водяної пари, яких було дуже багато у складі первісної атмосфери. Молекули вуглекислоти, що утворювалися при цьому, разом з опадами випадали на поверхню Землі, формуючи Світовий океан.

Виникнення перших живих організмів, на думку дослідників, стало можливим завдяки невеликій кількості кисню, що утворювався в атмосфері під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця з молекул води. Подальший розвиток атмосфери пов'язаний із процесом фотосинтезу: зростає кількість біогенного кисню, зменшується кількість вуглекислого газу. Сучасний азот, на думку вчених, також біогенного походження – утворився при розкладі бактеріями азотистих сполук.

Сучасного складу атмосфера набула наприкінці мезозою. Остаточою її властивості сформувалися у результаті значного послаблення вулканічної діяльності в антропогені і розвитку зелених рослин, особливо фітопланктону, який є основним постачальником кисню в атмосферу.

Нині атмосфера складається переважно з **азоту** і **кисню** (табл. 2. 1). Загальна кількість кисню в атмосфері $15 \cdot 10^{14}$ т. Окрім указаних у таблиці газів, до складу

атмосфери входять водяна пара (від 0,2% у полярних широтах до 4% у екваторіальних) і тверді та рідкі частинки (аерозолі), в тому числі космічний пил.

Завдання 1. За даними таблиці 1 побудуйте колові (секторні) діаграми хімічного складу атмосфери за об'ємом і за масою. Чим можна пояснити відмінності діаграм?

Таблиця 2. 1. Хімічний склад чистого сухого повітря (до 95 -100 км)

Газ	Вміст за об'ємом, %	Вміст за масою, %
Азот	78,09	75,55
Кисень	20,95	23,10
Аргон	0,93	1,30
Вуглекислий газ	0,04	0,05
Неон, гелій, криптон, ксенон, аміак, водень, йод, озон	менше 0,01	менше 0,01

Примітка: Колові діаграми будуються в масштабі – в 1% 3,6°. Сектори (кути) відкладаються від північного напрямку за годинниковою стрілкою транспортиром. Вміст вуглекислого та інших газів зображується позамасштабно (лінією іншого кольору). Радіуси обох діаграм мають бути однаковими, а умовні позначення – спільними.

Завдання 2. За відсотковим умістом кисню та вуглекислого газу в атмосфері (табл. 2. 1, вміст за масою) та за кількістю в ній кисню ($15 \cdot 10^{14}$ т) визначте кількісний вміст в атмосфері вуглекислого газу (у тоннах).

Не зважаючи на мізерний вміст, велике значення мають такі складові атмосферного повітря, як вуглекислий газ та озон. **Вуглекислий газ** зосереджений у нижніх шарах атмосфери і, разом з іншими парниковими газами, є обігрівачем Землі. **Озон**, вміст якого найбільший на висотах 22-27 км (**озоновий шар**), поглинає ультрафіолетову сонячну радіацію, захищаючи від її згубного впливу життя на нашій планеті.

За низкою особливостей атмосферу поділяють на шари (сфери). *За характером зміни температури з висотою* атмосферу, поділяють на 5 сфер: **тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу** (за висотою загалом відповідає **іоносфері**) та **екзосферу**, що відокремлюються одна від одної перехідними шарами (паузами) (рис. 2. 1, табл. 2. 2). У тропосфері температура з висотою зменшується (знижується) на 0,6 °C на 100 м, тому що тут повітря нагрівається переважно від нагрітої Сонцем підстильної поверхні. У стратосфері температура підвищується через те, що тут знаходиться озоновий шар, який поглинає ультрафіолетову сонячну радіацію.

Завдання 3. Якою є середня температура січня на метеостанції Пожижевська (абсолютна висота 1450 м), якщо на вершині Говерли вона становить -11,4 °С?

Примітка: У тропосфері температура з висотою зменшується (знижується) на 0,6 °С на 100 м.

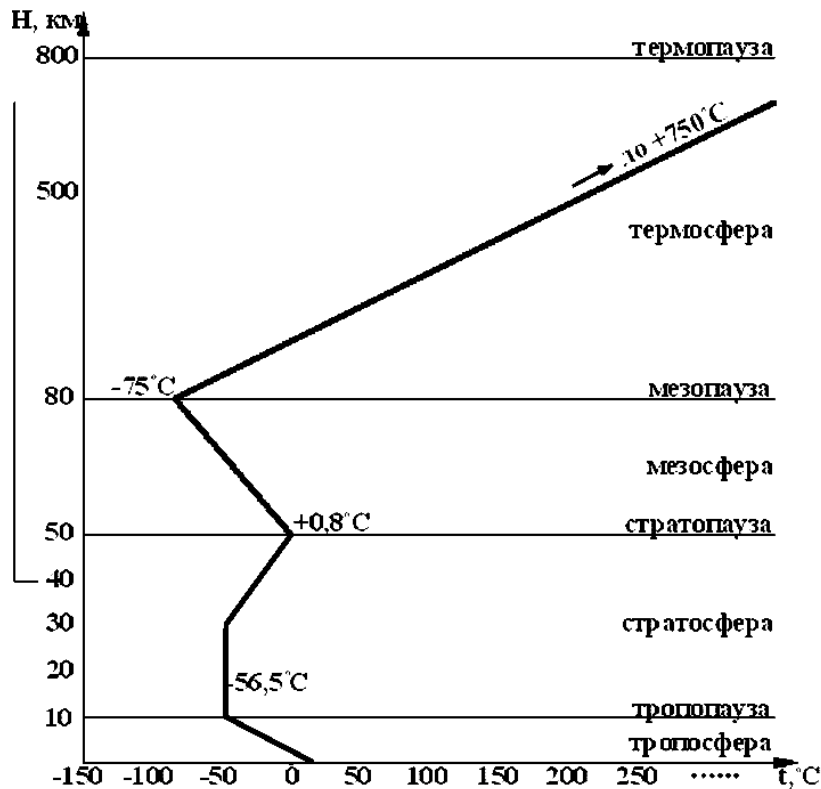


Рис. 2. 1. Вертикальна будова атмосфери

Завдання 4. За даними таблиці 2. 2 зобразіть потужність і послідовне розташування шарів атмосфери та побудуйте графік зміни температури з висотою. Масштаби для побудови: вертикальний – у 1 см 10 км; горизонтальний – у 1 см 10 °С. Позначте озоновий шар.

Середню зональну приземну температуру повітря для помірних широт візьміть 10 °С.

Таблиця 2. 2. Вертикальна будова атмосфери (за зміною температури повітря з висотою)

Сфери	Верхня межа, км	Температура з висотою	Перехідний шар
Тропосфера	8-10 над полюсами, 15-18 над екватором	знижується на 0,6 °С на 100 м	тропопауза
Стратосфера	50-55	після тропопаузи підвищується до 0 °С	стратопауза
Мезосфера	80-90	знижується до -80 °С	мезопауза
Термосфера	800- 900	підвищується	термопауза
Екзосфера	2-3 тис.	знижується	

Завдання 5. Проаналізуйте рис. 2. 2 й опишіть особливості процесів і явищ та засоби дослідження кожного з шарів атмосфери.

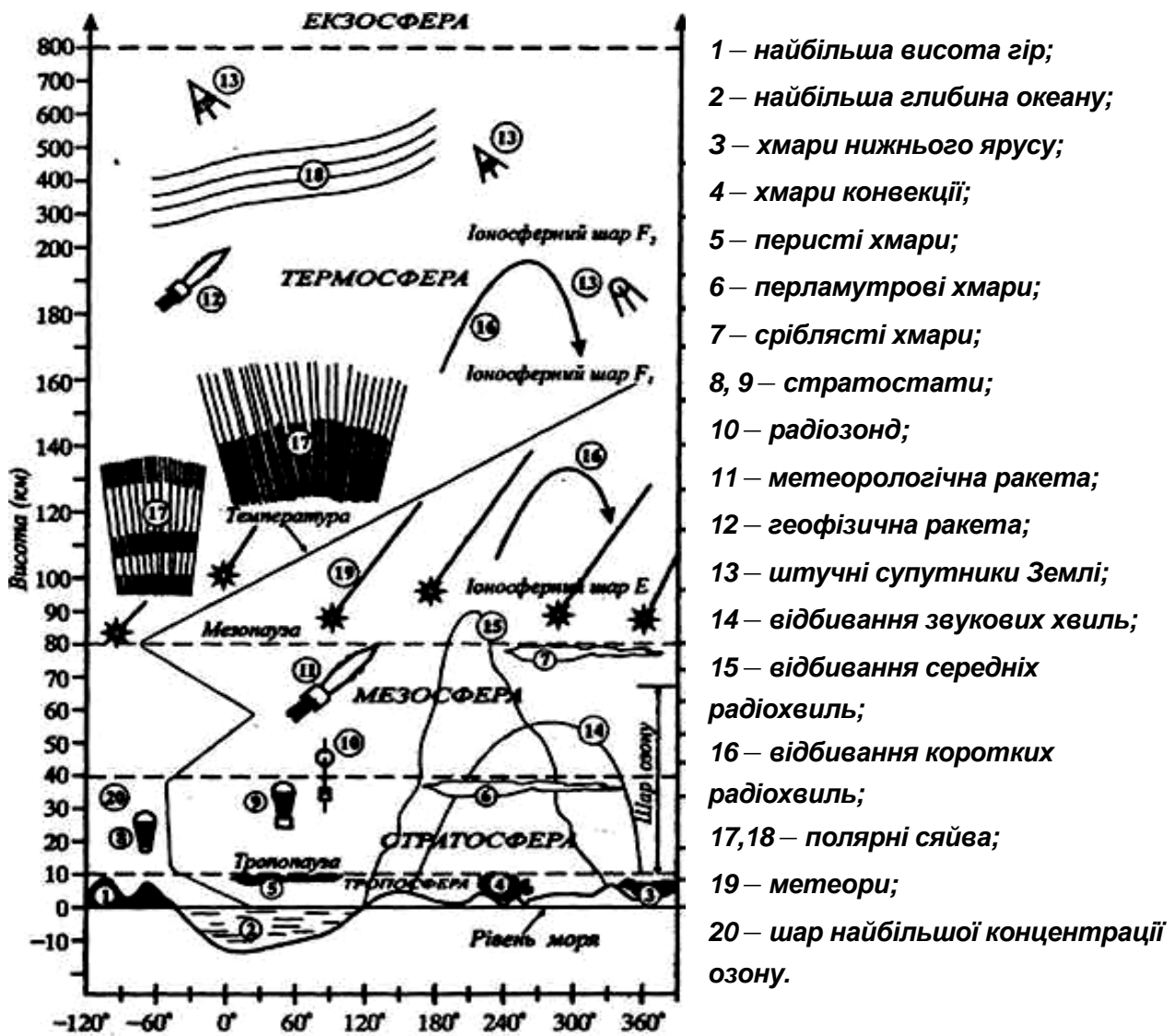


Рис. 2. 2. Вертикальна будова (розріз) атмосфери

За складом атмосферного повітря атмосферу поділяють на **гомосферу** (нижній шар до висоти 95-100 км, у якому співвідношення вмісту азоту і кисню є сталим) і **гетеросферу** (з висотою переважають атомарний азот і кисень, потім – гелій і у верхньому шарі – водень).

Контрольні запитання

1. Які якісні і кількісні зміни відбулися у процесі еволюції атмосфери?
2. Який сучасний склад атмосферного повітря?
3. Вкажіть межі атмосфери.
4. Які оболонки (сфери) виділяють у складі атмосфери за характером зміни температури з висотою?

5. Чому температура у тропосфері з висотою знижується, а у стратосфері – підвищується?
6. Чому термосферу часом називають іоносферою?
7. Що є джерелами забруднення повітря у вашій місцевості?
- Вміст кисню в атмосферному повітрі складає
- а) 78,1%; б) 20,9%; в) 0,93%; г) 0,03%.
8. Який газ найбільше поглинає ультрафіолетове сонячне випромінювання?
- а) вуглекислий газ; б) кисень; в) аргон; г) озон?
9. У якій із оболонок температура з висотою знижується до -80°C ?
- а) тропосфері; б) мезосфері;
в) стратосфері; г) термосфері?
10. У тропосфері температура повітря з висотою
- а) знижується на $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$; б) підвищується на $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$
в) підвищується на $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$; г) знижується на $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$;
11. Яка температура за бортом літака, який улітку летить над Ніжином на висоті 10 км?
- а) -30°C ; б) -40°C ; в) -60°C ; г) -70°C .
12. Якою є середня температура січня на Ай-Петрінській яйлі (абсолютна висота до 1346 м), якщо біля її підніжжя у селищі Місхор (Ялта) вона становить $+4^{\circ}\text{C}$?
- а) -2°C ; б) -4°C ; в) -6°C ; г) -8°C .

Тема 2. 2. СОНЯЧНА РАДІАЦІЯ В АТМОСФЕРІ ТА НА ЗЕМНІЙ ПОВЕРХНІ

Завдяки термоядерним реакціям, Сонце випромінює у космічний простір величезну кількість радіації, що складається із двох основних частин: променевої та корпускулярної.

Корпускулярна радіація – це потік електрично заряджених елементарних частинок (електронів і протонів), які іонізують верхні шари атмосфери, утворюють пояси радіації, викликають магнітні бурі та полярні сяйва, не проникаючи у стратосферу та тропосферу.

Променева радіація (світло) – це електромагнітне випромінювання Сонця, яке поширюється зі швидкістю $300\ 000\text{ км/с}$. Променева радіація складається з електромагнітних хвиль різної довжини. 56% загальної кількості променевої радіації складають короткі хвилі видимого спектру, 36% – інфрачервоні та 8% – ультрафіолетові. У метеорології променеву радіацію називають просто сонячною радіацією.

Потужність потоку променевої радіації Сонця характеризують **інтенсивністю сонячної радіації** (I) – кількістю тепла, що потрапляє на 1 см^2 абсолютно чорної поверхні, перпендикулярної до сонячних променів, за одну хвилину ($\text{кал}/\text{см}^2 \cdot \text{хв}$ або $\text{Дж}/\text{см}^2 \cdot \text{хв}$). На верхній межі атмосфери інтенсивність сонячної радіації у середньому становить $1,98 \text{ кал}/\text{см}^2 \cdot \text{хв}$. Ця величина називається **сонячною сталою** (I_0).

Проходячи товщу атмосфери, сонячна радіація значно змінюється та послаблюється, залежно від висоти Сонця (кута падіння сонячних променів) та прозорості атмосфери.

Коефіцієнт прозорості атмосфери (P) показує, яка частка радіації доходить до земної поверхні порівняно з I_0 . Якби атмосфера складалася тільки з газів і не містила водяної пари та аерозолів (*ідеальна атмосфера*), то на земну поверхню потрапляло б 90% сонячної радіації ($P=0,9$). Оскільки реальна атмосфера завжди містить водяну пару, аерозолі та хмари, послаблення сонячної радіації у ній набагато більше. Наприклад, коли все небо вкрите хмарами, P становить 0,2.

Оскільки щільність повітря з висотою зменшується, то масу повітря виражають не в кілометрах товщини атмосфери, а в оптичних масах. Одна **оптична маса** – це потужність атмосфери, яку проходять сонячні промені при зенітальному (під кутом 90°) положенні Сонця (рис. 2. 3). При зменшенні висоти Сонця, шлях сонячних променів (оптична маса атмосфери) збільшується.

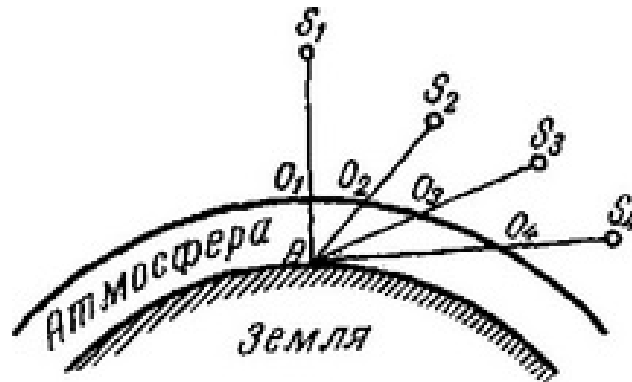


Рис. 2. 3. Шлях сонячних променів у атмосфері за різної висоти Сонця над горизонтом (S_1 ; S_2 ; S_3 ; S_4), B – точка спостереження

Завдання 1. Обчисліть інтенсивність сонячної радіації:

а) за висоти Сонця над горизонтом 85° та коефіцієнта прозорості атмосфери 0,5;

б) за висоти Сонця над горизонтом 10° та коефіцієнта прозорості атмосфери 0,3.

Інтенсивність сонячної радіації біля земної поверхні з урахуванням її послаблення в атмосфері обчислюють за **формулою Буге**:

$$I = I_0 \cdot P^m,$$

де I_0 – сонячна стала ($1,98 \text{ кал/см}^2 \square \text{хв}$);

P – коефіцієнт прозорості атмосфери;

m – оптична маса атмосфери.

Число оптичних мас (m) обернено пропорційне висоті Сонця (h) і його можна визначити за формулою:

$$m = \frac{1}{\sin h}.$$

Отже, пройшовши атмосферу, сонячна радіація послаблюється і до земної поверхні надходить у вигляді прямої і розсіяної.

Пряма радіація (c) – це сонячна радіація, яка надходить до земної поверхні від Сонця та навколосонячної зони у вигляді паралельних променів. Саме вона несе найбільшу кількість світла та тепла.

Розсіяна радіація (u) надходить до земної поверхні від усіх точок небосхилу, крім Сонця, у вигляді променів різних напрямків. Вона освітлює Землю у хмарні дні, ранкові та вечірні сутінки.

У сумі пряма та розсіяна радіація становлять **сумарну радіацію** (Q). Інтенсивність сумарної сонячної радіації на горизонтальну поверхню при довільному куті падіння сонячних променів називають **інсоляцією** (I').

Завдання 2. Обчисліть величину інсоляції якщо:

а) кут падіння сонячних променів дорівнює 75° , а інтенсивність сонячної радіації $0,74 \text{ кал/см}^2 \square \text{хв}$;

б) кут падіння сонячних променів дорівнює 30° , а інтенсивність сонячної радіації $0,56 \text{ кал/см}^2 \square \text{хв}$.

Інсоляція (I') визначається за формулою:

$$I' = I \square \sin h,$$

де I – інтенсивність сонячної радіації (на перпендикулярну поверхню); h – висота Сонця над горизонтом.

Завдання 3. Визначте величину інсоляції в м. Ніжин 8 лютого при інтенсивності сонячної радіації $2,8 \text{ Дж/см}^2 \square \text{хв}$. Географічна широта Ніжина $51^\circ 03'$ пн. ш.

Примітка: 1) висоту Сонця над горизонтом обчислюють за формулою:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta, \quad \text{де } \varphi - \text{географічна широта; } \delta - \text{схилення Сонця.}$$

2) значення схилення Сонця протягом року наведено у табл. 2. 3.

Таблиця 2. 3. Схилення Сонця протягом року

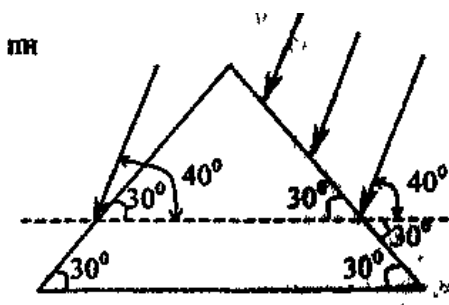
Число	Перше півріччя						Друге півріччя					
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-23°7'	-17°29'	-7°44'	+4°24'	+14°57'	+22°0'	+23°09'	+18°08'	+8°26'	-3°02'	-14°18'	-21°45'
2	-23°2'	-17°12'	-7°21'	+4°47'	+15°16'	+22°8'	+23°05'	+17°53'	+8°04'	-3°25'	-14°38'	-21°54'
3	-22°57'	-16°55'	-6°58'	+5°10'	+15°33'	+22°23'	+23°0'	+17°27'	+7°43'	-3°48'	-14°57'	-22°03'
4	-22°52'	-16°38'	-6°35'	+5°33'	+15°51'	+22°30'	+22°55'	+17°22'	+7°21'	-4°11'	-15°15'	-22°12'
5	-22°46'	-16°20'	-6°12'	+5°56'	+16°8'	+22°37'	+22°50'	+17°06'	+6°58'	-4°35'	-15°34'	-22°20'
6	-22°40'	-16°02'	-5°49'	+6°18'	+16°26'	+22°43'	+22°44'	+16°49'	+6°36'	-4°55'	-15°52'	-22°27'
7	-22°33'	-15°44'	-5°25'	+6°41'	+16°42'	+22°49'	+22°38'	+16°43'	+6°14'	-5°21'	-16°10'	-22°34'
8	-22°25'	-15°25'	-5°02''	+7°03'	+16°59'	+22°25'	+22°32'	+16°16'	+5°51'	-5°44'	-16°28'	-22°41'
9	-22°18'	-15°07'	-4°39'	+7°26'	+17°15'	+22°54'	+22°25'	+15°59'	+5°29'	-6°07'	-16°45'	-22°47'
10	-22°10'	-14°48'	-4°15'	+7°49'	+17°31'	+22°59'	+22°18'	+15°42'	+5°06'	-6°29'	-17°02'	-22°53'
11	-22°01'	-14°28'	-3°52'	+8°10'	+17°47'	+23°04'	+22°10'	+15°25'	+4°43'	-6°52'	-17°19'	-22°38'
12	-21°52'	-14°09'	-3°28'	+8°32'	+18°02'	+23°08'	+22°02'	+15°06'	+4°20'	-7°15'	-17°36'	-22°03'
13	-21°43'	-13°49'	-3°05'	+8°54'	+18°17'	+23°12'	+21°54'	+14°48'	+3°58'	-7°37'	-17°52'	-23°08'
14	-21°33'	-13°29'	-2°41'	+9°16'	+18°32'	+23°15'	+21°45'	+14°30'	+3°34'	-8°0'	-18°08''	-23°12'
15	-21°22'	-13°09'	-2°17'	+9°38'	+18°36'	+23°18'	+21°36'	+14°11'	+3°11'	-8°22'	-18°23'	-23°15'
16	-21°12'	-12°48'	-1°54'	+9°59'	+19°01'	+23°20'	+21°26'	+13°53'	+2°48'	-8°44'	-18°39'	-23°18'
17	-20°01'	-12°28'	-1°30'	+10°20'	+19°14'	+23°22'	+21°17'	+13°34'	+2°25'	-9°06'	-18°54'	-23°21'
18	-20°49'	-12°07'	-1°06''	+10°41'	+19°28'	+23°24'	+21°06'	+13°14'	+2°02'	-9°28'	-19°08'	-23°23'
19	-20°37'	-11°46'	-0°24'	+11°02'	+19°41'	+23°25'	+20°56'	+12°55'	+1°39'	-9°50'	-19°23'	-23°25'
20	-20°25'	-11°25'	-0°19'	+11°23'	+19°54'	+23°26'	+20°45'	+12°35'	+1°15'	-10°12'	-19°36'	-23°26'
21	-20°12'	-11°03''	-0°05''	+11°44'	+20°06'	+23°27'	+20°33'	+12°16'	+0°52'	-10°33'	-19°50'	-23°27'
22	-19°59'	-10°42'	+0°29'	+12°04'	+20°18'	+23°27'	+20°22'	+11°56'	+0°29'	-10°55'	-20°03'	-23°27'
23	-19°46'	-10°20'	+0°52'	+12°24'	+20°30'	+23°26'	+20°10'	+11°35'	+0°05''	-11°16'	-20°16'	-23°27'
24	-19°32'	-9°58'	+1°16'	+12°44'	+20°42'	+23°26'	+19°58'	+11°15'	-0°18'	-11°37'	-20°29'	-23°26'
25	-19°18'	-9°36'	+1°40'	+13°04'	+20°53'	+23°25'	+19°45'	+10°55'	-0°41'	-11°58'	-20°41'	-23°25'
26	-19°03'	-9°14'	+2°03'	+13°23'	+21°04'	+23°23'	+19°32'	+10°34'	-1°05'	-12°19'	-20°52'	-23°23'
27	-18°48'	-8°51'	+2°27'	+13°43'	+21°14'	+23°21'	+19°19'	+10°13'	-1°28'	-12°39'	-21°04'	-23°21'
28	-18°33'	-8°29'	+2°50'	+14°02'	+21°24'	+23°18'	+19°05'	+9°52'	-1°52'	-12°59'	-21°15'	-23°18'
29	-18°18'	-8°06'	+3°14'	+14°20'	+21°34'	+23°16'	+18°51'	+9°31'	-2°15'	-13°19'	-21°21''	-23°15'
30	-18°02'		+3°37'	+14°39'	+21°43'	+23°12'	+18°37'	+9°09'	-2°38'	-13°39'	-21°35'	-23°12'
31	-17°46'		+4°00'		+21°52'		+18°23'	+8°48'		-13°59'		-23°08'

Окрім астрономічних та географічних чинників (пора року, географічна широта), кут падіння сонячних променів залежить також від експозиції та крутості схилів. **Експозиція** схилу визначається стороною горизонту, до якої повернутий схил. Через те, що полуденне Сонце знаходиться на півдні, схили південної експозиції освітлюються і нагріваються краще, ніж північної.

Завдання 4. Визначте величину інсоляції схилів балки, що простягається із заходу на схід, якщо крутизна її схилів 30° , інтенсивність сонячної радіації $0,91 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв.}$, кут падіння сонячних променів 60° .

Завдання 5. Визначте величину інсоляції для схилів пагорба північної та південної експозиції опівдні 14 жовтня, якщо відомо, що пагорб розташований на 52° пн. ш, крутисть схилів 20° , коефіцієнт прозорості атмосфери $0,6$.

Приклад. Порівняйте інсоляцію на схилах пагорба південної та північної експозиції, який має крутисть схилів 30° , при висоті Сонця над горизонтом 40° та інтенсивності сонячної радіації $0,8 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв.}$



Розв'язання.

1) визначаємо кут падіння сонячних променів на південному та північному схилах:

$$h_{пн} = 40^\circ - 30^\circ = 10^\circ;$$

$$h_{пд} = 40^\circ + 30^\circ = 70^\circ;$$

2/ визначаємо інсоляцію на південному та північному схилах:

$$I_{пн} = 0,8 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв} \cdot \sin 10^\circ = 0,14 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв};$$

$$I_{пд} = 0,8 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв} \cdot \sin 70^\circ = 0,75 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв};$$

3) порівнюємо інсоляцію на північному та південному схилах пагорба: південний схил отримує сонячної радіації на $0,61 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв}$ більше, ніж північний.

Загальне уявлення про розподіл сонячної радіації по земній поверхні дають карти середніх багаторічних значень сумарної радіації за рік, сезон, місяць (рис. 2. 4).

Завдання 6. Проаналізуйте географічний розподіл сумарної сонячної радіації по земній кулі за рік (рис. 2. 4):

а) де і чому сумарна радіація за рік найбільша, де і чому найменша?

б) як змінюється річна сумарна радіація зі зміною широти?

в) поясніть відмінності річної сумарної радіації над материками і океанами у різних широтах.

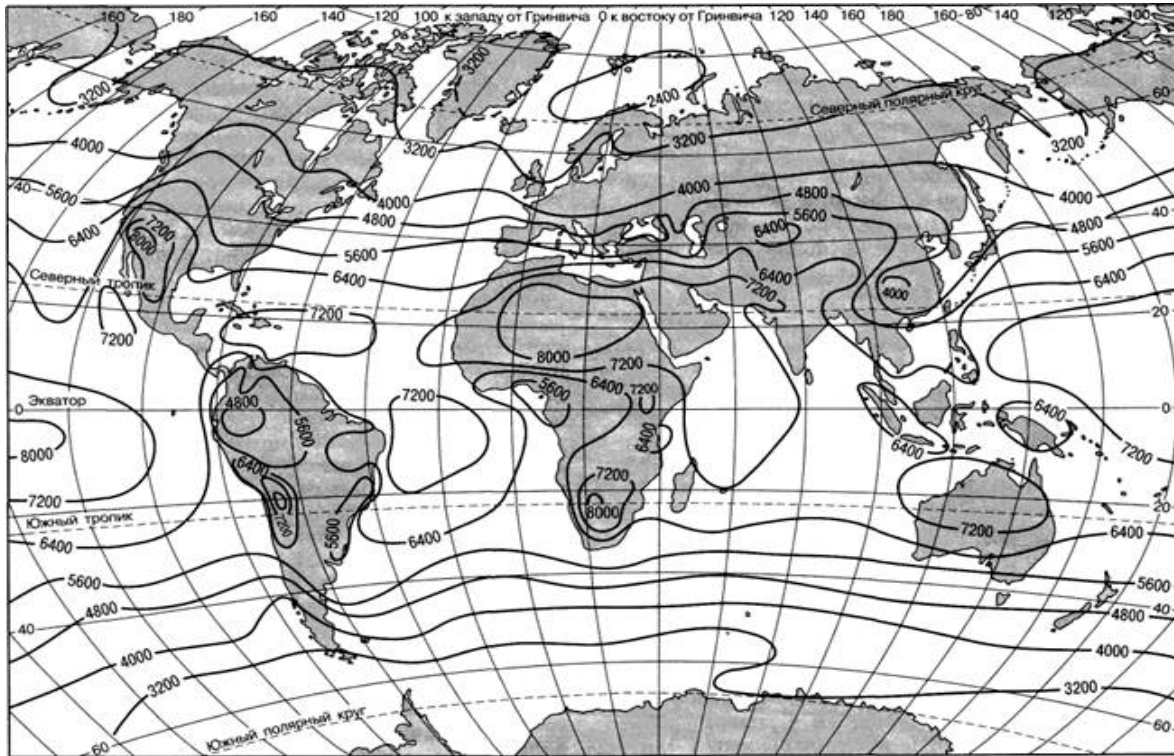


Рис. 2.4. Географічний розподіл сумарної сонячної радіації по земній кулі за рік (МДж/м²)

Сумарна сонячна радіація (Q), яка потрапляє на земну поверхню, частково відбивається від неї, а частково поглинається. Тому розрізняють **відбиту** (U) та **поглинуту** (C) радіацію, які разом становлять **сумарну радіацію** (Q):

$$U + C = Q,$$

де U – відбита радіація; C – поглинута радіація.

Здатність певної поверхні відбивати сонячну радіацію визначає альbedo (A) цієї поверхні. **Альbedo** – відношення інтенсивності відбитої радіації до сумарної, виражене у відсотках або у частках одиниці.

Найбільше значення альbedo має сніг, який щойно випав – до 90%. Альbedo піску становить 30-35%, чорнозему – 5-14%, зеленого листя – 20-25%. Найменше альbedo з усіх природних поверхонь має вода у стані спокою – до 2%.

Завдання 7. Визначте альbedo та поглинуту радіацію для поверхні снігу, якщо сумарна радіація на горизонтальну поверхню становить 3,85 Дж/см²·хв, а відбита - відповідно 3,10 і 2,07 Дж/см²·хв. Який сніг свіжіший?

Альbedo визначається за формулою:

$$A = \frac{U}{Q} \cdot 100\% \quad \text{або} \quad A = \frac{U}{Q}.$$

Поглинуту радіацію можна виразити з формули:

$$U + C = Q; \quad \text{тобто} \quad C = Q - U,$$

де U – відбита радіація; C – поглинута радіація.

Завдання 8. Визначте альbedo торфового болота, якщо сонячне проміння падає на його поверхню під кутом 30° , інтенсивність прямої сонячної радіації $1,1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв}$, розсіяна радіація становить 25% від прямої, а відбита радіація дорівнює $0,22 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв}$.

Альbedo впливає на температурний режим пір року в помірних широтах. Наприклад, у вересні і в березні Сонце знаходиться на однаковій висоті над горизонтом, але сонячна радіація у березні частково відбивається від укритої снігом земної поверхні, а також витрачається на танення снігу. Тому цей місяць холодніший, ніж вересень.

За законами фізики, кожне тіло, яке має температуру вищу від абсолютного нуля, випромінює теплову енергію. Тому земна поверхня (грунти, вода, сніг, рослинний покрив тощо), поглинувши короткохвильову сонячну радіацію, перетворює її на теплову і сама починає випромінювати довгохвильову інфрачервону невидиму радіацію. Випромінювання Землі називається **власним (земним) випромінюванням** (E_z) і, за законом Стефана-Больцмана, залежить від її абсолютної температури.

Земне випромінювання нагріває повітря і воно починає також випромінювати довгохвильову радіацію. Одна частина цього випромінювання йде у міжпланетний простір, а інша – до земної поверхні, і саме вона утворює **зустрічне випромінювання атмосфери** (E_A). Так як атмосфера нагрівається від земної поверхні, то власне випромінювання Землі завжди буде більшим, ніж зустрічне випромінювання атмосфери, а різниця цих потоків енергії (**ефективне випромінювання** ($E_{E\Phi}$)) направлена від земної поверхні.

Завдання 9. В ясну літню ніч температура поверхні ґрунту становить 27°C , а температура повітря 15°C . Визначте ефективне випромінювання земної поверхні. Як воно змінюється зі збільшенням хмарності?

Ефективне випромінювання ($E_{E\Phi}$) визначається за формулою:

$$E_{E\Phi} = E_z - E_A.$$

Земне й атмосферне випромінювання визначається за законом Стефана-Больцмана:

$$E = \sigma T^4,$$

де $\sigma = 8,16 \cdot 10^{-11} \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв}$ – стала Стефана-Больцмана;

T – абсолютна температура за шкалою Кельвіна.

Примітка: При вимірюванні температури за шкалою Цельсія $T = 273 + t^\circ\text{C}$.

За рахунок ефективного випромінювання відбувається охолодження земної поверхні та нижнього шару повітря. Максимальне значення ефективного випромінювання має у тропічних пустелях (відсутня хмарність і повітря сухе) – до $80 \text{ ккал/см}^2 \cdot \text{рік}$.

Здатність атмосфери завдяки наявності у ній водяної пари, вуглекислого газу, озону та інших малих складових пропускати короткохвильову радіацію Сонця і

затримувати довгохвильову радіацію Землі називають **парниковим ефектом**. Без нього, наприклад на Місяці, температура протягом доби змінюється на 270°C .

Отже, Земля одночасно одержує радіацію (прибуток – поглинута сонячна радіація) і віддає її (витрата – ефективне випромінювання). Різниця між прибутком і витратою радіації називається **радіаційним балансом** або залишковою радіацією:

$$R = Q(1 - A) - E_{\text{ЕФ}},$$

де Q – сумарна сонячна радіація; A – альбедо; $E_{\text{ЕФ}}$ – ефективне випромінювання.

Радіаційний баланс земної поверхні є від'ємним уночі і додатним удень. Річний радіаційний баланс позитивний для майже всієї поверхні планети, за винятком льодовиків Гренландії та Антарктиди (рис. 2. 5).

Завдання 10. Проаналізуйте карту розподілу радіаційного балансу за рік (рис. 2. 5), вказавши:

- широти найбільших і найменших значень радіаційного балансу;
- прояв географічної зональності над Світовим океаном і суходолом;
- причини розриву ліній рівних значень радіаційного балансу при переході з водної поверхні на суходіл;
- причини нерівномірного розподілу радіаційного балансу на тих самих широтах Північної та Південної півкуль.

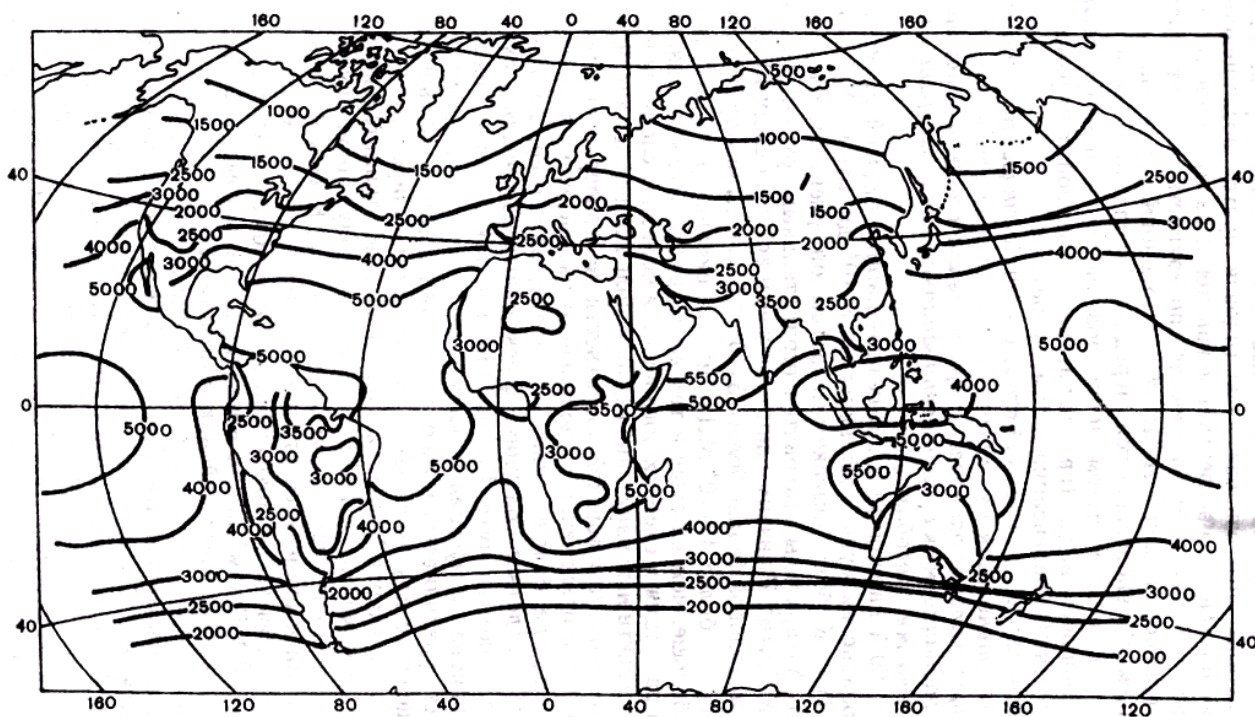


Рис. 2. 5. Географічний розподіл радіаційного балансу по земній кулі за рік ($\text{МДж}/\text{м}^2$)

Процес надходження й витрати сонячної енергії, нагрівання й охолодження всієї системи атмосфера - підстильна поверхня характеризується тепловим балансом. **Тепловий баланс** показує, на які процеси витрачається надлишок тепла, якщо радіаційний баланс додатний, і за рахунок яких процесів відновлюється нестача тепла, якщо радіаційний баланс від'ємний:

$$R = P + LE + B,$$

де R – радіаційний баланс земної поверхні; P – турбулентний теплообмін між земною поверхнею й атмосферою; LE – витрата тепла на випаровування або виділення тепла при конденсації водяної пари; B – потік тепла від поверхні Землі до нижніх шарів ґрунту.

У середньому за рік верхні шари ґрунту не нагріваються і не охолоджуються, тому для суходолу формула теплового балансу має вигляд:

$$R = P + LE.$$

Для пустель, через незначні витрати тепла на випаровування, можна знехтувати другою складовою:

$$R = P.$$

Контрольні запитання

1. Що називається сонячною радіацією?
2. Які перетворення сонячної радіації відбуваються в атмосфері?
3. Які фактори впливають на інтенсивність сонячної радіації?
4. Яка різниця між інтенсивністю сонячної радіації та інсоляцією?
5. Яка різниця між реальною та ідеальною атмосферою?
6. Як впливає експозиція і крутість схилів на кількість сонячної радіації, що на них потрапляє?
7. Яка радіація називається прямою, розсіяною, сумарною?
8. Чому річна сумарна радіація є найбільшою не в екваторіальних широтах, а у тропічних?
9. На які частини поділяється сумарна сонячна радіація?
10. За якою формулою визначають альбедо?
11. Що називається ефективним випромінюванням і від чого воно залежить?
12. Коли протягом доби урівноважуються прибуток і витрата радіації? Як це пов'язано з добовим ходом температури повітря?
13. Яке значення парникового ефекту для Землі?
14. Якого вигляду набуває рівняння теплового балансу для пустель?
15. За якої висоти Сонця оптична маса атмосфери є найменшою?
а) 0° ; б) 45° ; в) 90° ; г) 135°
16. Що найбільше розсіює сонячну радіацію?
а) кисень; б) азот; в) хмари; г) аерозолі.
17. Альбедо земної поверхні найбільше
а) улітку; б) узимку; в) навесні; г) восени.
18. При збільшенні хмарності ефективно випромінювання
а) збільшується; б) зменшується; в) не змінюється; г) коливається.

Тема 2.3. ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ТА НИЖНЬОГО ШАРУ АТМОСФЕРИ

Характеристикою теплового стану підстильної поверхні чи повітря є їхня **температура**, яка залежить від складових радіаційного та теплового балансів. Основним нагрівачем та охолоджувачем атмосфери є підстильна поверхня, оскільки безпосередньо сонячним промінням атмосфера нагрівається мало. Тому **тепловий режим** (закономірна зміна температури у просторі та часі) нижнього шару повітря загалом відповідає тепловому режиму земної (підстильної) поверхні.

Максимальна **добова температура** сухої, без рослин, поверхні ґрунту в ясну погоду настає після 13 години, а мінімальна – перед сходом Сонця. Добові коливання температури ґрунту припиняються на глибині 1 м.

Максимальна **річна температура** ґрунту спостерігається у липні, мінімальна – у січні. У низьких широтах річні амплітуди температур незначні, а у помірних та високих широтах досягають 30-60° С на суходолі. Річні коливання температури ґрунту простежуються у низьких широтах до глибини 5 м, середніх – до 19-20 м і у високих – до 25 м.

Передача тепла від поверхні до глибинних шарів ґрунту відбувається за **законами Фур'є**:

- 1) добові максимуми і мінімуми температури на кожні 10 см глибини запізнюються на 3 год.;
- 2) річні – на кожен метр глибини на 20-30 діб (наближено – місяць).

Завдання 1. Максимальна денна температура поверхні ґрунту була зафіксована о 14 годині, нічна - о 5-й годині, коли настануть відповідні екстремуми температури на глибинах 20, 40 і 80 см?

Примітка: для розрахунку скористайтеся 1-им законом Фур'є.

Завдання 2. Максимальна річна температура ґрунту на глибині 3 м була зафіксована у жовтні. Коли відзначався максимум температури ґрунту на глибині 1 м; на поверхні?

Примітка: для розрахунку скористайтеся 2-им законом Фур'є.

Нагрівання води та суходолу відбувається по-різному. **Вода повільніше нагрівається і довше утримує тепло**, ніж суходіл, завдяки великій об'ємній теплоємності та перемішуванню (**об'ємна теплоємність** – це кількість тепла, необхідна для нагрівання 1 см³ речовини на 1°С). Тому добові максимуми та мінімуми температури води настають на 1-2 год. пізніше, ніж ґрунту, а річні – на місяць (у серпні та лютому відповідно).

У передачі тепла від земної поверхні до атмосфери вирішальну роль відіграють такі процеси як **теплова конвекція** (вертикальні рухи), **турбулентне невпорядковане перемішування** повітря, **конденсація водяної пари** і, незначною мірою, **молекулярна теплопровідність**, яка для повітря є малою.

У процесі конвективних і турбулентних рухів повітря піднімається та опускається, внаслідок чого відбуваються перетворення кінетичної та потенційної енергії цього повітря у теплову енергію і навпаки без теплообміну з навколишнім середовищем. Такі процеси називаються **адіабатичними**. При піднятті повітря **адіабатично охолоджується, при опусканні – адіабатично нагрівається**.

Піднімаючись угору, повітря потрапляє в умови нижчого тиску і розширюється. На це витрачається внутрішнє тепло повітря, тому воно адіабатично охолоджується. Охолодження може бути сухоадіабатичним і вологоадіабатичним.

Ненасичене повітря, у якому вміст водяної пари менший за максимально можливий, охолоджується на **1°C на кожні 100 м підняття** - **сухоадіабатичний градієнт** ($\gamma_{с.а.}$).

Насичене повітря (вміст водяної пари у якому є максимально можливим за даної температури) охолоджується повільніше – пересічно на **0,6°C на 100 м** внаслідок виділення тепла при конденсації – це **вологоадіабатичний градієнт** ($\gamma_{в.а.}$).

Опускаючись, повітря завжди нагрівається на 1°C на кожні 100 м.

Завдання 3. Ненасичене повітря, що мало біля поверхні Землі температуру 20°C, піднімається вздовж схилу гірського хребта. Яку температуру матиме повітря на висоті 500 м, 1000 м, на вершині хребта, якщо висота його – 2500 м?

Примітка: Ненасичене повітря при піднятті охолоджується на 1°C на кожні 100 м.

Завдання 4. Температура повітря, яке піднімається угору зі швидкістю 3 см/с, зменшилася через 5 годин на 5,4°C. Визначте, на скільки градусів знижувалася температура повітря на кожні 100 м підняття? Яким було це повітря?

Завдання 5. Насичене повітря вимушено піднімається вздовж схилу хребта, висота якого 3500 м. На вершині температура повітря знизилася до -5°C. Якою була температура перед хребтом і якою вона стане, коли повітря перевалить через хребет і спуститься до підніжжя? Який місцевий вітер має подібний механізм утворення?

Примітка: Насичене повітря при піднятті охолоджується на 0,6 °C на кожні 100 м.

Приклад. Температура насиченого повітря біля підніжжя гірського хребта заввишки 1500 м становить 18°C. Якою стане температура повітря, якщо воно вимушено підніметься до вершини хребта? Коли перевалить через хребет і опуститься до підніжжя?

Розв'язання:

1) визначаємо, якою буде температура повітря на вершині хребта:

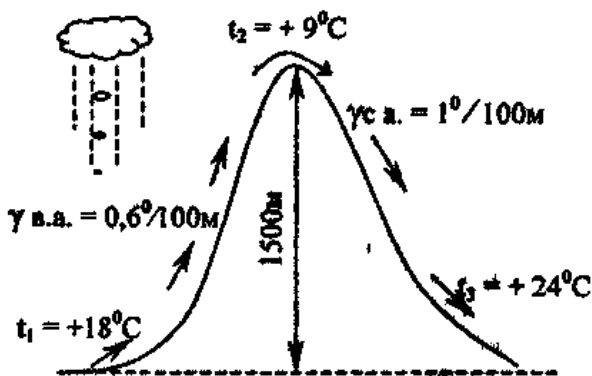
а) $0,6^\circ\text{C} \cdot 1500 \text{ м} / 100 \text{ м} = 9^\circ\text{C}$;

б) $18^\circ\text{C} - 9^\circ\text{C} = 9^\circ\text{C}$;

2) визначаємо температуру по інший бік хребта, коли воно опуститься до підніжжя:

а) $1^\circ\text{C} \cdot 1500 \text{ м} / 100 \text{ м} = 15^\circ\text{C}$;

б) $9^\circ\text{C} + 15^\circ\text{C} = 24^\circ\text{C}$.



Залежно від величини вертикального температурного градієнта (γ), при адіабатичних процесах можливі три **типи стратифікації** (стану) атмосфери: *стійкий* ($\gamma > 0,6^\circ\text{C}/100 \text{ м}$) – при якому повітря не піднімається; *нестійкий* ($\gamma < 0,6^\circ\text{C}/100 \text{ м}$) – можливе підняття повітря, *байдужий* стан – перехідний.

Нестійка повітряна маса піднімається доти, поки її температура не зрівняється з навколишньою.

Завдання 6. Біля поверхні Землі температура насиченого повітря становила 20°C. Над невеликою ділянкою повітря нагрілося до 24,8°C і почало підніматися. Визначте, на якій висоті припиниться це підняття?

Примітка: 1) насичене повітря, нагрівшись, стає ненасиченим;

2) Ненасичене повітря, піднімаючись, охолоджуватиметься швидше, ніж насичене, тому різниця температур, яка виникла, поступово зменшується;

3) підняття припиниться на тій висоті, де температури зрівняються.

Нормальний хід температури повітря у тропосфері (зниження з висотою) у деяких випадках порушується і стає зворотним – такий стан називається **інверсією**, або температура з висотою це змінюється – **ізотермія**.

Інверсії виникають при охолодженні земної поверхні внаслідок випромінювання (*радіаційна* інверсія), при переміщенні теплого повітря на холодну підстильну поверхню (*адвективна*), при стіканні холодного повітря у долини (*орографічна*).

Розподіл температури повітря по земній поверхні можна зобразити на карті за допомогою **ізотерм** – ліній, що з'єднують точки з однаковими значеннями температури. Середні річні температури повітря згладжують сезонні зміни температури. Тому для аналізу теплового режиму певної території слід розглядати карти ізотерм найтеплішого і найхолоднішого місяців (відповідно липня і січня – для Північної півкулі) (рис. 2. 6, рис. 2. 7).

Завдання 7. Проаналізуйте світові карти ізотерм січня та липня (рис. 2. 6, рис. 2. 7):

а) у яких широтах земної кулі спостерігаються найвищі та найнижчі температури повітря?

б) які райони земної кулі характеризуються зональним або близьким до нього розподілом температури повітря?

в) чим відрізняється розподіл січневих і липневих ізотерм у Північній і Південній півкулях, над океанами та материками?

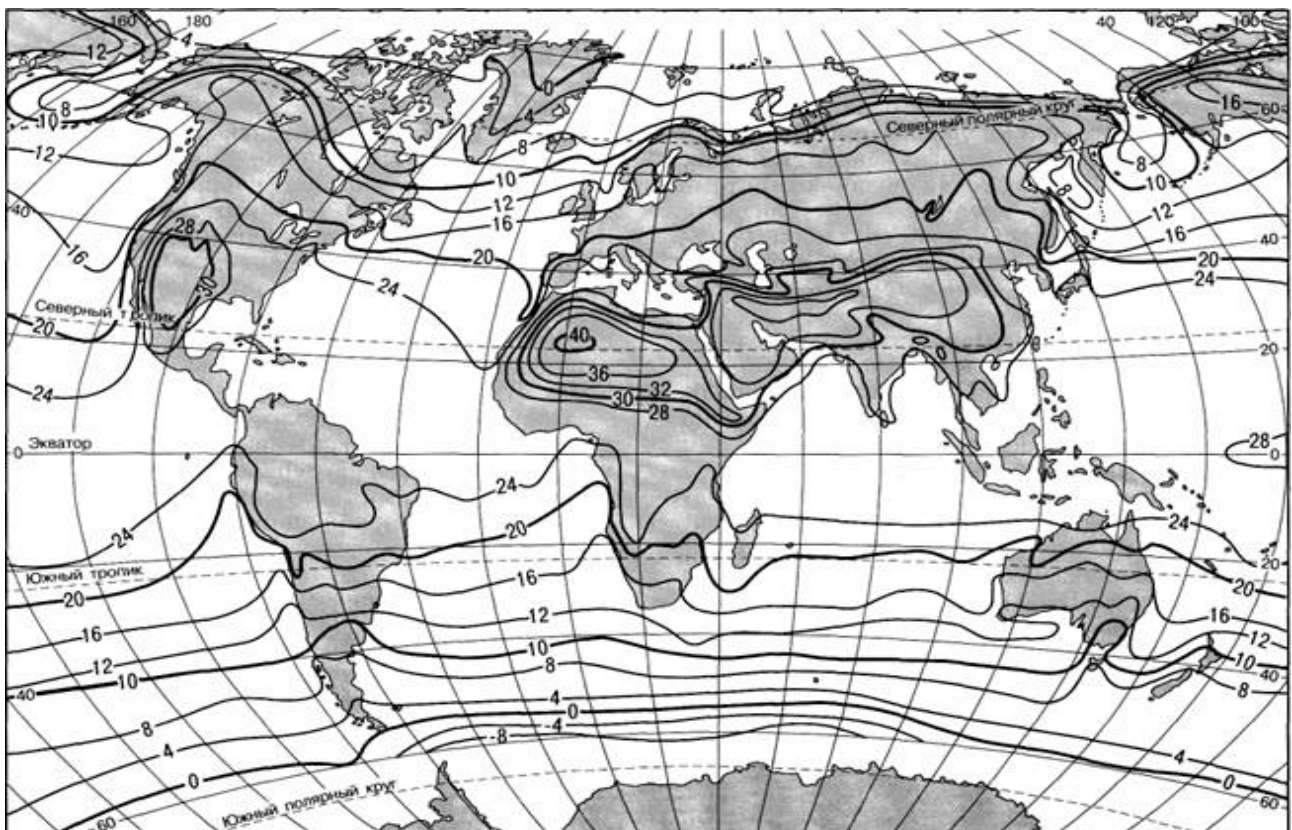


Рис. 2. 6. Ізотерми липня

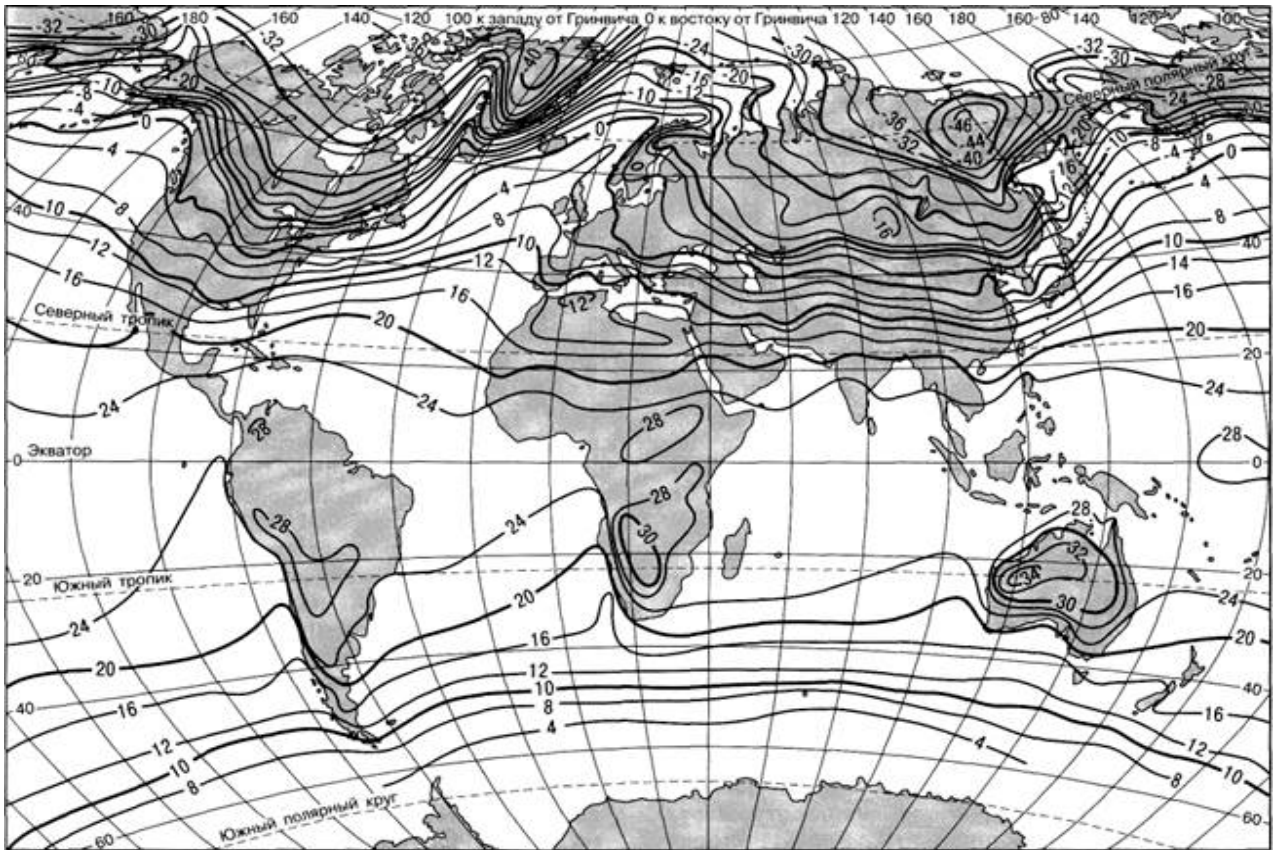


Рис. 2. 7. Ізотерми січня

Лінія, що з'єднує точки з найвищими середніми річними температурами на кожному меридіані, називається **термічним екватором**. Він дещо зміщений відносно географічного екватора на північ внаслідок переважання суходолу в тропічних широтах Північної півкулі і наявності Антарктиди, яка охолоджує Південну півкулю.

Контрольні запитання

1. У чому проявляються особливості прогрівання води і суходолу?
2. Які процеси є вирішальними у нагріванні атмосфери?
3. Чому вологадіабатичний градієнт менший від сухоадіабатичного?
4. До якої висоти може підніматися нестійка повітряна маса?
5. Чому термічний екватор зміщений на північ відносно географічного?
6. Які чинники впливають на відхилення ізоTERM від широтного розподілу?
7. Де і чому на земній кулі виникають «полюси» тепла і холоду?

Тема 2. 4. ВОДА В АТМОСФЕРІ. ОПАДИ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВОЛОЖЕННЯ

Водяна пара потрапляє в атмосферу завдяки випаровуванню з підстильної поверхні та транспірації рослин. З поверхні океанів щороку випаровується 447 900 км³ води (86%), з поверхні материків – 70 700 км³ (14%). Загалом атмосфера одночасно утримує близько 14 тис. км³ водяної пари.

Кожен кубічний метр повітря за відповідної температури може максимально містити лише певну кількість водяної пари. При підвищенні температури повітря ця кількість збільшується завдяки розширенню повітря при нагріванні (табл. 2. 4).

Таблиця 2. 4.

Пружність насичення (E) за різних температур (T)

T, °C	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
E, мбар	0,5	0,7	1,2	1,8	2,8	4,2	6,1	9,1	12,3	17,1	23,4	32,3	42,4

Завдання 1. Побудуйте графік залежності пружності насичення від температури повітря (табл. 2. 4). Масштаби для побудови: горизонтальний – в 1 см 5°С, вертикальний – в 1см 5 мбар.

Випаровування – це фізичний процес переходу води з рідкого стану в газоподібний. Швидкість та величина випаровування залежить від температури, швидкості вітру, дефіциту вологи, характеру поверхні, що випаровує, та атмосферного тиску.

Потенційно можливе випаровування, не обмежене запасами вологи, називається **випаровуваністю**. Для водної поверхні випаровування та випаровуваність однакові; для суходолу (наприклад, у пустелях) випаровуваність значно перевищує випаровування.

За рік з поверхні земної кулі випаровується у середньому 1000 мм води; при цьому з океанів – 1240 мм/рік, із суходолу – 480 мм/рік. Оскільки випаровування і випаровуваність значною мірою залежать від температури, то їхній географічний розподіл характеризується широтною зональністю.

Вміст водяної пари у повітрі називається його **вологістю**. Коли вміст водяної пари у повітрі стає максимально можливим за даних умов (насамперед, температури), повітря стає **насиченим**.

Існують кількісні **характеристики вологості повітря**:

✓ **абсолютна вологість** (q , г/см³, кг/м³) – вміст водяної пари в одиниці об'єму повітря;

✓ **пружність водяної пари** (e , мм рт. ст., мбар, гПа) – парціальний тиск, що чинить водяна пара на всі поверхні у складі атмосферного тиску;

✓ **пружність насичення** (E , мм рт. ст., мбар, гПа) – пружність водяної пари, максимально можлива за даної температури;

✓ **відносна вологість** (r , %) – це виражене у % відношення фактичної пружності (e) до пружності насичення (E) за даної температури:

$$r = \frac{e}{E} 100\% ;$$

✓ **дефіцит вологості** (d , мм рт. ст., мбар, гПа) – кількість водяної пари, якої не вистачає до повного насичення повітря за даної температури:

$$d = E - e;$$

✓ **точка роси** (τ , °C) – температура, за якої повітря досягає стану насичення за даної пружності водяної пари і атмосферному тиску.

Залежності між характеристиками вологості повітря використовуються при розв'язанні практичних задач.

Завдання 2. Визначте точку роси для повітря, яке:

а) за температури -10°C має відносну вологість 70%;

б) за температури 20°C має відносну вологість 45%.

Примітки: 1) При виконанні завдань 2, 3, 4, 5 для знаходження пружності насичення за певних температур скористайтеся побудованим графіком (завдання 1) або таблицею 2. 4.

2) Рекомендований порядок розв'язання: за знайденою пружністю насичення вираховуємо фактичну пружність (приймавши, що у повітрі є вказаний в умові відсоток від максимального вмісту водяної пари), а потім за графіком (завдання 1) знаходимо температуру, за якої фактичний вміст (пружність) водяної пари буде максимально можливим (пружністю насичення).

Завдання 3. Відносна вологість повітря при температурі $+20^{\circ}\text{C}$ становить 56%. Визначте, яким буде дефіцит вологості?

Дефіцит вологості визначається за формулою:

$$d = E - e;$$

Добовий та річний хід абсолютної вологості повітря відповідає ходу температури. Відносна вологість має хід, протилежний до температури повітря.

Процесами, протилежними до випаровування, є **конденсація** – перехід води із газоподібного стану (водяна пара) у рідкий (вода), і **сублімація** – перехід із газоподібного стану у твердий (лід), минуючи рідкий стан). При конденсації кожного грама води виділяється 600 кал тепла, а при сублімації 1 г льоду – 677 кал.

Конденсація і сублімація завжди відбуваються на **ядрах конденсації** (сублімації) – найдрібніших твердих частках (аерозолях) або краплинах кислот, розчинів солей.

Накопичуючись у приземному шарі атмосфери, продукти конденсації та сублімації можуть утворювати **туман** (зменшення дальності видимості до 1 км і менше) або **серпанок** (більше 1 км). Залежно від причин їх утворення, виділяють тумани охолодження (радіаційні й адвективні), випаровування і фронтальні.

Радіаційні тумани виникають унаслідок охолодження нижнього шару повітря від охолодженої за рахунок радіаційного випромінювання поверхні.

Адвективні тумани формуються при переміщенні теплого повітря над холодною поверхнею, охоплюють великі території і мають значну потужність. При взаємодії цих обох чинників виникають тумани, які називають адвективно-радіаційними.

Тумани випаровування спостерігаються пізньої осені або взимку над теплою поверхнею водойм.

Фронтальні тумани утворюються поблизу атмосферних фронтів і рухаються разом із ними. Насичення повітря водяною парою відбувається внаслідок випаровування опадів, що випадають у зоні фронту.

Піднімаючись (вільно чи вимушено), повітря адіабатично охолоджується і на деякій висоті, що називається **рівнем конденсації**, стає насиченим. Тоді утворюються хмари, через що цей рівень також називають **висотою хмароутворення**.

Висоту рівня конденсації обчислюють за формулою:

$$H_k = 122 (t - \tau),$$

де t – температура повітря, τ – точка роси.

Завдання 4. Визначте висоту рівнів конденсації та сублімації, якщо біля поверхні Землі:

а) $t = -12,1^\circ\text{C}$, $e = 1,3$ мбар;

б) $t = 20^\circ\text{C}$, $r = 60\%$.

Приклад. Визначте висоту рівнів конденсації та сублімації, якщо біля земної поверхні температура повітря 18°C , пружність водяної пари 10 мб.

Розв'язання: 1) за графіком визначаємо температуру, при якій повітря з даною пружністю стане насиченим (точку роси, τ): $\tau = 8^\circ\text{C}$;

2) визначаємо висоту рівня конденсації: $H_k = 122(18 - 8) = 1220$ м;

3) визначаємо, на скільки градусів знизиться температура повітря вище рівня конденсації, щоб почався процес сублімації (до -10°C):

$$8^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}) = 18^\circ\text{C};$$

4) визначаємо перевищення рівня сублімації над рівнем конденсації (за вологоадіабатичним градієнтом):

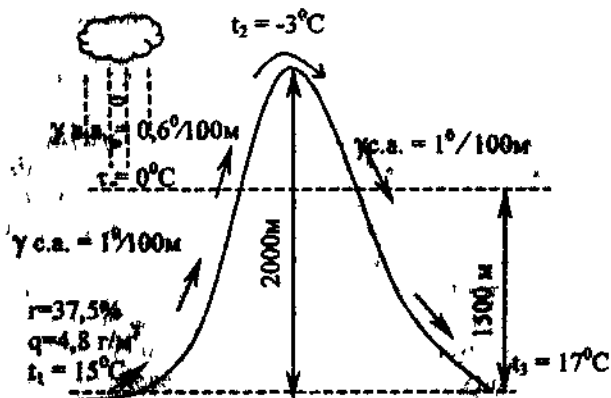
$$100 \text{ м} - 0,6^\circ\text{C};$$

$$x \text{ м} - 18^\circ\text{C}; \quad x = 3000 \text{ м};$$

5) визначаємо висоту рівня сублімації:

$$3000 \text{ м} + 1220 \text{ м} = 4220 \text{ м}.$$

Завдання 5. Повітря, що має температуру $+10^\circ\text{C}$ і відносну вологість 70% піднялося до вершини хребта на висоту 450 м , перевалило його і опустилося до підніжжя. Чи змінилася його відносна вологість?



Приклад. Повітря, що має температуру 15°C і відносну вологість $37,5\%$, перевалює через гірський хребет, відносна висота якого 2000 м . На якій висоті почнуть утворюватися хмари? Яка температура повітря буде на вершині хребта і біля підніжжя протилежного схилу?

Розв'язання.

1) За таблицею 2.4 знаходимо пружність насичення перед хребтом за температури 15°C ($E = 17,1 \text{ мбар}$);

2) визначаємо фактичну пружність водяної пари перед хребтом:

$$17,1 \text{ мбар} - 100\%;$$

$$x \text{ мбар} - 37,5\%; \quad x = 6,1 \text{ мбар};$$

3) за графіком (завдання 1) або таблицею 2. 4 знаходимо температуру, за якої повітря з такою пружністю водяної пари стане насиченим (точку роси, τ), $\tau = 0^\circ\text{C}$;

4) визначаємо висоту рівня конденсації, врахувавши, що при піднятті до нього температура повітря знизилася на 15°C (від 15°C до 0°C) за сухоадіабатичним градієнтом:

$$1^\circ\text{C} - 100 \text{ м};$$

$$15^\circ\text{C} - x \text{ м}; \quad x = 1500 \text{ м};$$

5) знаходимо температуру повітря на вершині хребта, врахувавши, що вище рівня конденсації (наступні 500 м) температура повітря знижується за вологоадіабатичним градієнтом:

$$100 \text{ м} - 0,6^\circ\text{C};$$

$$500 \text{ м} - x^\circ\text{C}; \quad x = 3^\circ\text{C}; \quad t_2 = 0^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C} = -3^\circ\text{C};$$

б) знаходимо температуру повітря біля підніжжя за хребтом, врахувавши, що при опусканні повітря нагрівається за сухоадіабатичним градієнтом:

$$t_3 = -3^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C} = 17^{\circ}\text{C}.$$

Завдання 6. Повітря з температурою $+30^{\circ}\text{C}$ і відносною вологістю 60% перевалює через хребет, висота якого 1000 м. Чи досягне воно межі насичення (конденсації)?

Хмари – це сукупність завислих у повітрі продуктів конденсації та сублімації водяної пари.

За **фазовим станом** хмари можуть бути *водяними, льодяними і змішаними*, залежно від температури повітря на рівні конденсації. Сублімація починається за температури -10°C і нижче.

За **генезисом (походженням)** хмари поділяються на *внутрішньомасові* (виникають внаслідок термічної конвекції) і *фронтальні* (утворюються на атмосферних фронтах).

За **міжнародною класифікацією** розрізняють десять родів хмар, об'єднаних у чотири родини:

1. Хмари **верхнього ярусу** (утворюються вище 6000 м): *перисті* (Cirrus, Ci), *перисто-шаруваті* (Cirrostratus, Cs), *перисто-купчасті* (Cirrocumulus, Cc).

2. Хмари **середнього ярусу** (від 3000 м до 6 000 м); *високошаруваті* (Altostratus, As), *висококупчасті* (Alto cumulus, Ac).

3. Хмари **нижнього ярусу** (нижче 2000 м): *шарувато-купчасті* Stratocumulus, Sc), *шаруваті* (Stratus, St), *шарувато-дощові* (Nimbostratus, Ns).

4. Хмари **вертикального розвитку: купчасті** (Cumulus, Cu), *купчасто-дощові* (Cumulonimbus, Cb).

Хмарність – це ступінь покриття неба хмарами, що визначається у балах (за 10-бальною шкалою) або в октантах. Хмарність на земній кулі розподіляється зонально. Максимальна хмарність спостерігається над північними акваторіями Атлантичного та Тихого океанів завдяки активній циклонічній діяльності (до 8 балів) і поблизу екватора, мінімальна - у тропічних пустелях.

Хмари переносять вологу, з ними пов'язані опади.

Атмосферні опади – це вода у рідкому (дощ, мряка) або твердому (сніг, град, снігова та льодяна крупа) стані, що випадає з хмар на поверхню Землі. Вимірюють опади у мм шару води.

За **генезисом** – залежно від умов конденсації водяної пари – розрізняють орографічні, конвективні та фронтальні опади. **Орографічні** опади утворюються при піднятті повітря навітряними гірськими схилами. **Конвективні** опади утворюються в потужних висхідних потоках повітря, мають локальне поширення,

носять зливовий характер, починаються і закінчуються раптово. **Фронтальні** опади утворюються в циклонах на межі теплої і холодної повітря, при цьому дощ або сніг випадає тривалий час більш-менш рівномірно.

Із повітря на поверхню осідають **гідрометеори** (так звані «горизонтальні опади») – *роса, рідкий наліт, твердий наліт, паморозь, ожеледь*.

На картах розподіл опадів по земній кулі зображують за допомогою **ізогіст** – ліній однакових сум опадів за певний період. Річна кількість опадів на земній кулі у середньому становить близько 1000 мм. Але в різних районах кількість опадів значно відрізняється від середньої (рис. 2. 8), а також характеризується сезонністю випадання.

Завдання 7. Проаналізуйте й опишіть особливості географічного розподілу атмосферних опадів (рис. 2. 8), звернувши увагу на прояви широтної зональності, відмінності між материками й океанами, вплив рельєфу, теплих і холодних течій.

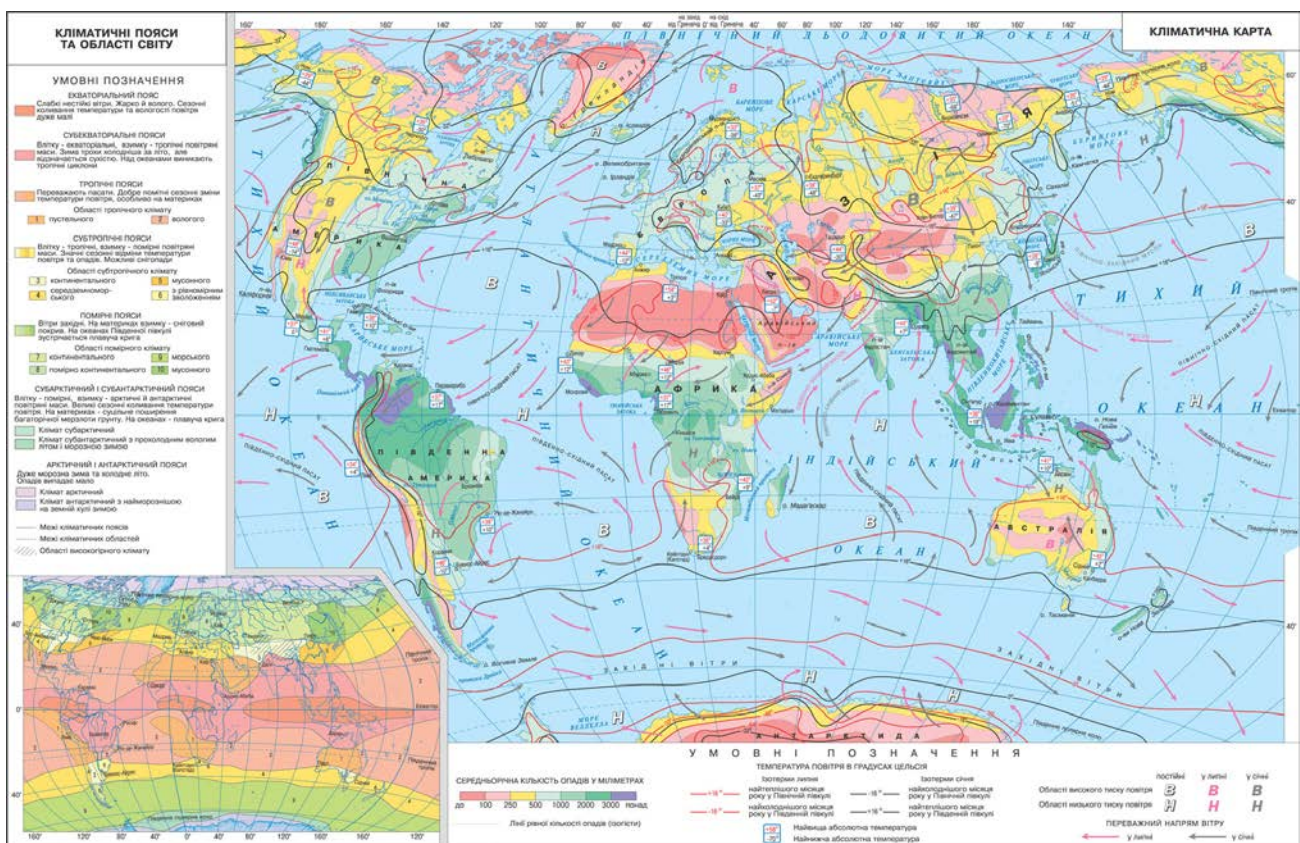


Рис. 2. 8. Кліматична карта світу

При стійких від'ємних температурах повітря сніг, що випав на земну поверхню, може утворювати **сніговий покрив**. Сніговий покрив характеризують **висотою, густиною** (відношення маси снігу до його об'єму) та **запасом води у снігу** (шар води в мм, що утворюється при таненні снігу):

$$S = 10 h d,$$

де S – запас води у снігу; h – висота снігового покриву (см); d – густина снігу (г/см^3).

Завдання 8. Визначити запаси води у сніговому покриві, якщо висота його становить 60 см; 95 см, а густина відповідно 0,40 г/см^3 ; 0,47 г/см^3 .

Проте, лише річна кількість опадів не дає повного уявлення про умови зволоження певної території. При цьому необхідно характеризувати співвідношення тепла і вологи. Для кількісної характеристики умов зволоження різних районів використовують коефіцієнт зволоження М. М. Іванова (K_3):

$$K_3 = \frac{x}{E},$$

де x – кількість опадів; E – випаровуваність за той самий час.

При $K_3 = 1$ зволоження достатнє, якщо $K_3 > 1$ – надмірне, $K_3 < 1$ – недостатнє.

Завдання 9. У місті Алжир коефіцієнт зволоження становить 0,54, а випаровуваність 1400 мм/рік. Яка середня річна кількість опадів у цьому місті?

Примітка: кількість опадів знаходимо з формули коефіцієнта зволоження.

Контрольні запитання

1. Чим відрізняється випаровування від випаровуваності?
2. Яке повітря називається насиченим?
3. Як залежать абсолютна та відносна вологість повітря від його температури?
4. У чому полягають процеси конденсації та сублімації?
5. На якій висоті знаходяться рівні конденсації та сублімації?
6. Що є продуктами конденсації і сублімації у приземному шарі атмосфери та на деякій висоті?
7. Як визначається хмарність?
8. Які характеристики снігового покриву ви знаєте?
9. Оподи випадають переважно з хмар
 - а) водяних;
 - б) льодяних;
 - в) кристалічних;
 - г) змішаних
10. Як називаються лінії на карті, що з'єднують точки з однаковою кількістю атмосферних опадів?
 - а) ізогіпси;
 - б) ізогієти;
 - в) ізобати;
 - г) ізобари.
11. Які широти характеризуються найбільшою кількістю опадів?
 - а) екваторіальні;
 - б) помірні
 - в) тропічні;
 - г) полярні.
12. Схили якого вулкану одержують найбільшу річну кількість атмосферних опадів?
 - а) Везувій;
 - б) Кіліманджаро;
 - в) Фудзіяма;
 - г) Камерун.

Тема 2. 5. АТМОСФЕРНИЙ ТИСК. ВІТЕР

Атмосферний тиск – це сила, з якою повітря тисне на земну поверхню та всі предмети, і визначається вагою повітряного стовпа, основа якого становить 1 см², а висота – від точки вимірювання до верхньої межі атмосфери. За **нормальний атмосферний тиск** вважають тиск повітря на рівні моря на широті 45° при температурі 0°С. Він становить 760 мм рт. ст. Атмосферний тиск вимірюють також у мілібарах (мбар) і гектопаскалях (гПа).

Між одиницями вимірювання атмосферного тиску існують такі співвідношення:

$$1 \text{ мбар} = 0,750 \text{ мм рт. ст.};$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 1,3332 \text{ мбар} = 1,3332 \text{ гПа}.$$

Завдання 1. Перевести в міліметри ртутного стовпчика тиск:

а) 1000 гПа; б) 1015 мбар; в) 1013 гПа; в) 1030 мбар.

Величина атмосферного тиску залежить від висоти місцевості над рівнем моря (наприклад, на висоті 5-5,5 км атмосферний тиск удвічі менший, ніж на рівні моря), температури і вологості повітря. У процесі нагрівання повітря розширюється і стає легшим. Водяна пара легша за повітря, тому також знижує тиск.

З висотою атмосферний тиск зменшується у геометричній пропорції, пропорційно густині повітря. Зміна тиску на 100 м висоти називається **вертикальним баричним градієнтом (G)**. У нижніх шарах тропосфери з підняттям угору на кожні 100 м атмосферний тиск знижується в середньому на 10 мм рт. ст.

Висота, на яку треба піднятися або опуститися, щоб атмосферний тиск змінився на одиницю виміру, називається **баричним ступенем**. Баричний ступінь змінюється відповідно до зміни атмосферного тиску і температури повітря (табл. 8).

Завдання 2. Тиск повітря біля підніжжя гори на висоті 200 м над рівнем океану становить 740 мм рт. ст., а на вершині гори у той самий час 700 мм рт. ст. Визначте відносну і абсолютну висоти гори при баричному ступені 12 м.

Примітка: абсолютна висота відраховується від рівня моря; відносна висота гори – це перевищення вершини відносно підніжжя.

Завдання 3. За баричним ступенем на окремих висотах визначте вертикальний баричний градієнт і заповніть таблицю 2. 5:

Таблиця 2. 5.

Величина баричного ступеня при температурі 0° С

Висота над рівнем моря, м	0	1700	4000	6500
Баричний ступінь, м/мбар	8	10	13,3	20
Вертикальний баричний градієнт, мбар/100 м				

Практичним застосуванням закономірностей зміни тиску з висотою є баричне нівелювання. При визначенні невеликих (до 1000 м) різниць висот двох рівнів користуються спрощеною формулою **Бабіне**:

$$h = 8000 \cdot 2 \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2} (1 + 0,004t),$$

де h – різниця висот двох рівнів у метрах, t – середня температура шару повітря між двома рівнями, P_1 і P_2 – тиск на нижньому і верхньому рівнях.

Завдання 4. Визначте різницю висот двох пунктів, якщо в пункті А, що лежить на рівні моря, атмосферний тиск 980 мбар, температура повітря 12°C, а в пункті Б, розташованому вище, тиск 920 мбар, температура повітря 8°C.

Розв'яжіть подібні задачі за умовами, які складете самостійно.

Примітки: 1) для розрахунку скористайтеся формулою Бабіне;

2) середню температуру шару повітря визначте як середнє арифметичне між температурами на двох рівнях.

Атмосферний тиск змінюється не лише у вертикальному, а й у горизонтальному напрямі. Величина, що показує зміну атмосферного тиску на одиницю відстані, називається **горизонтальним баричним градієнтом** (G_r). За одиницю відстані приймається 100 км. Горизонтальний баричний градієнт – величина векторна, і він завжди направлений у бік меншого атмосферного тиску:

$$G_r = \frac{\Delta P}{\Delta h} \cdot 100,$$

де ΔP - різниця тиску в мілібарах; Δh - відстань у кілометрах.

Завдання 5. Визначте горизонтальний баричний градієнт між точками А і В, якщо:

а) тиск у точці А становить 1000 гПа, у точці В - 1015 гПа. Відстань між цими точками 445 км;

б) тиск в точці А рівний 995 гПа, у точці В - 910 гПа. Відстань між точками 220 км.

Розподіл атмосферного тиску на земній поверхні та з висотою утворює **баричне поле**. Загальна планетарна схема розподілу приземного тиску зумовлена неоднаковим нагріванням різних широт і характеризується зональністю (рис. 2.9, ліворуч) – широтні зони, де переважає підняття повітря, характеризуються зниженим тиском, а ті, де повітря переважно опускається – підвищеним (рис. 2.9, праворуч). Завдяки цьому на земній кулі виникає **сім зон**: вздовж екватора простягається зона зниженого тиску, на північ і південь від неї, між 25° і 40° широти –

зони підвищеного тиску, між 50° і 65° північної і південної широти – зони зниженого тиску, а в полярних районах – зони підвищеного тиску.

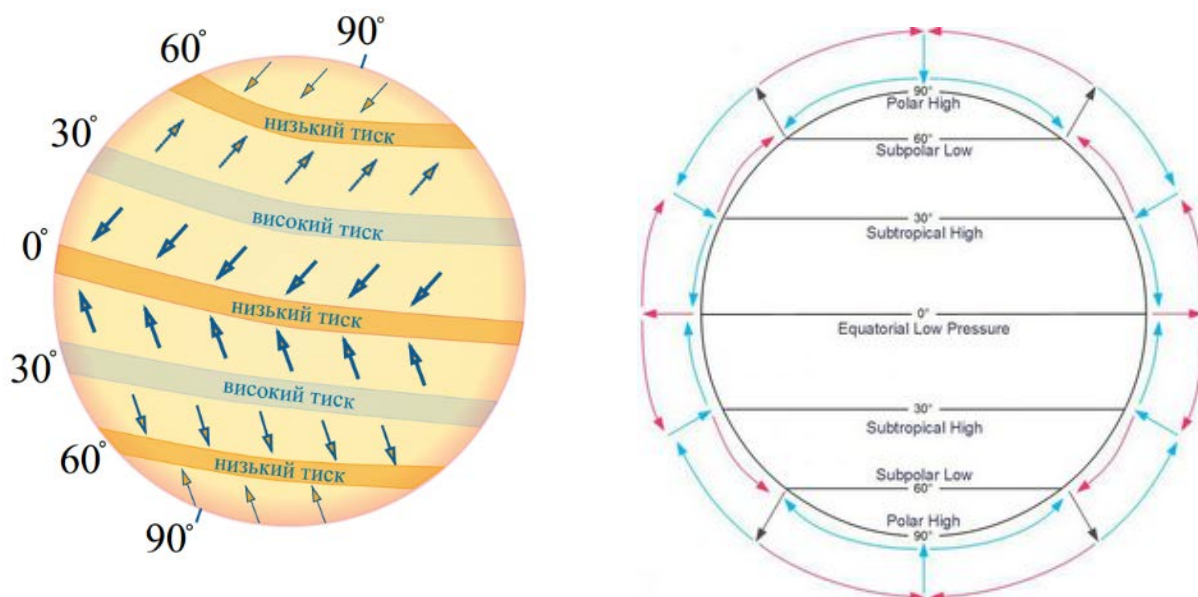


Рис. 2.9. Зони високого й низького тиску (ліворуч) та їх утворення (праворуч) (doctor-likar.com)

Але реальна картина розподілу атмосферного тиску набагато складніша, що відображено на картах липневих і січневих ізобар (рис. 2. 10). **Ізобари** – це лінії, що з'єднують точки з однаковим атмосферним тиском. Зонам низького тиску на картах відповідають системи замкнених концентричних ізобар з найменшими відмітками в центрі. Вони називаються **баричними мінімумами** або **депресіями** (наприклад, Ісландський, Алеутський баричні мінімуми). Зони високого тиску називаються **баричними максимумами (антициклонами)**. Вони зображуються замкненими ізобарами з найвищим тиском у центрі (наприклад, Північноатлантичний та Північнотихоокеанський баричні максимумами).

Баричні максимумами та мінімуми називають **центрами дії атмосфери (ЦДА)** через їхній величезний вплив на формування погоди і клімату багатьох регіонів. Основна причина формування ЦДА – неоднакове нагрівання та охолодження суходолу й океанів. ЦДА за тривалістю існування поділяють на постійні (перманентні) та сезонні. **Постійні** ЦДА виникають над океанами і простежуються на кліматичних картах усіх місяців року, а **сезонні** – над суходолом і виражені лише на картах зимових або літніх місяців (рис. 2.10).

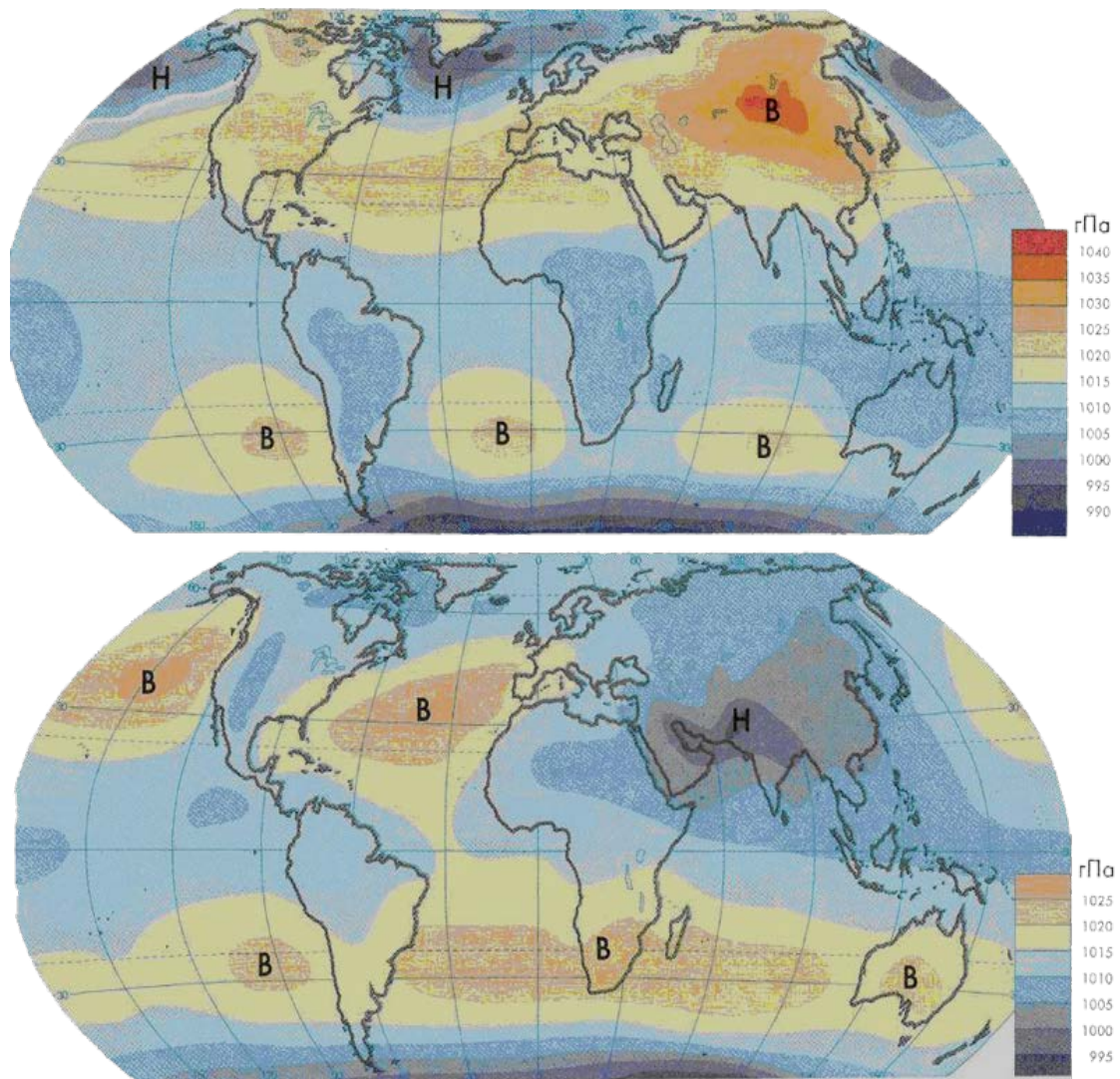


Рис. 2.10. Баричні центри у січні (вгорі) та липні (внизу)

Завдання 6. Проаналізуйте карти ізобар січня і липня (рис. 2.10) та виявіть закономірності географічного розподілу атмосферного тиску на земній кулі. Виявіть особливості формування зон і областей високого і низького тиску в теплий та холодний період року. Знайдіть на картах постійні та сезонні центри дії атмосфери (баричні максимуми та мінімуми). Поясніть вплив океанів і материків на географічний розподіл атмосферного тиску.

Різниця атмосферного тиску між двома точками викликає горизонтальне переміщення повітряних мас – **вітер**. Вітер завжди дме із області підвищеного тиску в область зниженого тиску. Вітер характеризується швидкістю, силою і напрямом. **Швидкість** вітру (V) – це відстань, яку проходить частинка повітря за одиницю часу (м/с, км/год).

Сила вітру (P) визначається тиском повітряного потоку на предмети ($\text{кг}/\text{м}^2$). Сила вітру залежить від його швидкості:

$$P = 0,25 \cdot V,$$

де P – сила вітру, $\text{кг}/\text{м}^2$; V – швидкість вітру, м/с.

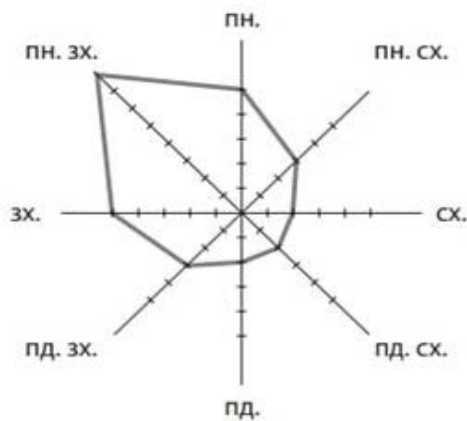


Рис. 2.11. Роза вітрів

Напря́м вітру визначається тією стороною горизонту, **звідки** він дме. Для визначення напрямку вітру горизонт ділять на 16 румбів. З них 8 є основними (Пн; Пн-Зх; Зх; Пд-Зх тощо) і 8 проміжних (Пн-Пн-Зх; Зх-Пн-Зх тощо) румбів (рис. 1.11).

Завдання 7. Побудуйте розу вітрів за даними табл. 2.6 та зробіть висновок щодо особливостей вітрового режиму.

Таблиця 2.6.

Повторюваність напрямку вітру (%)

Напря́м, румби	пн.	пн.-сх.	сх.	пд.-сх.	пд.	пд.-зх.	зх.	пн.-зх.
Повторюваність,%	10	8	7	9	16	19	13	18

Примітка: повторюваність напрямів вітру відкладіть на вісьмох радіальних променях у масштабі – в 1 см 4%.

Контрольні запитання

1. Що називається атмосферним тиском?
2. Як і чому змінюється атмосферний тиск з висотою?
3. Як змінюються з висотою вертикальний баричний градієнт і баричний ступінь?
4. Яке повітря (що піднімається чи що опускається) буде створювати більший тиск і чому?
5. Як розподіляються пояси атмосферного тиску біля поверхні Землі? Поясніть причини їх формування?
6. Що таке центри дії атмосфери?
7. Які сили визначають швидкість і напрям вітру?
8. Як спрямований горизонтальний баричний градієнт?
9. Атмосферний тиск біля підніжжя гори, висота якої 900 м, 760 мм рт. ст., а на її вершині 670 мм рт. ст. Яким є баричний ступінь?
 - а) 8 м;
 - б) 10 м;
 - в) 12 м;
 - г) 14 м.
10. На якій висоті зупинилися туристи, спускаючись з Говерли, якщо вони зафіксували тут атмосферний тиск на 35 мм рт. ст. більший, ніж на вершині?
 - а) 1671 м;
 - б) 1711 м;
 - в) 1761 м;
 - г) 1821 м.
11. Який центр дії атмосфери існує лише взимку?
 - а) Азорський максимум;
 - б) Гренландський максимум;
 - в) Ісландський мінімум;
 - г) Сибірський максимум.
12. Який із баричних центрів є мінімумом?
 - а) Алеутський;
 - б) Південноіндійський;
 - в) Антарктичний;
 - г) Північноатлантичний.

Тема 2. 6. ЗАГАЛЬНА ЦИРКУЛЯЦІЯ АТМОСФЕРИ. ПОВІТРЯНІ МАСИ Й АТМОСФЕРНІ ФРОНТИ. ЦИКЛОНИ І АНТИЦИКЛОНИ

Під **загальною циркуляцією атмосфери** (ЗЦА) розуміють сукупність повітряних течій (вітрів) планетарного масштабу в тропосфері, стратосфері та мезосфері, які здійснюють горизонтальний і вертикальний обмін мас повітря.

Рушійною силою ЗЦА є різниця температур між екватором і полюсами, яка підтримує існування постійного **баричного градієнта**, спрямованого від високого тиску до низького, а також **сила Коріоліса**, яка відхиляє всі повітряні потоки у Північній півкулі праворуч, у Південній – ліворуч.

У складі ЗЦА можна виділити низку складових, які утворюють надзвичайно складну різномасштабну систему: **зональну, меридіональну, вихрову і хвильову**.

Завдяки зональному розподілу приземного атмосферного тиску (рис. 2.12), ЗЦА характеризується зональністю розподілу панівних вітрів. У кожній півкулі виділяють по три **зони постійних вітрів (зональна складова ЗЦА)**:

- ✓ у екваторіально-тропічній зоні протягом переважають **пасати**, що дмуть від тропічної смуги високого тиску до екватору, де тиск низький;
- ✓ у помірній зоні переважають **західні вітри** (західне перенесення повітряних мас), направлені від тропічної смуги високого тиску до смуги низького тиску помірних широт;
- ✓ у полярній зоні панують **східні вітри** на периферії полярного антициклону (у Північній півкулі північно-східного напрямку, у Південній – південно-східного).

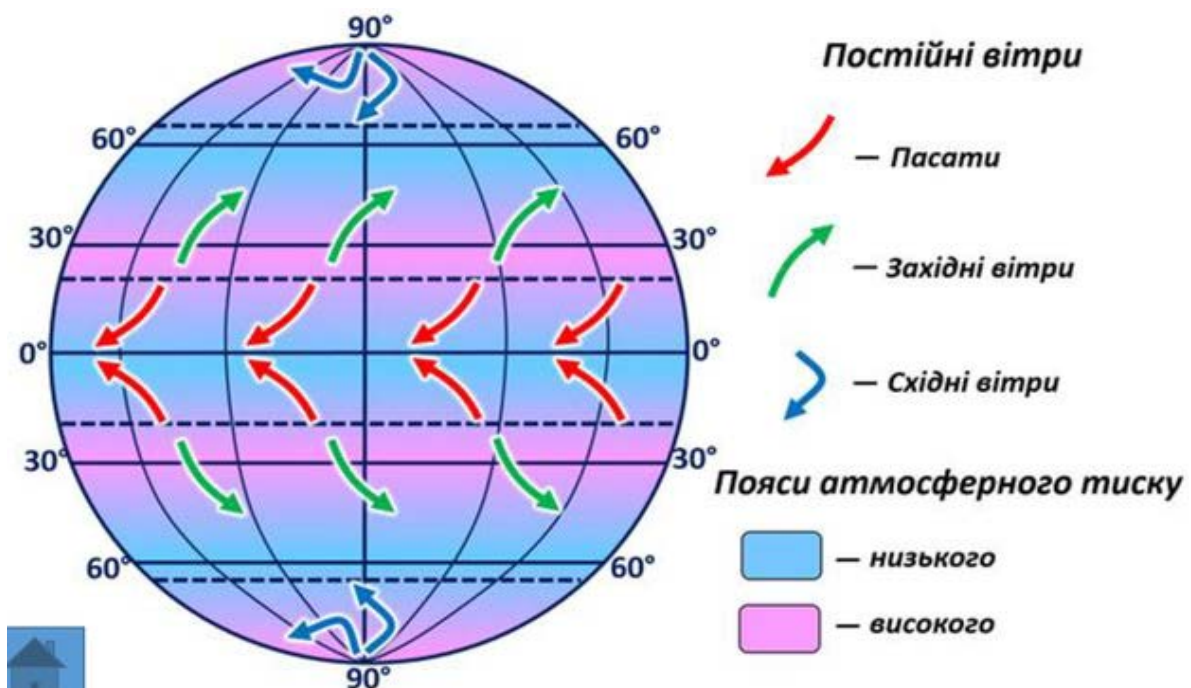


Рис. 2.12. Постійні зональні вітри

Завдання 1. Замалюйте схему (рис. 2.12), підпишіть на ній зони високого та низького тиску та постійні зональні вітри

Міжширотний обмін повітряних мас в атмосфері здійснюється за рахунок вертикальної циркуляції у вигляді замкнених кілець (комірок). У меридіональній циркуляції виділяють по три основні комірки в кожній півкулі: тропічну, помірну і полярну. У *тропічній* ланці (комірка Гадлея) у приземному шарі меридіональна складова спрямована до екватора (меридіональна складова пасатів), а у верхній тропосфері - від екватора. Ці два протилежно направлені потоки разом із висхідними рухами на екваторі і низхідними у субтропіках утворюють замкнене кільце. *Помірна* ланка має протилежний напрям меридіональних потоків: приземний спрямований у напрямку до полюсів, висотний - до екватора. У *полярній* ланці напрями меридіональних потоків такі ж, як і в тропічній. Всі три ланки найчіткіше виражені взимку, коли різниця температур повітря між екватором і полюсом більша.

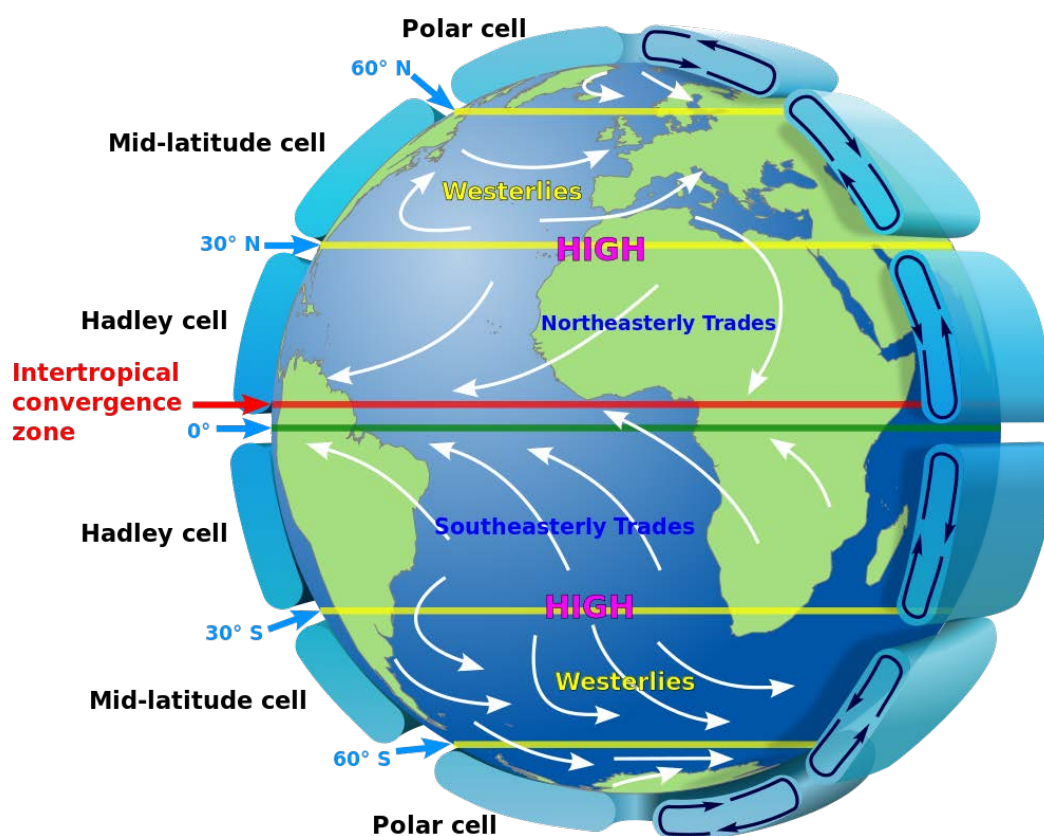


Рис. 2.13. Міжширотний обмін (комірки циркуляції)
<https://uk.wikipedia.org/wiki/Bimerp>

Такий розподіл постійних вітрів спостерігається у перехідні сезони. Влітку, коли Земля нахилиється до Сонця Північною півкулею, зони високого і низького тиску, а отже і панівних вітрів, зміщуються на північ, взимку – на південь.

Найбільшого зміщення при цьому зазнає екваторіальна зона низького тиску (екваторіальна депресія), через що виникають **екваторіальні (тропічні) мусони**. Екваторіальний мусон Північної півкулі виникає влітку, коли пасат Південної півкулі, прямуючи до зміщеної екваторіальної депресії, перевалює через екватор, змінюючи при цьому напрям завдяки силі Коріоліса з південно-східного на південно-західний. Найкраще ці вітри виражені над південно-східною Азією.

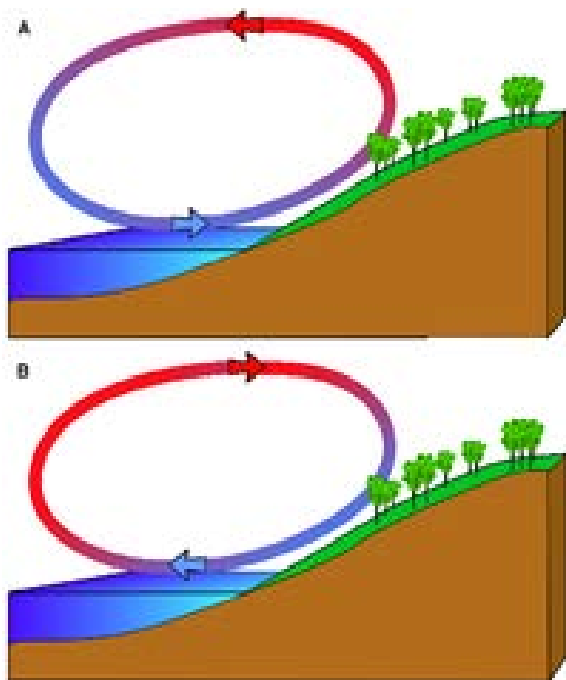


Рис. 2.14. Утворення класичних мусонів: **A** – влітку, **B** - взимку (wikipedia.org)

Екваторіальний мусон Південної півкулі формується аналогічно.

Окрім екваторіальних (тропічних) мусонів розрізняють і **класичні (позатропічні) мусони**, що змінюють свій напрям двічі на рік унаслідок неоднакового нагрівання води та суходолу протягом року. Влітку суходіл прогрівається краще, і повітря над ним піднімається, що призводить до утворення тут області зниженого тиску (рис. 2.14). Над холоднішою водною поверхнею повітря опускається і виникає область підвищеного тиску. Тому виникає рух повітря з океану на суходіл (рис. 2.14, A). Літній мусон приносить прохолоду і вологу. Взимку над суходолом, який охолоджується сильніше, виникає область підвищеного тиску, а над океаном, який залишається теплішим, тиск нижчий (рис. 2.14, B). Тому зимовий мусон дме із суходолу на океан і приносить холодне сухе повітря.

Завдання 2. Замалюйте схему до пояснення умов формування літнього і зимового класичних мусонів (рис. 2. 14), підписавши області тиску: **Н** – низького, **В** – високого.

Значна роль у формуванні ЗЦА належить повітряним масам та атмосферним фронтам.

Повітряні маси – це великі об'єми повітря нижньої тропосфери, що сформувалися в умовах тривалого перебування над відносно однорідною поверхнею (суходолом чи океаном), характеризуються однорідністю температури, вологості, тиску, інших властивостей і переміщуються як єдине ціле.

Залежно від області формування виділяють 4 географічні типи повітряних мас: *екваторіальні, тропічні, помірні й арктичні (антарктичні)*. Кожен з типів, окрім екваторіального, поділяється на підтипи: морський і континентальний.

Зони різких контрастів температури, тиску, характеристик вологості та вітру, що виникають на межі повітряних мас різного типу, називаються **атмосферними фронтами**.

Вузькі перехідні зони, у яких найчастіше впродовж року виникають атмосферні фронти, називаються **кліматичними фронтами**. Кліматичний фронт, що розділяє арктичну і помірну повітряні маси, називається *арктичним*, помірну і тропічну – *полярним*, тропічну і екваторіальну – *тропічним*.

Залежно від того, яка з повітряних мас активніша, фронти можуть бути теплими і холодними. Якщо тепла повітряна маса рухається в бік холодної, утворюється **теплий фронт** (рис. 2. 15). Тепле повітря, як легше, при цьому наповзає на клин холодного, важчого, повітря. При цьому воно адіабатично охолоджується, утворюються хмари, з яких випадають тривалі обложні опади.

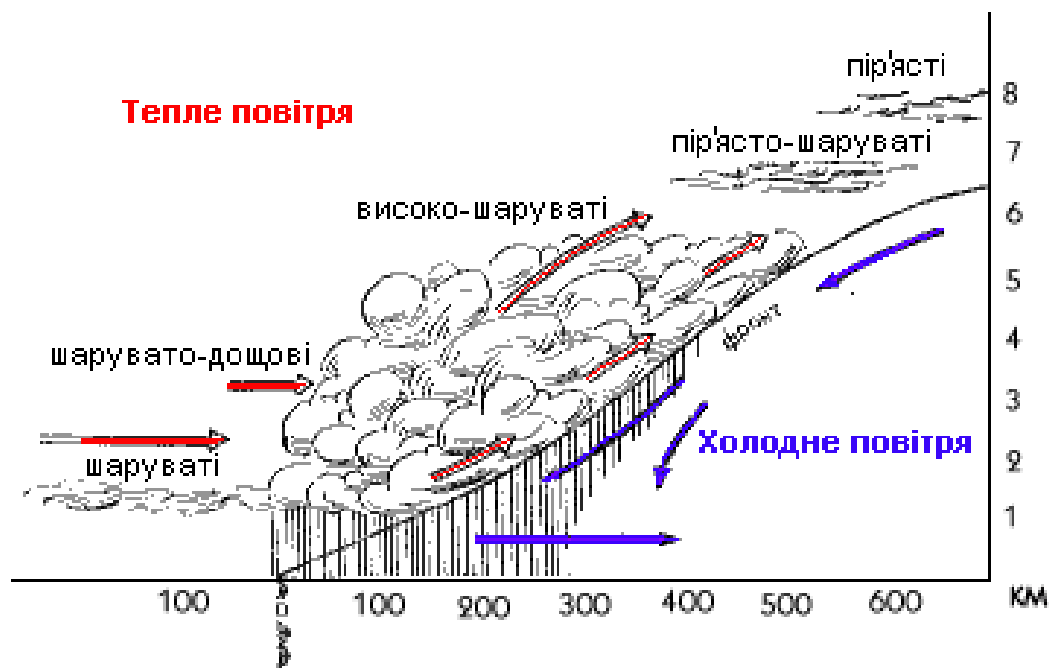


Рис. 2.15. Теплий фронт (old.geology.lnu.edu.ua)

Якщо активнішою є холодна повітряна маса, вона рухається у бік теплого повітря, витісняючи його. Так виникає **холодний фронт**.

Розрізняють *холодний фронт I роду*, коли холодне повітря повільно витісняє тепле, і *II роду* (рис. 2. 16), якщо холодне повітря рухається швидко і бурхливо витісняє тепле повітря.

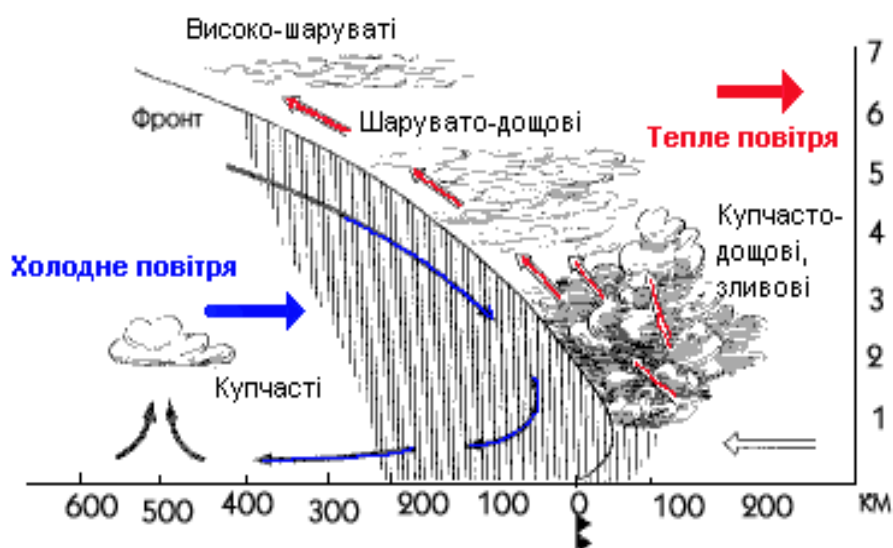


Рис. 2.16. Холодний фронт II роду (old.geology.lnu.edu.ua)

Завдання 3. Замалюйте схеми теплого (рис. 2.15) і холодного (рис. 2.16) фронтів, підпишіть хмари, позначте зони опадів.

При змиканні холодного і теплого фронтів утворюються **фронти оклюзії** – за **типом теплого** або за **типом холодного фронтів**. Усі фронти характеризуються розвитком цілої системи хмар, різкою зміною погоди, опадами.

До **вихрової складової** циркуляції атмосфери належать **циклони** і **антициклони**.

Циклони – великі висхідні атмосферні вихори із замкненою областю зниженого тиску в центрі та системою вітрів, що направлені від периферії до центру, проти годинникової стрілки в Північній півкулі (рис. 2.17, ліворуч) і за годинниковою стрілкою у Південній.

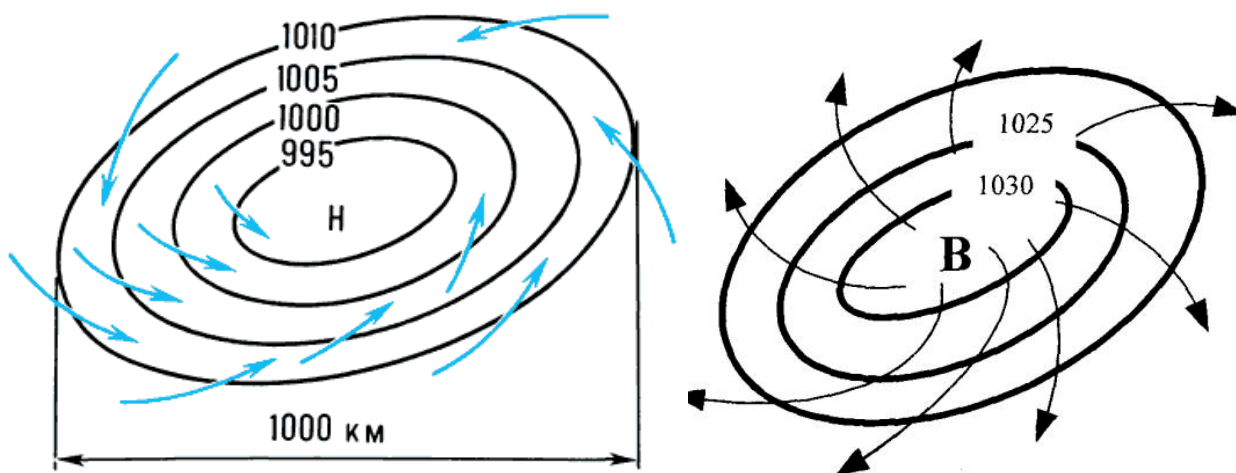


Рис. 2. 17. Схема руху повітря в циклоні (ліворуч) і антициклоні (праворуч) у Північній півкулі

Завдання 4. Замалюйте схеми руху повітря в циклоні й антициклоні у Північній півкулі (рис. 2.17) та поясніть відмінності. Замалюйте аналогічні схеми для Південної півкулі.

За походженням циклони поділяються на термічні і фронтальні. **Термічні** циклони виникають над нагрітими ділянками земної поверхні завдяки підняттю теплого повітря, що призводить до зниження тиску. **Фронтальні** циклони виникають на основних (кліматичних) атмосферних фронтах, що розділяють повітряні маси з різними фізичними властивостями. На арктичному та полярному фронтах утворюються так звані **позатропічні** циклони, а на тропічному – **тропічні**. Останні виникають над дуже нагрітою поверхнею океану і володіють величезною енергією. Циклони приносять хмарну вітряну погоду з опадами, що пов'язано із системою фронтів у циклоні: теплим фронтом у передній частині циклону і холодним – у тилівій.

Антициклони – низхідні атмосферні вихори з високим тиском у центрі і циркуляцією повітря від центру до периферії за годинниковою стрілкою у Північній півкулі (рис. 2.17, праворуч) і проти годинникової стрілки – у Південній.

Низхідний рух повітря в антициклоні супроводжується адіабатичним нагріванням, що є причиною виникнення інверсійного шару. Цей шар перешкоджає утворенню конвективних хмар, тому опади і хмари в антициклоні – рідкісне явище. Лише у холодну пору року і доби можливі тумани і шаруваті хмари в приземному шарі повітря. За умовами формування антициклони поділяються на термічні і фронтальні. **Термічні** антициклони утворюються над дуже охолодженими поверхнями взимку, **фронтальні** – у тилівій частині циклону за холодним фронтом, під областю сходження повітряних потоків у верхній тропосфері.

Циклони і антициклони, як механізм циркуляції атмосфери, здійснюють міжширотний обмін теплом і вологою, формують мусони.

Контрольні запитання

1. Які основні складові ЗЦА ви знаєте?
2. Чим зумовлена зональність постійних вітрів нижньої тропосфери?
3. Як діє механізм міжширотного обміну повітря?
4. Яка причина формування різних породних умов у циклонах і антициклонах?
5. На яких головних фронтах виникають циклони, що мають найбільший вплив на формування погоди і клімату території України?
6. Які географічні типи повітряних мас ви знаєте?
7. У чому полягає різниця між тропічними і позатропічними циклонами? В яких районах вони формуються?
8. Сила баричного градієнта направлена
 - а) ліворуч;
 - б) праворуч;
 - в) від високого тиску до низького;
 - г) від низького тиску до високого.
9. Хвильові рухи планетарного масштабу характерні для перенесення повітря
 - а) західного;
 - б) східного;
 - в) меридіонального;
 - г) міжширотного.
10. Над Антарктидою виникають вітри
 - а) мусони;
 - б) стокові;
 - в) західні;
 - г) пасати.

Тема 2.7. ПОГОДА І КЛІМАТ. КЛІМАТИЧНЕ РАЙОНУВАННЯ

Погода – це фізичний стан нижньої тропосфери у даному місці на певний момент або проміжок часу. Погоду характеризують її **елементи** (температура, тиск, вологість повітря) та **атмосферні явища** (опади, туман, ожеледь, гроза, сніговий покрив тощо).

Погоди дуже різноманітні, мінливі і рідко повторюються, особливо у помірних широтах. Це пояснюється різноманітністю та мінливістю чинників, що їх визначають, а саме: характером повітряних мас, фронтальних та внутрішньомасових процесів, циклонів та антициклонів.

Сукупність погодних умов, найхарактерніших для даної місцевості, визначають її клімат. Отже, **клімат** – це багаторічний режим погоди, зумовлений сонячною радіацією, характером підстильної поверхні та циркуляцією атмосфери. Ці чинники називають **кліматотвірними чинниками**.

Головна роль у формуванні клімату певної території належить **сонячній радіації**. Зональний розподіл сонячної радіації по земній кулі зумовив **зональність** у розподілі кліматів Землі. Нахил земної осі до площини екліптики зумовив **сезонність** у розподілі сонячної радіації, а отже і клімату.

Характер підстильної поверхні впливає на складові теплового і радіаційного балансів, на загальну циркуляцію атмосфери, формування і трансформацію повітряних мас, розподіл опадів. Завдяки чергуванню води і суходолу формуються різні клімати в межах одного теплового поясу: над суходолом – континентальний, над океанами – морський. **Морський** клімат м'якший, завдяки пом'якшувальній дії океану, **континентальний** характеризується великими амплітудами коливання температури, меншою вологістю і кількістю опадів. Континентальність клімату посилюється вглиб материків (рис. 2.19).

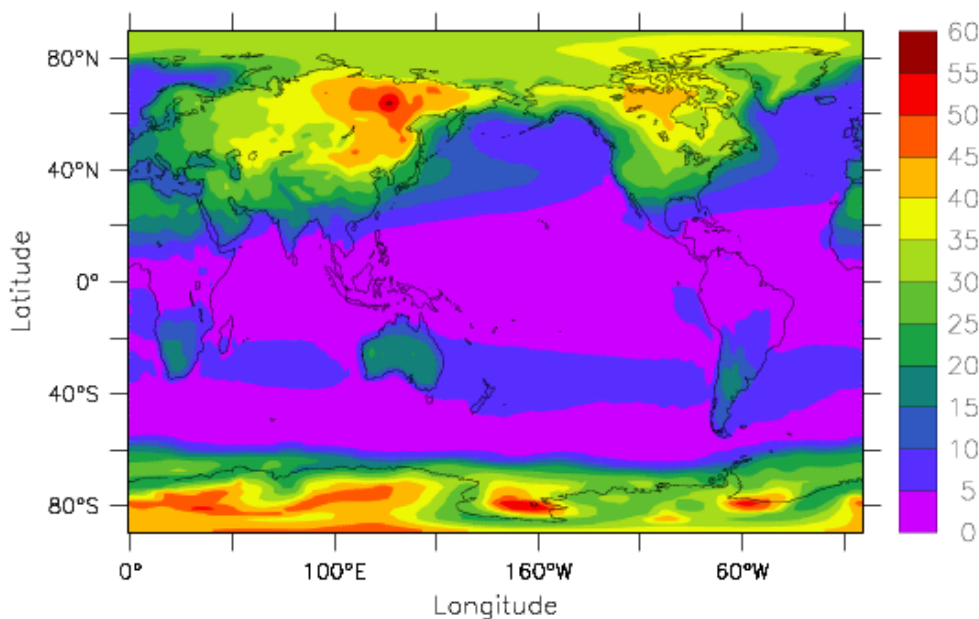


Рис. 2.19. Річні амплітуди температури повітря (°C)

Ступінь континентальності клімату можна кількісно охарактеризувати за допомогою **індекса континентальності**, розрахованого за допомогою формули **Горчинського**: $K = 1,7 \frac{A}{(\sin \varphi - 20,4)}$; або **Хромова**: $K = (A - 5,4 \sin \varphi) / A$, де K – індекс континентальності, A – річна амплітуда температури повітря, φ – широта пункту.

Завдання 1. Розрахуйте індекс континентальності клімату для Парижу, Києва та Якутська. Річні амплітуди температури повітря становлять: у Парижі – 16°C, Києві – 27°C, Якутську – 62°C.

Морські течії відіграють велику роль у міжширотному перенесенні тепла. Біля західних берегів помірних широт клімат тепліший, ніж біля східних, а в тропічних широтах – навпаки. Теплі течії збільшують кількість опадів, холодні – зменшують.

Із впливом **орографії** на стан нижньої атмосфери пов'язана **вертикальна зональність (поясність) кліматів**, яка ускладнює горизонтальну кліматичну зональність. На клімат впливає також сезонний сніговий покрив, рослинний покрив та інші характеристики підстильної поверхні.

Циркуляція атмосфери, зв'язана з двома першими чинниками, зумовлює міжширотний обмін теплом і вологою. Особливо велика її роль у зволоженні материків.

Класифікація кліматів – це виділення їх типів за певними ознаками або умовами формування. В основу **генетичної класифікації кліматів Б. П. Алісова** покладено умови циркуляції атмосфери, типи повітряних мас та їхнє переміщення протягом року. Відповідно до типів клімату, Б. П. Алісов виділив **13 кліматичних поясів**: 7 основних і 6 перехідних (рис. 2.20).

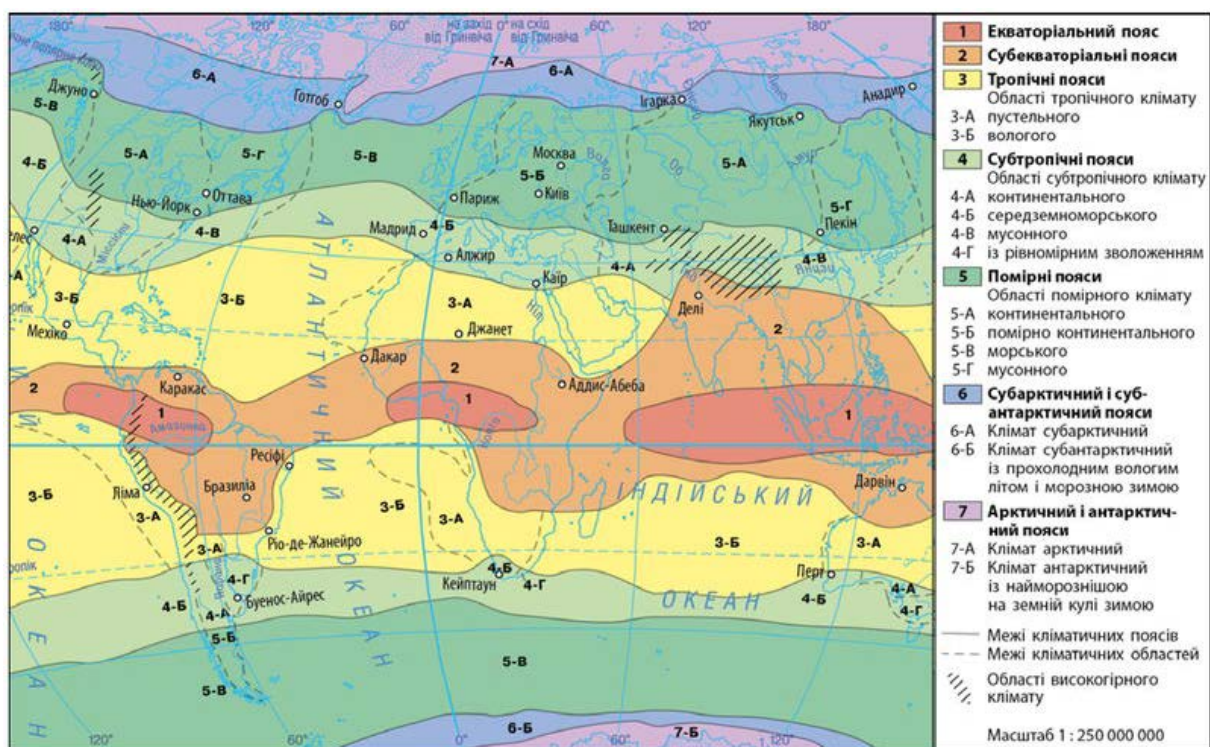


Рис. 2.20. Кліматичні пояси та області за Б. П. Алісовим

Основні пояси (*екваторіальний*, два *тропічних*, два *помірних*, *арктичний* і *антарктичний*) характеризуються переважанням одного типу повітряних мас протягом року. До них приурочені області формування основних географічних типів повітряних мас. **Перехідні пояси** (два *субекваторіальних*, два *субтропічних*, *субарктичний* і *субантарктичний*) розміщуються між основними і відрізняються зміною повітряних мас за сезонами. Влітку сюди приходить повітря з більш низьких широт, взимку з високих (наприклад, у субекваторіальному поясі влітку панує екваторіальна повітряна маса, а взимку – тропічна). Межами кліматичних поясів є крайні (літнє і зимове) положення головних (кліматичних) фронтів.

У низці кліматичних поясів (тропічному, субтропічному та помірному) виділяють підтипи кліматів: материковий, океанічний, клімат західних узбереж і клімат східних узбереж, які є основою для виділення кліматичних областей. Крім цього, залежно від рельєфу, можуть виділятися гірські клімати.

Завдання 2. Позначте на контурній карті світу кліматичні пояси та області за Б. П. Алісовим (рис. 2. 20). Кліматичні пояси виділіть різними кольорами та підпишіть їхні назви.

Завдання 3. Складіть коротку письмову характеристику (текстом або у вигляді таблиці) кліматичних поясів і областей за планом:

- 1) географічне положення (середні межі у градусах широти) (рис. 2.20);
- 2) панівні типи повітряних мас (влітку і взимку);
- 3) радіаційний баланс (рис. 2.5);
- 4) середні температури повітря у липні та січні (рис. 2.6; рис. 2.7);
- 5) середня річна кількість опадів і режим випадання (рис. 2.8);
- 6) тип циркуляції – панівні вітри (влітку та взимку) (рис. 2.12).

Кліматичні умови певного пункту або місцевості (річний хід температури повітря та кількість і режим випадіння опадів) наочно відображають **кліматичні діаграми** (рис. 2.21).

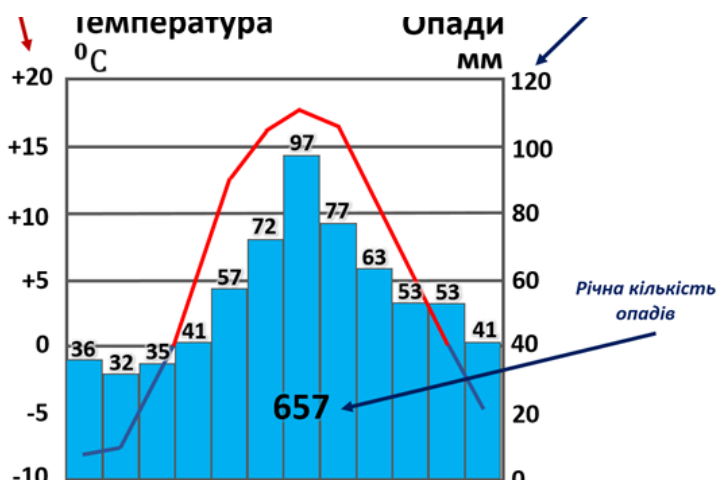


Рис. 2. 21. Кліматична діаграма

Завдання 4. Побудуйте кліматичну діаграму для одного з міст (за вказівкою викладача) за даними таблиць.

Таблиця 2. 7.

Середні місячні і річні температури повітря в окремих регіонах України

Пункти	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>Захід (з Карпатами)</i>													
Ковель	-4,6	-3,7	0,4	7,2	13,9	17,0	18,6	17,4	13,2	7,4	2,4	-2,2	7,2
Львів	-4,7	-3,1	1,3	7,4	13,8	16,5	18,3	17,4	13,6	8,3	2,2	-2,1	7,5
Кам'янець-Под.	-5,3	-3,8	1,1	7,8	14,4	17,2	19,2	18,5	14,2	8,7	2,2	-2,5	7,4
Ужгород	-2,9	-1,4	4,3	10,0	15,4	17,9	19,9	19,0	15,1	10,1	4,3	-0,2	9,3
Рахів	-4,9	-4,0	1,5	7,1	12,8	15,4	17,5	16,0	12,4	8,3	2,0	-2,1	6,8
<i>Північ</i>													
Глухів	-7,9	-7,8	-2,6	5,7	14,1	17,3	19,2	17,7	12,4	6,1	-0,1	-5,7	5,7
Київ	-6,0	-4,7	-0,5	6,8	14,6	17,4	19,3	18,2	13,4	7,3	0,7	-3,5	6,9
Суми	-7,9	-7,6	-2,4	6,4	14,0	17,6	19,3	18,4	12,9	6,4	-0,2	-5,4	6,0
<i>Центр</i>													
Кіровоград	-5,4	-4,7	0,4	8,2	15,2	18,6	21,0	20,0	14,7	8,5	2,0	-3,0	8,0
Черкаси	-6,1	-5,7	-0,3	7,5	15,1	18,0	20,4	19,2	14,2	8,1	1,3	-3,7	7,3
Полтава	-7,1	-6,6	-1,2	7,1	14,9	17,9	20,4	19,3	14,2	7,6	0,5	-4,8	6,8
<i>Схід</i>													
Донецьк	-6,6	-6,2	-1,0	7,9	15,4	18,6	21,6	20,4	15,0	7,9	0,9	-4,2	7,5
Луганськ	-7,1	-5,1	0,4	8,8	17,6	22,6	25,2	23,2	17,0	9,7	2,2	-3,0	9,2
Маріуполь	-5,1	-4,7	0,4	8,2	15,6	19,8	22,7	21,8	16,1	9,8	2,4	-2,5	8,7
<i>Південь (з Кримом)</i>													
Одеса	-3,7	-2,0	2,0	8,0	15,2	19,2	22,1	21,4	16,3	10,7	3,0	-0,5	9,4
Тендра	-1,7	-1,7	2,2	8,2	15,1	19,7	22,2	22,0	17,8	12,0	5,8	0,8	10,2
Сімферополь	-1,3	-0,3	3,9	8,8	14,8	18,7	21,6	20,7	15,7	11,1	4,8	1,6	10,0
Ялта	3,7	3,8	6,1	10,3	16,2	20,8	24,2	23,7	19,1	14,4	9,3	6,1	13,1
Ай-Петрі	-3,6	-3,8	-1,0	3,9	9,8	13,0	15,6	15,4	11,2	7,4	2,3	-1,3	5,7

Таблиця 2. 8.

Місячні і річні суми атмосферних опадів в окремих регіонах України

Пункти	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>Захід (з Карпатами)</i>													
Ковель	29	26	28	40	51	83	78	80	50	39	46	36	586
Львів	27	32	34	49	67	87	102	85	52	51	45	31	662
Кам'янець-Под.	23	22	24	47	66	88	88	65	55	37	30	27	572
Ужгород	53	45	49	54	65	93	78	78	64	68	62	61	770
Рахів	68	63	93	69	124	167	151	96	70	118	80	67	1166
<i>Північ</i>													
Глухів	30	30	35	41	58	70	79	62	50	53	38	40	592
Київ	38	37	43	49	56	80	76	61	49	44	47	42	622
Суми	38	31	35	43	54	75	76	59	50	47	45	50	603
<i>Центр</i>													
Кіровоград	38	30	30	40	39	74	74	64	37	39	34	44	543
Черкаси	24	20	27	38	57	72	75	57	41	38	34	29	512
Полтава	24	21	29	34	44	69	63	51	33	38	38	36	481
<i>Схід</i>													
Донецьк	40	32	40	38	55	68	65	45	38	35	87	99	431
Луганськ	20	18	24	31	45	55	51	40	30	33	33	26	406
Маріуполь	27	29	29	21	35	54	40	43	32	33	32	36	417
<i>Південь (з Кримом)</i>													
Одеса	32	23	22	29	36	56	39	35	30	39	30	30	401
Тендра	24	17	18	20	27	36	29	28	21	29	20	22	291
Сімферополь	41	35	32	34	41	68	63	35	35	38	43	44	509
Ялта	65	49	44	31	38	43	44	27	35	45	62	72	545
Ай-Петрі	160	129	92	50	52	73	60	49	49	71	109	158	1052

Контрольні запитання

1. Чим відрізняються поняття "погода" і "клімат"?
2. Які ознаки покращення та погіршення погоди ви знаєте?
3. Які основні кліматотвірні чинники ви знаєте? Поясніть роль кожного із них у формуванні клімату.
4. Якими кількісними показниками характеризується клімат?
5. Назвіть основні та перехідні кліматичні пояси за Б. П. Алісовим.
6. Як зміниться погода після проходження теплого фронту?
 - а) потеплішає і тиск підвищиться;
 - б) похолодає і тиск підвищиться;
 - в) потеплішає і тиск знизиться;
 - г) похолодає і тиск знизиться.
7. Режим погоди в екваторіальних широтах зумовлений
 - а) термічною конвекцією;
 - б) турбулентним теплообміном;
 - в) циклонічною діяльністю;
 - г) фронтальною діяльністю.
8. Падіння атмосферного тиску на барографі вказує на _____.
9. Роса вранці вказує на _____ погоду вдень.
10. _____ хмари на ранок після холодної ночі вказують на гарну погоду вдень.
11. _____ колір неба на заході Сонця вказує на вітряну погоду.
12. Що робить клімат на кілька градусів холоднішим і сухим?
 - а) сніговий покрив;
 - б) підвищення рельєфу;
 - в) тепла течія;
 - г) холодна течія.
13. На навітряних схилах гір кількість опадів з висотою
 - а) поступово збільшується;
 - б) спочатку збільшується, потім зменшується;
 - в) поступово зменшується;
 - г) спочатку зменшується, потім збільшується.
14. У якому кліматичному поясі тропічні повітряні маси взимку змінюються на екваторіальні влітку?
 - а) екваторіальному;
 - б) субекваторіальному;
 - в) тропічному;
 - г) субтропічному.

Теми реферативних повідомлень до розділу

1. Значення атмосфери для природи Землі.
2. Джерела забруднення атмосфери та охорона атмосферного повітря.
3. Проблеми озонового шару Землі.
4. Місцеві вітри.
5. Смерчі та торнадо.
6. Явище Ель-Ніньо: природа і наслідки.
7. Тропічні урагани та тайфуни.
8. Ознаки погіршення та покращання погоди.
9. Засоби спостереження за погодою.
10. Небезпечні метеорологічні явища.
11. Особливості клімату вашого рідного міста чи села.
12. Вплив погоди на господарську діяльність і самопочуття людини.
13. Вплив антропогенного чинника на погоду і клімат.
14. Проблема глобального потепління клімату та його наслідки.
15. Сценарії майбутніх змін клімату.

РОЗДІЛ 3. ГІДРОСФЕРА. СВІТОВИЙ ОКЕАН

Тема 3.1. ГІДРОЛОГІЯ ТА ПРЕДМЕТ ЇЇ ВИВЧЕННЯ

Гідросфера – водна оболонка Землі – це усі хімічно не зв’язані води, що є на поверхні та у товщі земної кори, незалежно від їх агрегатного стану.

Вивченням вод гідросфери займається наука **гідрологія**. При цьому предметом вивчення гідрології є не вода як хімічна речовина, а гідросфера в цілому та її складові (**водні об’єкти**). Загалом гідрологія поділяється на **гідрологію моря (океанологію)** і **гідрологію суходолу**. Разом з тим існує низка галузевих наук, що вивчають окремі водні об’єкти гідросфери (наприклад, лімнологія вивчає озера, гляціологія – льодовики тощо).

Структура гідросфери полягає у виділенні її складових частин – водних об’єктів. Усі водні об’єкти поділяються на **Світовий океан (океаносферу)** та **води суходолу**. До Світового океану належать **океани, моря, затоки і протоки**, до вод суходолу – **поверхневі води (річки, озера, льодовики та багаторічні сніги, болота)** та **підземні** води.

Загальна кількість води у гідросфері становить 1386,5 млн км³. Найбільше води містить Світовий океан (96,5% від цієї кількості). Досить багато води зосереджено у льодовиках та підземних водах (1,74% і 1,69% відповідно). До складу гідросфери відносять також незначну кількість води, що входить до складу атмосфери та живих організмів (табл. 3. 1).

Завдання 1. Проаналізуйте структуру гідросфери за даними таблиці 3. 1 і дайте порівняльну кількісну оцінку її водних об’єктів.

Таблиця 3.1.

Розподіл природних вод на Землі

Води	Площа поширення, км ²	Об’єм, км ³	Частка від світових запасів, %
Світового океану	361 300 000	1 338 500 000	96,5
Льодовиків та снігів	16 227 500	24 064 000	1,74
Підземні (гравітаційні та капілярні)	134 800 000	23 400 000	1,69
Підземні багаторічної мерзлоти	21 400 000	300 000	0,0216
Ґрунту	82 000 000	16 500	0,0012
Озер	2 058 700	176 400	0,0127
Боліт	2 682 000	1 150	0,00008
Річок	148 800 000	2 120	0,00015
Біологічні	510 000 000	1 120	0,00008
Атмосфери	510 000 000	12 900	0,00093

Отже, верхня **межа гідросфери** виражена досить чітко і співпадає з поверхнею земної кулі та нижньою межею атмосфери; нижня межа гідросфери є вкрай нечіткою.

Вода має земне походження. Вона утворилася з водяної пари, що виділялася з речовини мантії у процесі розігрівання Землі на ранніх стадіях її розвитку. Водяна пара в атмосфері конденсувалася, у вигляді опадів випадала на поверхню Землі та формувала її водну оболонку.

Гідросфера характеризується єдністю та цілісністю, про що свідчить безперервний водообмін між водними об'єктами та кругообіг води в природі. **Кругообіг води** здійснюється під впливом сонячної радіації та сили тяжіння завдяки здатності води перебувати у трьох агрегатних станах: газоподібному (водяна пара), рідкому (вода) та твердому (лід).

Кругообіг має циклічний характер. Основні ланки його: випаровування, конденсація водяної пари та утворення хмар, перенесення вологи повітряними течіями, опади і стікання води із суходолу в Світовий океан. У процесі кругообігу можна виділити мале і велике кола (рис. 3. 1).

Завдання 2. Замалюйте схему кругообігу води в природі. Різними кольорами виділіть мале коло, велике коло, місцевий кругообіг.

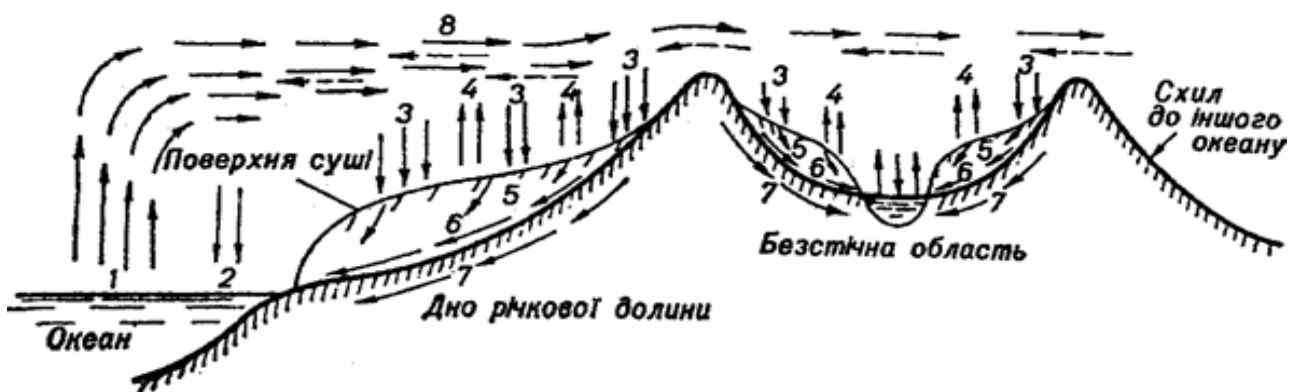


Рис. 3.1. Кругообіг води у природі: 1 – випаровування з океану; 2 – опади на поверхню океану; 3 – опади на поверхню суходолу; 4 – випаровування з суходолу; 5 – поверхневий стік; 6 – річковий стік; 7 – підземний стік; 8 – перенесення водяної пари та хмар

Мале коло кругообігу пов'язує Світовий океан і атмосферу: вода випаровується з поверхні Світового океану, утворюються хмари, які віддають опади назад, на поверхню океану. **Велике коло** включає також і поверхню суходолу: вода, що випарувалася з океану, у вигляді опадів випадає на суходіл і формує поверхневий та підземний стік, у процесі якого повертається знову у Світовий океан. Кругообіг ускладнюється тим, що частина води може потрапляти у безстічні області, формувати льодовики, входити до складу гірських порід тощо. Також можна розглядати **місцеві кругообіги**: окремих океанів і навіть водойм, безстічних областей.

Кількісно кругообіг води у природі виражається **рівняннями водного балансу**. Для малого кола кругообігу витрата води (випаровування) врівноважується її прибутком (опаді). Для великого кола кругообігу витрата води (випаровування) компенсується її прибутком у вигляді опадів та стоку.

Завдання 3. Розрахуйте, яка частина вод Світового океану (у відсотках) щорічно бере участь у кругообігу води в природі.

Примітки: 1) щорічно у кругообігу бере участь величезна кількість води – 525 100 км³;
2) загальна кількість води у гідросфері становить 1386,5 млн км³.

Завдання 4. Побудуйте стовпчикові діаграми складових водного балансу Землі та її частин (табл. 3. 2). Масштаб для побудови: в 1 см 50 000 км³.

Таблиця 3.2.

Водний баланс земної кулі у км³ (за М.І. Львовичем)

Елементи водного балансу	Світовий океан	Суходіл	Області внутрішнього стоку
Випаровування	455 830	61 770	7 500
Опади	411 600	106 000	7 500
Стік	44 230	44 230	-

Кругообіг води у природі відіграє велику роль у формуванні географічної оболонки, забезпечуючи перенесення речовини й енергії. При цьому вода, як універсальний розчинник та найпоширеніший на Землі мінерал, відіграє провідну роль у формуванні рельєфу, переносить і акумулює уламковий матеріал, вимиває ґрунти, переносить солі, є основою всіх життєвих процесів. Завдяки кругообігу води гідросфера перебуває у тісній взаємодії з іншими геосферами.

Для розуміння процесів і явищ, які відбуваються в гідросфері, слід мати уявлення і про найважливіші **фізичні та хімічні властивості** самої води. Це єдиний мінерал, який існує в природі одночасно в рідкому, твердому і газоподібному станах. Вода здатна розчиняти солі й утворювати сполуки; має низку аномалій, не характерних для інших оксидів; характеризується великою теплоємністю та малою теплопровідністю, великим поверхневим натягом і значною текучістю; при замерзанні збільшується в об'ємі; має здатність до самоочищення тощо. Властивості води суттєво змінюються при зміні температури та тиску.

Завдяки розташуванню атомів кисню та водню у вигляді рівнобедрених трикутників молекули води поляризовані, тому можуть утворювати агрегати з двох і трьох молекул (дигідролі і тригідролі відповідно). Співвідношення простих і складних молекул у воді залежить від температури та фазового стану води (табл. 3. 3).

Завдання 5. Побудуйте колові діаграми співвідношення простих і складних молекул у воді за різних температур (табл. 3.3) та проаналізуйте їх, звертаючи увагу на фазовий стан води та на зміну вмісту різних молекул при підвищенні температури води.

Таблиця 3.3.

Співвідношення простих і складних молекул у воді залежно від температури (%)

Молекули	Температура води, °С				
	Лід	0	4	38	96
H ₂ O	0	19	20	29	36
(H ₂ O) ₂	41	58	59	50	51
(H ₂ O) ₃	59	23	21	21	13

Вода має тетраедричну структуру, яка характеризується компактною упаковкою молекул. Найщільнішу упаковку молекул, а отже і найбільшу густину, вода має за температури 4°С. У природній воді може бути присутньою її ізотопна сполука – важка вода, властивості якої суттєво різняться.

Контрольні запитання:

1. Якою є структура гідросфери?
2. Чому нижню межу гідросфери провести дуже складно?
3. Який процес став основою формування природних вод?
4. Які чинники забезпечують існування кругообігу води в природі?
5. Наведіть приклади взаємодії гідросфери з атмосферою, літосферою та біосферою.
6. Назвіть основні фізико-хімічні властивості води та поясніть їхню роль у формуванні властивостей гідросфери.
7. У твердому стані вода складається з
 - а) гідролів;
 - б) дигідролів;
 - в) суміші гідролів і тригідролів;
 - г) суміші дигідролів і тригідролів.
8. Який з елементів не входить до водного балансу суходолу?
 - а) випаровування;
 - б) конденсація;
 - в) опади;
 - г) стік.
9. Найщільнішу упаковку молекул, а отже і найбільшу густину, вода має за температури
 - а) 0°С;
 - б) 2°С;
 - в) 4°С;
 - г) 6°С.
10. Якою є структура води?
 - а) призматичною;
 - б) тетраедричною;
 - в) кубічною;
 - г) квадратичною.
11. Розташуйте водні об'єкти у порядку зменшення об'єму води, зосередженої в них:
 - а) підземні води;
 - б) озера;
 - в) льодовики;
 - г) річки.
12. Світовий океан, атмосферу й суходіл охоплює _____ коло кругообігу.

Тема 3.2. СВІТОВИЙ ОКЕАН І ЙОГО ЧАСТИНИ. РОЗВИТОК І РЕЛЬЄФ ДНА СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Світовий океан (океаносфера) – це єдиний безперервний водний простір, у якому розміщений суходіл у вигляді материків та островів. Наука, що вивчає Світовий океан, називається **океанологією**.

За фізико-хімічними особливостями, характером рельєфу дна та циркуляції вод у межах Світового океану виділяють **частини: океани, моря, затоки і протоки**. Зараз виокремлюють чотири океани: **Тихий, Атлантичний, Індійський та Північний Льодовитий** (рис. 3.2).

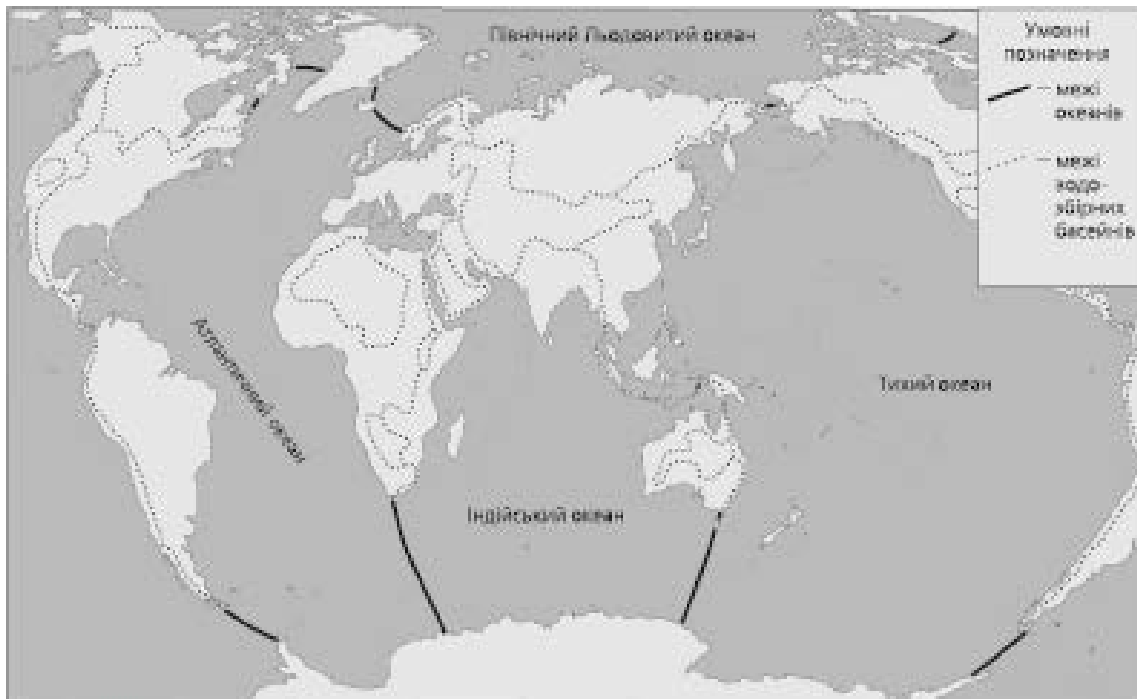


Рис. 3.2. Межі океанів та їх водозбірних басейнів

Завдання 1. На контурній карті світу позначте межі океанів (рис. 3.2), підпишіть назви проток, що їх сполучають, назви інших географічних об'єктів (мисів, островів тощо), пов'язаних з межами океанів, а також найбільші (максимальні) глибини кожного океану (табл. 3.4).

Найбільшим за площею і найглибшим є Тихий океан. Основні морфометричні характеристики океанів наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4.

Основні морфометричні характеристики океанів

Океан	Площа, млн км ²	Об'єм води, млн км ³	Глибина середня, м	Глибина максимальна, м
Тихий	178,7	707,1	3976	11022
Атлантичний	91,7	330,1	3597	8742
Індійський	76,2	284,6	3711	7729
Північний Льодовитий	14,7	16,7	1225	5527
Світовий океан	361,3	1338,5	3709	11022

Завдання 2. Побудуйте колову діаграму співвідношення площ океанів, прийнявши площу Світового океану (361,3 млн км²) за 100% (табл. 3. 4).

Примітки: 1) визначте, скільки відсотків від усієї площі припадає на кожний океан; 2) отримані відсотки виразіть у градусах кола, пам'ятаючи, що 1% відповідає 3,6°.

Завдання 3. За даними табл. 3.4 побудуйте стовпчикову діаграму середніх і максимальних глибин океанів. Максимальні глибини зобразіть стовпчиками відповідної висоти різного кольору, а середні глибини – штрихуванням на їхньому тлі. Рекомендований вертикальний масштаб – в 1 см 1000 м.

Примітка: нуль на вісі глибин відповідає рівню поверхні води, тому цю вісь спрямовуємо донизу. Відповідно, стовпчики теж будуть спрямовані донизу.

Моря – частини океанів, що вдаються в суходіл або відокремлюються від океану островами чи підводними височинами. Моря поділяються на **окраїнні** (розміщені на підводних окраїнах материків), **середземні** (включають **міжматерикові**, що знаходяться між материками, та **внутрішньоматерикові**, які глибоко врізаються у суходіл) та **міжострівні**. Прикладами окраїнних можуть бути моря, що омивають північні береги Євразії; міжматерикових – Середземне, Червоне, Карибське; внутрішньоматерикових – Балтійське, Чорне, Азовське, Біле; міжострівних – Яванське, Сулу, Сулавесі, Банда тощо.

Завдання 4. На тій самій контурній карті (завдання 1) підпишіть назви морів зі списку географічної номенклатури (додаток А): **окраїнні** – червоним олівцем, **міжматерикові** – синім, **внутрішньоматерикові** – зеленим, **міжострівні** – жовтим.

Затоки – частини океанів або морів, що глибоко вдаються у суходіл. За походженням, будовою берегів, формою і розмірами розрізняють **бухти, фіорди, губи, лимани, лагуни**.

В окремих випадках назва «затока» закріпилася за такими акваторіями Світового океану, які за гідрологічним режимом є, по суті, морями (Мексиканська, Гудзонова, Перська).

Протоки – відносно вузькі частини Світового океану, що розділяють дві ділянки суходолу та сполучають сусідні водойми.

Рельєф дна Світового океану сформувався в результаті процесів, які й призвели до виникнення і формування самих океанічних улоговин протягом тривалого геологічного часу.

На сьогодні фундаментом наукових уявлень про походження і формування дна Світового океану стала **теорія тектоніки літосферних плит**. Ці уявлення беруть початок від гіпотези горизонтального переміщення (**дрейфу**) **материків**, яку вперше обґрунтував ще в 1912 р. німецький геофізик і метеоролог А. Вегенер.

У 60-і роки 20 ст. вказана гіпотеза отримала нові підтвердження і, здобувши прихильність більшості вчених, переросла в ранг теорії (**тектоніки літосферних плит**). Було встановлено, що під океанами земна кора має іншу будову, ніж на материках – під їхнім дном немає гранітного шару і осадові породи вкривають безпосередньо базальтовий шар. При цьому поблизу серединно-океанічних хребтів осадові породи порівняно молоді і мають незначну потужність, тоді як біля материків вони утворилися давно і характеризуються великою потужністю (до 15 км у Мексиканській затоці).

Суть теорії полягає в тому, що разом з материками рухаються й великі частини океанічного дна, утворюючи **літосферні плити**. Їхній рух зумовлений великомасштабною конвекцією речовини мантії. На планеті виділяють 8-9 великих літосферних плит (Північноамериканська, Південноамериканська, Африканська, Євразійська, Індо-Австралійська, Антарктична, Тихоокеанська, Китайська, Наска) та понад 20 – малих (у межах Альпійсько-Гімалайського, Західно- і Східно-Тихоокеанських поясів). Межі цих плит є осередками землетрусів.

У **рельєфі дна** Світового океану виділяють такі основні геоморфологічні елементи: *підводну окраїну материка, перехідну зону, ложе океанів і серединно-океанічні хребти* (табл. 3. 5, рис. 3. 4). Кожний з елементів має свої характерні ознаки і кожному з них відповідає певний тип земної кори.

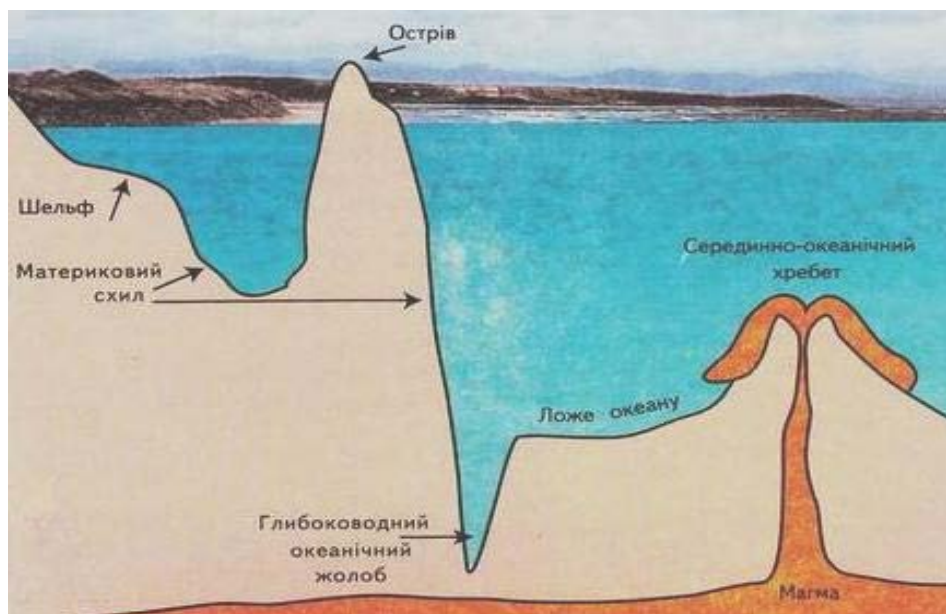


Рис. 3.3. Елементи рельєфу дна Світового океану

Підводна окраїна материків – частина дна Світового океану, яка є підводним продовженням материків. Вона характеризується схожістю геологічної будови та рельєфу з прилеглими ділянками суходолу і включає в себе шельф (материкову обмілину), материковий схил і материкове підніжжя.

Шельф – це прилегла до материка відносно мілководна частина дна (пересічно до глибини 200 м). Значні його простори в минулому були суходолом і стали частиною морського дна в результаті затоплення узбережжя водами внаслідок трансгресії Світового океану після закінчення останнього зледеніння. Для шельфу характерна діяльність різноманітних сучасних рельєфоутворюючих процесів, особливо абразії та акумуляції.

Материковий схил – це підводна основа (цоколь) материків. Геоморфологічно це ступінчаста, ускладнена підводними каньйонами та горбами рівнина, що характеризується значним нахилом поверхні (до 8-10°). Ця зона простежується в межах глибин від 200 м до 3600 м.

Материкове підніжжя – хвиляста нахилена рівнина, в яку переходить материковий схил. Вона відокремлює схил від ложа океану. Це найбільша акумулятивна форма рельєфу дна океану.

У межах підводної окраїни материка представлена земна кора материкового типу.

Рельєф **перехідних зон** представлений улоговинами окраїнних та середземних морів, острівними дугами і глибоководними жолобами.

Улоговини окраїнних та середземних морів, зазвичай, глибокі, їх дно часто не рівне, з великою кількістю підняттів, а потужність донних відкладів незначна (Японське, Андаманське та ін.). Земна кора під улоговинами не має гранітної товщі, за своєю будовою схожа на океанічну і називається *субокеанічною*.

Острівні дуги – це підводні хребти, які мають дугоподібну форму та субматерикову земну кору. В районах острівних дуг знаходяться вулкани, найчастіше – діючі (понад 70%). Чимало острівних дуг (Курильська, Алеутська, Мала Антильська та ін.) утворюють паралельні ланцюги.

Глибоководні жолоби – це вузькі западини з крутими схилами і пласким дном, у яких залягає потужна товща осадових відкладів. Глибина в районах жолобів понад 6000 м. У чотирьох глибоководних жолобах (Маріанський, Тонга, Філіппінський, Кермадек – усі в Тихому океані) глибини становлять понад 10000 м.

Загальна кількість жолобів у Світовому океані 34, у тому числі в Тихому океані — 28. Глибоководні жолоби не виявлені лише в Північному Льодовитому океані. У межах глибоководних жолобів відбувається **сходження (субдукція) літосферних плит**, унаслідок чого океанічна плита занурюється під материкову. Через це перехідні зони є ділянками найбільш активних і різноманітних проявів тектонічних рухів Землі.

Ложе океанів – океанічні платформи – один із основних елементів рельєфу Світового океану, який охоплює більшу частину його дна на глибинах понад 4000 м.

Воно займає близько 54% площі дна Світового океану. Ложе характеризується океанічним типом земної кори. У рельєфі ложа океану поєднуються широкі улоговини та підняття.

Серединно-океанічні хребти (СОХ) – великі витягнуті переважно в меридіональному напрямі підняття океанічної земної кори. В осьовій зоні хребтів утворюються вузькі глибокі долини – **рифти**. У межах серединно-океанічних хребтів відбувається **розходження (спрединг) літосферних плит** і надходження через рифти магми, яка застигаючи утворює наймолодшу океанічну кору. Серединно-океанічні хребти, як і перехідні зони, є сейсмічними ділянками, для них характерні також прояви сучасного та недавнього вулканізму. Серединно-океанічні хребти всіх океанів утворюють єдину суцільну систему загальною протяжністю близько 70 тис. км.

Завдання 5. Проаналізуйте таблицю 3.5 та виявіть особливості поширення основних елементів рельєфу дна у Світовому океані та в кожному океані зокрема.

Таблиця 3.5.

Площі основних елементів рельєфу дна Світового океану

Основні елементи дна Світового океану		Океани									
		Північний Льодовитий		Індійський		Атлантичний		Тихий		Разом	
		млн км ²	%	млн км ²	%	млн км ²	%	млн км ²	%	млн км ²	%
Підводні окраїни материків	Шельф	7,1	48	4,4	6	9,3	10	9,7	5	31,0	8
	Материковий схил	2,3	16	8,7	11	7,7	8	5,4	3	24,6	7
	Материкове підніжжя	0,9	6	9,4	12	12,5	14	3,1	2	25,9	7
	Усього	10,3	70	22,6	29	29,5	32	18,2	10	81,5	22
Перехідна зона	Улоговини окраїнних морів	-	-	0,8	1	1,3	1,4	3,9	2	6,1	2
	Острівні дуги	-	-	0,5	1	3,0	3	16,2	9	19,7	5
	Глибоководні жолоби	-	-	0,5	1	0,5	0,6	3,9	2	4,9	1
	Усього	-	-	1,8	3	4,8	5	24,1	13	30,6	8
Ложе океану	Улоговини	2,8	19	35,5	46	29,4	32	91,4	51	159,7	44
	Підняття	1,1	8	4,0	5	4,6	5	25,4	14	35,1	10
	Усього	3,9	27	39,6	51	34,0	37	116,8	65	194,8	54
Серединно-океанічні хребти		0,5	3	12,9	17	23,3	26	19,6	11	55,3	16
Максимальна глибина (м)		5527		7729		8742		11022		11022	
Середня глибина (м)		1225		3711		3597		3976		3709	

Контрольні запитання:

1. Як проводять межі океанів по водній поверхні?
2. До яких океанів відносяться моря: Північне, Берінгове, Сулавесі, Гренландське, Бофорта, Арафурське?
3. Якими протоками з'єднані Азовське і Чорне моря з Атлантичним океаном?
4. Як відрізняються за глибинами окраїнні, міжматерикові та внутрішньоматерикові моря?
5. Які висновки стали для А. Вегенера основою формулювання гіпотези дрейфу материків?
6. Які нові підтвердження сприяли відродженню даної гіпотези у вигляді теорії літосферних плит?
7. Який тип земної кори характерний для кожного з геоморфологічних елементів дна Світового океану? Чим відрізняється кора материкового типу від океанічної?
8. До яких елементів дна Світового океану приурочені зони підвищеної сейсмічної активності й вулканізму? Чому?
9. Субдукція відбувається в межах
 - а) материкового підніжжя;
 - б) серединно-океанічних хребтів;
 - в) глибоководних жолобів;
 - г) материкового схилу.
10. Океанічна земна кора характеризується відсутністю шару
 - а) гранітного;
 - б) осадового;
 - в) базальтового;
 - г) метаморфічного
11. Наймолодша земна кора характерна для:
 - а) материкового підніжжя;
 - б) серединно-океанічних хребтів;
 - в) глибоководних жолобів;
 - г) ложа.
12. Який приблизно відсоток площі дна Північного Льодовитого океану припадає на підводну окраїну материків?
 - а) 40;
 - б) 50;
 - в) 60;
 - г) 70
13. Який з елементів океанічного дна характеризується підвищеною сейсмічністю?
 - а) підводна окраїна материків;
 - б) ложе;
 - в) серединно-океанічні хребти;
 - г) шельф.
14. Який елемент рельєфу дна відсутній у Північному Льодовитому океані?
 - а) підводна окраїна материків;
 - б) ложе;
 - в) серединно-океанічні хребти;
 - г) перехідна зона.

Тема 3.3. ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОД ОКЕАНІВ І МОРІВ

Морська вода – дуже складний хімічний розчин, у якому є близько 60 компонентів, причому співвідношення цих компонентів відрізняється дивовижною постійністю.

З усіх сполук найбільший уміст має **хлористий натрій (кухонна сіль)** – 27,2 г/л, що зумовлює солоний смак води, та **хлористий магній** – 3,8 г/л, що робить морську воду гіркуватою.

Не залежно від солоності морської води, співвідношення основних солей у ній постійне: **хлориди** складають 88,7 %, **сульфати** – 10,8%, **карбонати** – 0,3 %, тому для визначення солоності води достатньо виміряти вміст хлору. Окрім солей у морській воді розчинені сполуки азоту, фосфору, кремнію, що засвоюються живими організмами (0,2%), а також мікроелементи (у тому числі й дорогоцінні метали).

Кількість мінеральних речовин у грамах, розчинених у кілограмі морської води, називається її солоністю. Визначається солоність у **проміле** (‰) – тобто тисячних частках. Середня солоність вод Світового океану становить 34,7‰. Загальна кількість солей у Світовому океані величезна: якби їх усі викристалізувати, на земній поверхні утворився б шар завтовшки 40 м.

Солоність поверхневих вод у відкритому океані змінюється зонально. Це зумовлено зональним розподілом основних чинників, що впливають на солоність води: атмосферних **опадів**, які розпріснюють воду, та величини **випаровування**, яке призводить до збільшення солоності.

Зональний розподіл солоності поверхневих вод порушується **стоком** великих річок, перенесенням менш солоних і більш солоних вод течіями. Деякий вплив на солоність мають процеси **утворення і танення льоду**.

Розподіл солоності поверхневих вод Світового океану можна простежити за картами **ізогалін** – ліній, що з'єднують точки з однаковими значеннями солоності (рис. 3.4).

Завдання 1. Проаналізуйте карту солоності поверхневих вод Світового океану (рис. 3.4). Виявіть широти найбільшої і найменшої солоності. Як впливають течії на солоність поверхневих вод?

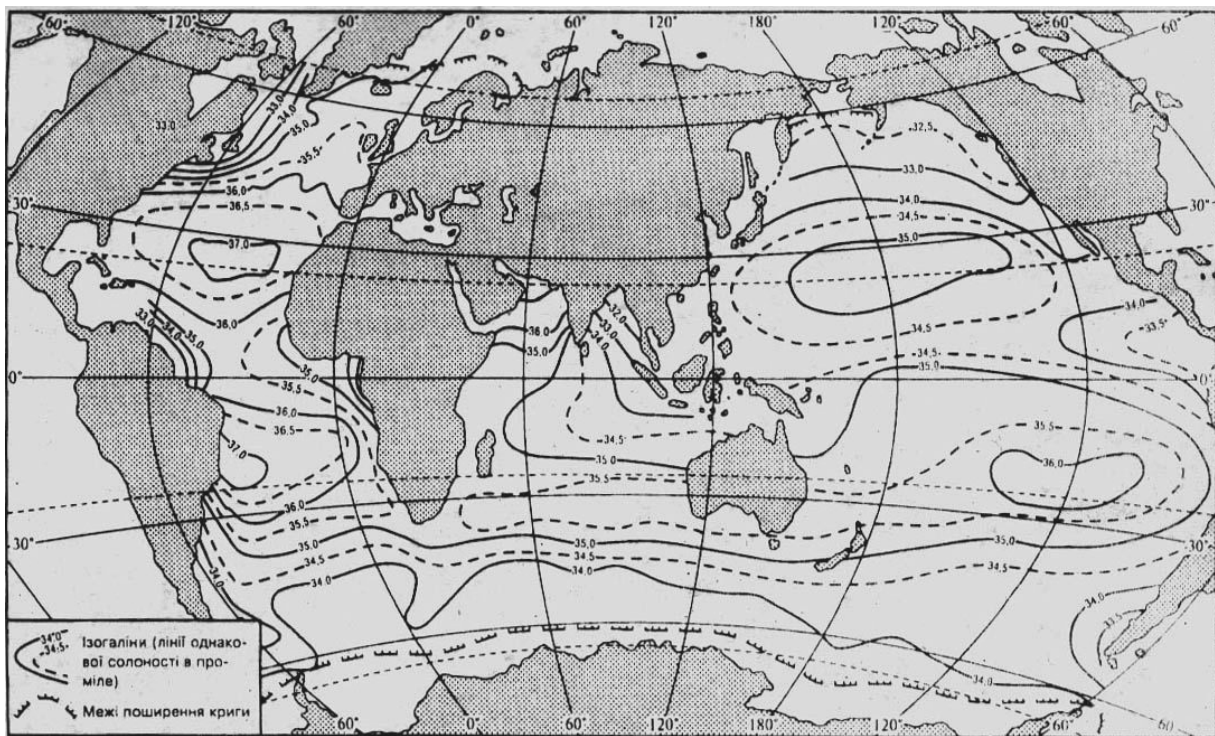


Рис. 3.4. Солоність поверхневих вод Світового океану

На значних глибинах (більше 1000-1500 м), де вплив поверхневих чинників відсутній, солоність близька до середньої (рис. 3. 5) і не залежить ні від широти, ні від пори року.

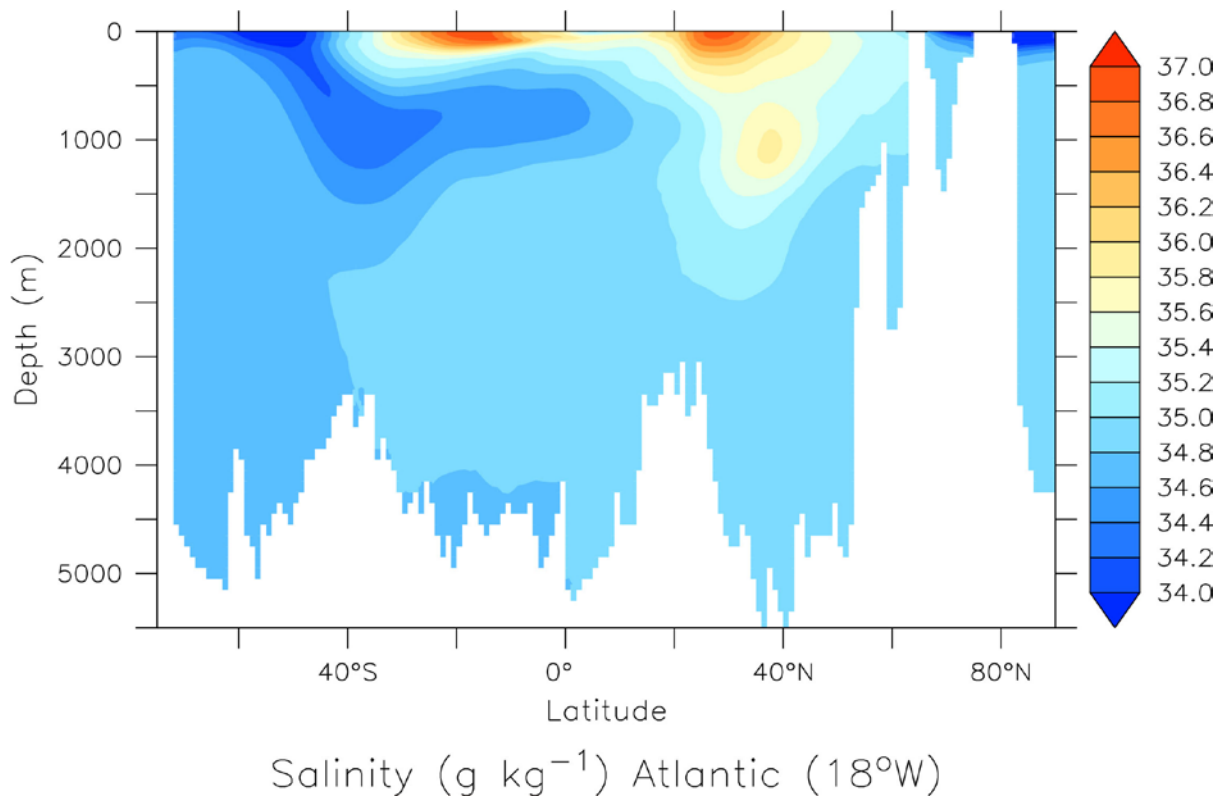


Рис. 3.5. Меридіональний профіль розподілу солоності води для Атлантичного океану вздовж 18° зх. д.

Завдання 2. На основі аналізу меридіонального профілю солоності Атлантичного океану (рис. 3.5), виявіть і поясніть закономірності розподілу солоності води зі зміною широти та з глибиною. Як змінюється солоність океанічних вод від екватора до полюсів на поверхні й біля дна? Де солоність поверхневих вод найбільша і де – найменша? Як відбувається зміна солоності з глибиною в екваторіальних, тропічних і помірних широтах?

У морській воді розчинені також гази: кисень, азот, вуглекислий газ, сірководень, метан, аміак. Гази надходять з атмосфери, частково з водами суходолу, при підводних виверженнях, а також утворюються в результаті хімічних і біологічних процесів, що відбуваються у воді.

Через велику теплоємність і малу теплопровідність води Світовий океан повільно нагрівається і повільно охолоджується, тому він слугує **аккумулятором тепла** на Землі. Цей чинник, разом з перемішуванням води, зумовлює невеликі, порівняно із суходолом, добові та річні коливання температури води у Світовому океані, а також те, що мінімуми та максимуми температури води настають пізніше.

Основним джерелом надходження (прибутку) тепла для Світового океану є сонячна радіація, що зумовлює широтну **зональність у розподілі температури поверхневих вод**.

Найвищі температури спостерігаються в екваторіальних широтах, трохи північніше екватора (до 27-28⁰С в Атлантичному та Індійському океанах і до 29⁰С – у Тихому) (рис. 3.6).

Завдання 3. Проаналізуйте карту температури поверхневих вод Світового океану (рис. 3.6). Які широти характеризуються найвищою та найнижчою поверхневою температурою і чому? Як впливають течії на зональний розподіл температури поверхневих вод у різних широтах?

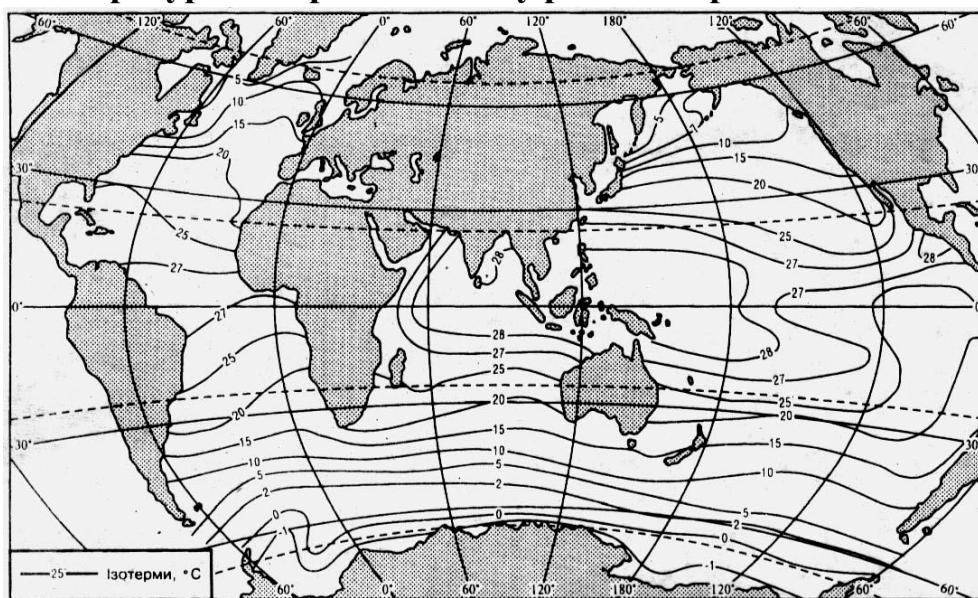


Рис. 3. 6. Температура поверхневих вод Світового океану

В екваторіально-тропічних широтах температура води у східних частинах океанів на 2-3⁰С нижча, ніж у західних завдяки пасатам, які зносять поверхневий шар прогрітої води від східних берегів, а на її місце піднімаються відносно холодні глибинні води.

Пересічна температура води на поверхні Світового океану (за розрахунками професора В. Степанова) складає 17,4⁰С. При цьому в Тихому океані вона найвища (19,4⁰С), в Атлантичному та Індійському океанах становить 16,9⁰С і 17,1⁰С відповідно, у Північному Льодовитому – близька до 0⁰С. Надходження теплих водних мас з Атлантики в Північний Льодовитий океан є причиною того, що середні річні температури води тут вищі, ніж на таких самих широтах Південної півкулі.

Загалом у Південній півкулі води океанів приблизно на 2-4⁰С холодніші, ніж у Північній. Це явище пояснюється особливостями циркуляції поверхневих вод. Якщо в північні частини Атлантичного і Тихого океанів, де переважає меридіональна циркуляція, виноситься величезна кількість добре прогрітих поверхневих вод із тропіків, то в Південній півкулі, в умовах переважання зонального (широтного) перенесення водних мас, насамперед західними вітрами, надходження теплих вод із низьких широт значно менше. Причиною охолодження вод помірних широт у Південній півкулі є також Антарктида.

У внутрішньоматерикових морях і затоках вода може прогріватися до вищих температур – максимально до 35,6⁰С у Перській затоці.

Сонячна радіація практично повністю поглинається верхнім 10-20-метровим шаром води. Тому в океанах і морях утворюється тонкий шар теплої води, під якою залягає холодна вода. Теплу і холодну воду розділяє шар різкої зміни температури – так званий **термоклин**, або шар температурного стрибка. На великих глибинах (більше 1000–1500 м), де відсутня сонячна радіація та перемішування є незначним, температура води майже постійна і становить 1-2⁰С.

Найнижчою (до -2⁰С) є температура води на межі утворення криги і значення її залежить від солоності води (**чим більша солоність, тим нижча температура замерзання**) (табл. 3. 6).

Завдання 4. Побудуйте графік залежності температури найбільшої густини води та температури її замерзання від солоності (табл. 3.6).

Таблиця 3.6.

Залежність температури замерзання та температури найбільшої густини морської води від її солоності

Солоність, ‰	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура найбільшої густини, °С	3.95	2.93	1.86	0.77	-0.31	-1.40	-2.47	-3.52
Температура замерзання, °С	0.00	-0.27	-0.53	-0.80	-1.07	-1.35	-1.63	-1.91

Окрім льоду, що утворюється з морської води (*морського*), за походженням розрізняють також *річковий* (надходить з водами річок) та *материковий* (*айсберги*, що утворюються у результаті сповзання та обламування льодовиків із суходолу). Айсберги, які утворюються біля берегів Антарктиди, мають форму льодових островів, інколи величезних розмірів, а айсберги гренландського походження мають пірамідальну форму. Над водною поверхнею виступає лише незначна частина айсбергу – $1/10$, що зумовлено меншою на таку ж величину густиною морського льоду порівняно з морською водою.

Лід вкриває майже всю акваторію Світового океану за полярними колами, при цьому вчені фіксують сучасне зменшення площі поширення криги, особливо в Північному Льодовитому океані, завдяки глобальному потеплінню. Утворення криги значно змінює тепловий режим: зростає альbedo, мала теплопровідність криги сприяє акумуляції підводного тепла, яке приноситься глибинним тепловим потоком і течіями, і таким чином перешкоджає значному охолодженню вод. Айсберги є перспективним джерелом прісної води.

Контрольні запитання:

1. *Що називається солоністю морської води?*
2. *Які чинники впливають на збільшення солоності та на її зменшення?*
3. *Чому Атлантичний океан є найсолонішим?*
4. *Як змінюється солоність вод внутрішньоматерикових морів у різних широтах?*
5. *Чим можна пояснити велику солоність води у Червоному морі?*
6. *Що зумовлює широтну зональність у розподілі температури поверхневих вод Світового океану?*
7. *Чому Тихий океан є найтеплішим?*
8. *Чому коливання температури у морях більші, ніж у відкритому океані?*
9. *Які особливості форми ізотерм простежуються у східних і західних частинах тропічних та помірних широт океанів? Чим це зумовлено?*
10. *Чому температура поверхневої води західної частини екваторіальних широт Тихого океану на $1-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ вища, ніж східної?*
11. *Чому основна частина айсберга занурена під воду?*
12. *Лінії, що з'єднують точки з однаковою солоністю, називаються*
13. *а) ізотахи; б) ізогалини; в) ізокліни; г) ізогісти*
14. *Які широти характеризуються найбільшим умістом кисню в морській воді?*
а) екваторіальні; б) тропічні; в) помірні; г) полярні
15. *Який процес знижує температуру води? а) конденсація;*
б) випаровування; в) утворення льоду; г) сублімація.

Тема 3. 4. ДИНАМІКА ВОД СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Рівень Світового океану формується в результаті взаємодії різних сил. Якби води океану були однорідними і перебували у стані спокою, водна поверхня збігалася б з рівневою поверхнею сили тяжіння – така поверхня називається **рівневою** або **ізопотенційною**. Середній багаторічний рівень Світового океану є найближчим до рівневої поверхні і приймається за поверхню геоїда, а також за **нуль відліку абсолютних висот і глибин**.

Інструментальні спостереження (період порядку 200 років) показують, що рівень Світового океану щорічно підвищується, що свідчить про незбалансованість прибутку і витрати води як наслідок зміни клімату.

Води морів та океанів перебувають у безперервному русі. Основні складові цього процесу – **коливальні (хвилювання)** та **поступальні (течії)** переміщення води.

Хвилювання води – це результат порушення рівноваги рівневої поверхні води та одночасне відновлення цієї рівноваги під дією сили тяжіння.

У поперечному розрізі хвилі мають **гребінь** та **улоговину** – частини хвилі, що лежать відповідно вище і нижче рівневої поверхні. **Вершина** – це найвища частина гребеня; **підощва** – найнижча точка улоговини. Хвиля характеризується **довжиною** (відстань між вершинами гребенів), **висотою** (перевищення вершини хвилі над підощвою), **крутістю** (відношення висоти хвилі до половини її довжини), **періодом** (час між проходженням вершин сусідніх гребенів) і **швидкістю** (віддаль, що проходить вершина гребеня за одиницю часу).

За походженням, тобто за причинами, що їх викликають, хвилі поділяються на **вітрові, припливно-відпливні, анемобаричні, сейсмічні та корабельні**.

Найчастіше зустрічаються **вітрові** хвилі. Вони виникають при швидкості вітру понад 1 м/с. Величина хвиль залежить від швидкості та шляху вітру над водною поверхнею. Максимальні висоти хвиль спостерігаються в помірних широтах, де активна циклонічна діяльність. Середні висоти хвиль у цих широтах 1-3 м, при потужних вітрах – 6-10 м. Особливо високі хвилі (до 20-30 м) і найбільша повторюваність сильного вітрового хвилювання характерна для 40-х і 50-х широт Південної півкулі, названих мореплавцями «ревучими сороковими» і «несамовитими п'ятидесяти», де вона зумовлена інтенсивною циклонічною діяльністю впродовж року.

Найменша висота хвиль спостерігається в екваторіальних широтах, де штормові вітри бувають дуже рідко, а повторюваність штилів досягає 20-33%. У широтах, де панують пасати, водна поверхня перебуває в постійному неспокої, переважають хвилі середніх розмірів.

Анемобаричні хвилі виникають унаслідок зміни атмосферного тиску. Різновидом таких хвиль є нерухомі хвилі – **сейші**, які утворюються в результаті різких перепадів атмосферного тиску над водною поверхнею; Висота таких хвиль становить 1-1,5 м. Сейші найбільш характерні для невеликих, відносно замкнених морів і

заток і можуть викликати затоплення, часом, під час тропічних ураганів і тайфунів, катастрофічні.

Сейсмічні хвилі є наслідком землетрусів та вивержень підводних вулканів і поширюються від гіпоцентру землетрусу. Найбільші серед сейсмічних хвиль називаються **цунамі**. У відкритому океані цунамі майже непомітні (не більше 2 м), але при виході на узбережжя досягають висоти 30-50 м і викликають страшні руйнування. Найчастіше цунамі виникають на заході Тихого океану. Їхня довжина досягає 300 км, а швидкість руху – до 700-800 км/год. На малих глибинах рух хвилі гальмується до 30-70 км/год., проте її висота різко зростає, хвиля набуває форми гігантського валу. За 30-40 хвилин до приходу цунамі вода відступає на декілька сотень метрів від берега. Цунамі завдають катастрофічних руйнувань на узбережжі.

Завдання 1. Знайдіть швидкість цунамі при глибинах: 0,81 км; 0,36 км; 0,09 км, якщо $V=360\sqrt{H}$, де V – швидкість, км/год; H – глибина, км.

Припливно-відпливні хвилі утворюються завдяки сукупній дії сили притягання Місяця і Сонця та відцентрової сили, що виникає при обертанні Землі і Місяця навколо спільного центру мас. Найвищий рівень води під час припливу називається **повною водою**, найнижчий – **малою водою**. Різниця рівнів між повною і малою водою називається **величиною припливу**, а проміжок часу від повної до малої води – **періодом припливу**. За **періодом** (періодичністю) припливно-відпливні хвилі поділяються на **півдобові** (один приплив і один відплив за півдобу (місячної) – 12 год. 25 хв.), **добові** (один приплив і один відплив за місячну добу – 24 год. 50 хв.) та **змішані** (перехідні).

Величина припливу у відкритому океані не перевищує 1 м, проте у неглибоких вузьких затоках може досягати значних величин (табл. 3. 7).

Завдання 2. На контурній карті світу позначте максимальні висоти припливів у затоках Світового океану (табл. 3.7). Поясніть причини їх виникнення.

Таблиця 3.7.

Максимальні висоти припливів у затоках

Назва затоки та її місце знаходження	Максимальна висота припливу, м
Фанді (Канада – США)	18.0
Ріо-Гальєгос (Аргентина)	16.8
Гирло р.Северн (Велика Британія)	16.5
Фробішер (Канада)	15.6
Сен-Мало (Франція)	15.0
Гирло р.Коксоак (Канада)	15.0
Гирло р.Фіцрой (Австралія)	14.0
Гирло р.Сеул (Південна Корея)	13.2
Пенжинська губа (росія)	12.9
Гирло р.Колорадо (Мексика)	12.3
Кука (Аляска)	12.0
Мезенська губа (росія)	11.0

Припливи і відпливи відіграють значну роль у географічній оболонці. Вони перемішують води, формують узбережжя, створюють особливі екологічні умови,

володіють величезною енергією, яку людина вже намагається використовувати, створюючи припливні електростанції.

За глибиною утворення хвилі поділяються на **поверхневі** та **внутрішні**. Із глибиною висота поверхневих хвиль зменшується. Максимальна глибина, на якій зафіксоване утворення хвиль – 180 м. Це межа поширення поверхневих хвиль у глибину. У товщі океаносфери утворюються внутрішні хвилі. Як відомо, океанічна вода по вертикалі неоднорідна. Із глибиною змінюються її в'язкість, щільність, швидкість горизонтального руху. Все це викликає хвильові рухи води на межі шарів.

Течії – це поступальний рух води з одного місця моря чи океану в інший. За тим, які сили викликають цей рух, тобто **за походженням**, течії поділяють на:

- **фрикційні** (виникають під дією вітру),
- **гравітаційно-градієнтні** (вирівнювання поверхні води під дією сили тяжіння);
- **припливно-відпливні** (горизонтальна складова припливотвірних сил).

Фрикційні течії, у свою чергу, поділяються на **дрейфові**, що утворюються під дією постійних (панівних) вітрів, і **вітрові**, що є наслідком тимчасових вітрів. До дрейфових слід віднести течії, зумовлені пасатами (Північна та Південна пасатні), західними вітрами помірних широт (Північноатлантична, Північнотихоокеанська та Антарктична циркумполярна (Течія Західних Вітрів)).

Гравітаційно-градієнтні течії поділяються на: 1) **згінно-нагінні** (результат похилу океанічної поверхні, зумовленого дією постійних вітрів), 2) **густинні** (спричинені нерівномірним розподілом густини води), 3) **стокові** (виникають унаслідок стоку великих річок), 4) **бароградієнтні** (зумовлені різницею атмосферного тиску). Прикладом згінно-нагінної течії може бути Гольфстрім, що виникає внаслідок нагону води пасатами у Карибське море та Мексиканську затоку.

Існують також **класифікації течій за іншими ознаками**:

- **за тривалістю** течії поділяються на **постійні, періодичні** та **випадкові**;
- **за глибиною** – на **поверхневі, глибинні** та **придонні**;
- **за характером руху** води – на **прямолінійні** та **криволінійні** (циклонічні й антициклонічні);
- **за температурою** – на **теплі, холодні** та **нейтральні**;
- **за солоністю** – на **солоні** та **розпріснені**.

Найбільше значення у циркуляції поверхневих вод Світового океану мають дрейфові течії.

Оскільки **циркуляцію поверхневих вод** Світового океану визначають дрейфові течії, викликані панівними вітрами та баричними центрами, то **загальна схема цієї циркуляції у цілому відповідає циркуляції нижньої атмосфери**. Тому в кожній півкулі у кожному океані утворюються три макроциркуляційні системи (замкнені кільця циркуляції): циклонічні **екваторіальні**, антициклонічні **субтропічні** та циклонічні **високоширотні** (субарктична та субантарктична) (рис. 3.7).

Під дією стійких пасатів у тропічних широтах виникають потужні Південна і Північна пасатні течії, спрямовані на захід (рис. 3.7).

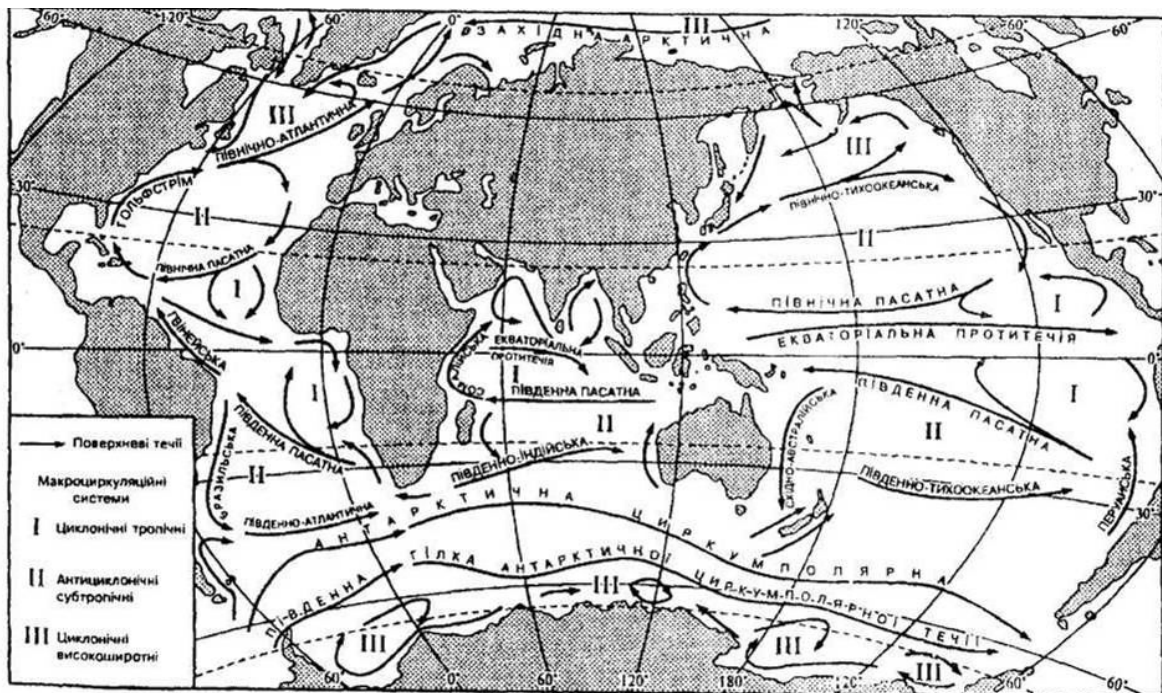


Рис. 3.7. Головні поверхневі течії та макроциркуляційні системи у Світовому океані (за В. М. Степановим)

Зустрівши на своєму шляху східні береги материків, течії створюють нагін, роздвоюються і повертають частково до екватора, даючи початок екваторіальним протитечіям, але основною масою спрямовуються до високих широт, утворюючи потужні теплі течії: Гвіанську, Антильську, Гольфстрім і Бразильську в Атлантичному океані; Мадагаскарську та Сомалійську (холодна) в Індійському; Мінданао та Куро-Сіво у Тихому. Досягнувши помірних широт, ці течії потрапляють у зону дії західних вітрів і втягуються в загальний потік, що прямує на схід та північний схід. У Північній півкулі це Північноатлантична та Північнотихоокеанська течії, у Південній – Південноатлантична, Південнотихоокеанська та Південноіндійська течії. Дійшовши до західних берегів материків, ці течії основною своєю масою спрямовуються до екватора, замикаючи антициклонічне кільце, а решта води включається у кругообіги високих широт. Відгалудження, що спрямовуються до екватора, мають назви Канарської та Бенгельської течій в Атлантичному океані, Західноавстралійської в Індійському, Перуанської і Каліфорнійської – у Тихому океані. Усі ці течії є холодними.

У Північній півкулі в областях дії Ісландського та Алеутського баричних мінімумів утворюються циклонічні кільця (кругообіги). Початок їм дають відповідно Північноатлантична та Північнотихоокеанська течії та їхні відгалудження, направлені до полюсів (Норвезька та Аляскінська течії відповідно). Замикають ці кільця холодні течії: Лабрадорська в Атлантичному океані та Камчатська й Ойя-Сіво у Тихому).

У помірних широтах Південної півкулі замість замкнених циклонічних кілець формується Антарктична Циркумполярна течія (Західних вітрів), яка переносить значні маси води навколо Антарктиди із заходу на схід. Довжина її 30 тис. км, а ширина сягає 1500 км.

В Індійському океані постійною є лише Південна пасатна течія, яка біля берегів Африки утворює дві течії – теплу Мозамбіцьку та холодну Сомалійську. Остання, викликана мусонними вітрами, змінює свій напрям за порами року. Взимку вона направлена на південний захід і південніше екватора переходить у Міжпасатну (Екваторіальну) протитечію. Влітку спрямована на північний схід і є продовженням Південної пасатної течії. У цю пору року Сомалійська течія несе холодні води.

У Північному Льодовитому океані здійснюється загальний дрейф води і криги зі сходу на захід у вигляді генеральної Західної Арктичної течії (від о. Елсмір до протоки Нансена між Гренландією і Шпіцбергеном). Така циркуляція зумовлена дією баричного максимуму та улоговини Ісландського мінімуму, особливостями рельєфу дна і водообміном з Атлантичним і Тихим океанами.

Крім великих циркуляційних систем у Світовому океані відкриті так звані **ринги** – вихори невеликих розмірів (100–400 км), що можуть існувати впродовж кількох років.

Завдання 3. Проаналізуйте схему загальної циркуляції поверхневих вод Світового океану (рис. 3.7). Перенесіть її на контурну карту світу і підпишіть на ній назви основних течій (табл. 3.8). Теплі течії позначте червоними стрілками, холодні – синіми, нейтральні – сірими.

Таблиця 3.8.

Основні поверхневі течії Світового океану
(за В. М. Степановим)

№ п/п	Назва течії	Швидкість, км/год	Термічна характеристика
1	2	3	4
1	Прибережна Антарктична	Менше 0,9	нейтральна
2	Антарктична Циркумполярна	0,9-1,8	нейтральна
2а	Південний струм Антарктичної Циркумполярної	0,9-1,8	нейтральна
Атлантичний океан			
3	Фолклендська	0,9-1,9	холодна
4	Південноатлантична	0,9-1,9	холодна
5	Голкового мису	0,9-2,8	тепла
6	Бразильська	0,9-1,9	тепла
7	Бенгельська	0,9-1,9	холодна
8	Південна пасатна	0,9-2,6	нейтральна
9	Ангольська	0,9-2,8	нейтральна
10	Гвіанська	0,9-2,8	нейтральна
11	Екваторіальна протитечія	0,9-2,8	тепла, сезонна
12	Гвінейська	0,9-2,8	нейтральна
13	Зеленого мису	0,9-1,9	холодна

Продовження таблиці

1	2	3	4
14	Антильська	0,9-1,9	нейтральна
15	Північна пасатна	0,9-1,9	нейтральна
16	Канарська	0,9-1,9	холодна, сезонна
17	Гольфстрім	0,9-2,8	тепла
18	Північноатлантична	0,9-1,9	тепла
19	Лабрадорська	0,9-1,9	холодна
20	Ірмінгера	менш як 0,9	тепла
21	Баффінова	0,9-1,9	холодна
22	Західногренландська	0,9-1,9	тепла
Індійський океан			
3	Південноіндійська	0,9-1,9	холодна
4	Мадагаскарська	0,9-1,9	тепла
5	Західноавстралійська	до 0,9	холодна, сезонна
6	Південна пасатна	0,9-2,8	нейтральна
7	Сомалійська	0,9-2,8	нейтральна, сезонна
8	Екваторіальна протитечія	0,9-1,9	нейтральна, сезонна
9	Західноаравійська	0,9-1,9	нейтральна, сезонна
10	Східноаравійська	до 0,9	нейтральна, сезонна
11	Західнобенгальська	до 0,9	нейтральна, сезонна
12	Східнобенгальська	до 0,9	нейтральна, сезонна
Тихий океан			
3	Західна Новозеландська	0,9-1,9	холодна
4	Східна Новозеландська	0,9-1,9	нейтральна
5	Східноавстралійська	0,9-1,9	тепла
6	Південнотихоокеанська	0,9-1,9	холодна
7	Перуанська	до 0,9	холодна
8	Південна пасатна	0,9-2,8	нейтральна
9	Перу-Чилійська	1,0	тепла
10	Екваторіальна протитечія	0,9-2,8	нейтральна
11	Мінданао	0,9-2,8	нейтральна
12	Північна пасатна	0,9-2,8	нейтральна
13	Мексиканська	1,0	тепла
14	Каліфорнійська	до 0,9	холодна
15	Куросіво	0,9-2,8	тепла
16	Північнотихоокеанська	0,9-2,8	тепла
17	Ойясіо	до 0,9	холодна
18	Алеутська	0,9-1,9	холодна
19	Аляскінська	0,9-1,9	тепла
20	Східна Берінгоморська	до 0,9	тепла
Північний Льодовитий океан			
3	Норвезька	0,9-1,9	тепла
4	Нордкапська	0,9-1,9	тепла
5	Східногренландська	0,9-1,9	холодна
6	Західна Арктична	0,9-1,9	холодна
7	Трансарктична	0,9-1,9	холодна

Завдання 4. Заповніть легенду до карти (рис. 3.8) поверхневих течій Світового океану. Поясніть механізм формування кругообігів течій в Світовому океані.

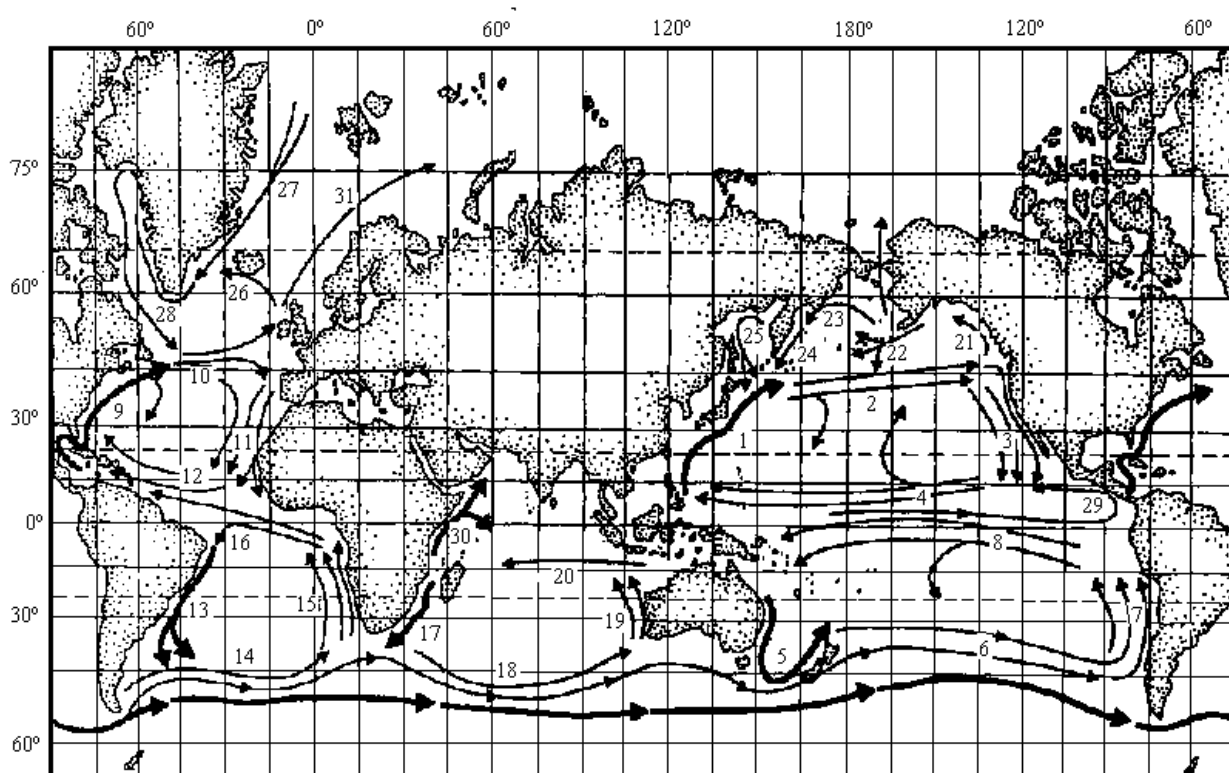


Рис. 3. 8. Поверхневі течії Світового океану
(<https://studfile.net/preview/9205118/page:16/>)

Легенда до карти

Субтропічний кругообіг північної частини Тихого океану:

1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

Субтропічний кругообіг південної частини Тихого океану:

5. _____ 6. _____ 7. _____ 8. _____

Субтропічний кругообіг північної частини Атлантичного океану:

9. _____ 10. _____ 11. _____ 12. _____

Субтропічний кругообіг південної частини Атлантичного океану:

13. _____ 14. _____ 15. _____ 16. _____

Субтропічний кругообіг Індійського океану:

17. _____ 18. _____ 19. _____ 20. _____

Субарктичний (високоширотний) кругообіг північної частини Тихого океану:

21. _____ 22. _____ 23. _____ 24. _____ 25. _____

Субарктичний (високоширотний) кругообіг північної частини Атлантичного океану:

26. _____ 27. _____ 28. _____

Глибинна циркуляція Світового океану до сьогодні вивчена недостатньо. В її межах можна виділити вертикальні і горизонтальні рухи глибинних вод.

Вертикальна циркуляція вод пов'язана з поверхневими течіями. В одних районах Світового океану помітні *зони сходження (конвергенції) течій*, в

інших – **зони розходження (дивергенції)**. У перших виникає надлишок вод, що викликає їхні низхідні рухи, а в зонах розходження створюються сприятливі умови для висхідних рухів глибинних вод. Зони підняття глибинних вод на поверхню називаються **апвелінгами**. Вони виникають також у результаті дії потужних стійких вітрів – пасатів та сезонних мусонів, які відносять прогріті поверхневі води і сприяють підняттю холодних глибинних вод.

Зони конвергенції властиві субтропічним широтам, де панують антициклонічні циркуляційні системи. Зони дивергенції відмічаються біля східних берегів океанів у помірних та екваторіальних широтах.

Вертикальне переміщення океанічних вод відбувається також у процесі конвективного обміну між товщами (шарами) води, які мають різну щільність і температуру. Наприклад, на шельфі Антарктиди та в Арктиці великі маси води охолоджуються і опускаються на глибину. При опусканні дуже переохолоджених вод (особливо антарктичних) утворюється система донних течій. Глибинні течії можуть мати значну швидкість. Наприклад, у деяких районах на глибині 1000 м вона може сягати 0,5 м/с.

У 60-х роках ХХ століття під поверхневими течіями було відкрито потужні підповерхневі течії, спрямовані протилежно до поверхневих – так звані **компенсаційні** течії. Спочатку такі протитечії були виявлені під Гольфстрімом та Куро-Сіво, а згодом і під Південними пасатними течіями. Нижче цих протитечій вода знову рухається на захід.

Придонні течії мають переважно меридіональний напрям уздовж океанічних розломів і похід східними берегами материків (через відхиляючий вплив сили Кوریоліса). Придонні течії, як зазначалося вище, беруть початок у полярних широтах, в Арктиці й Антарктиці, занурюються і розпливаються по дну. Сучасні знання про загальну циркуляцію Світового океану дозволили сформулювати уявлення про **термохалінну циркуляцію** або **глобальний океанічний конвеєр**, у формуванні якого провідна роль належить температурі та солоності вод, а саме опусканню більш важких холодних і солоних вод у Північній Атлантиці (рис. 3. 9).

Течії перерозподіляють тепло між широтами, впливають на циркуляцію атмосфери, на клімат прибережних частин материків (холодні течії формують посушливий клімат, теплі – більш вологий).

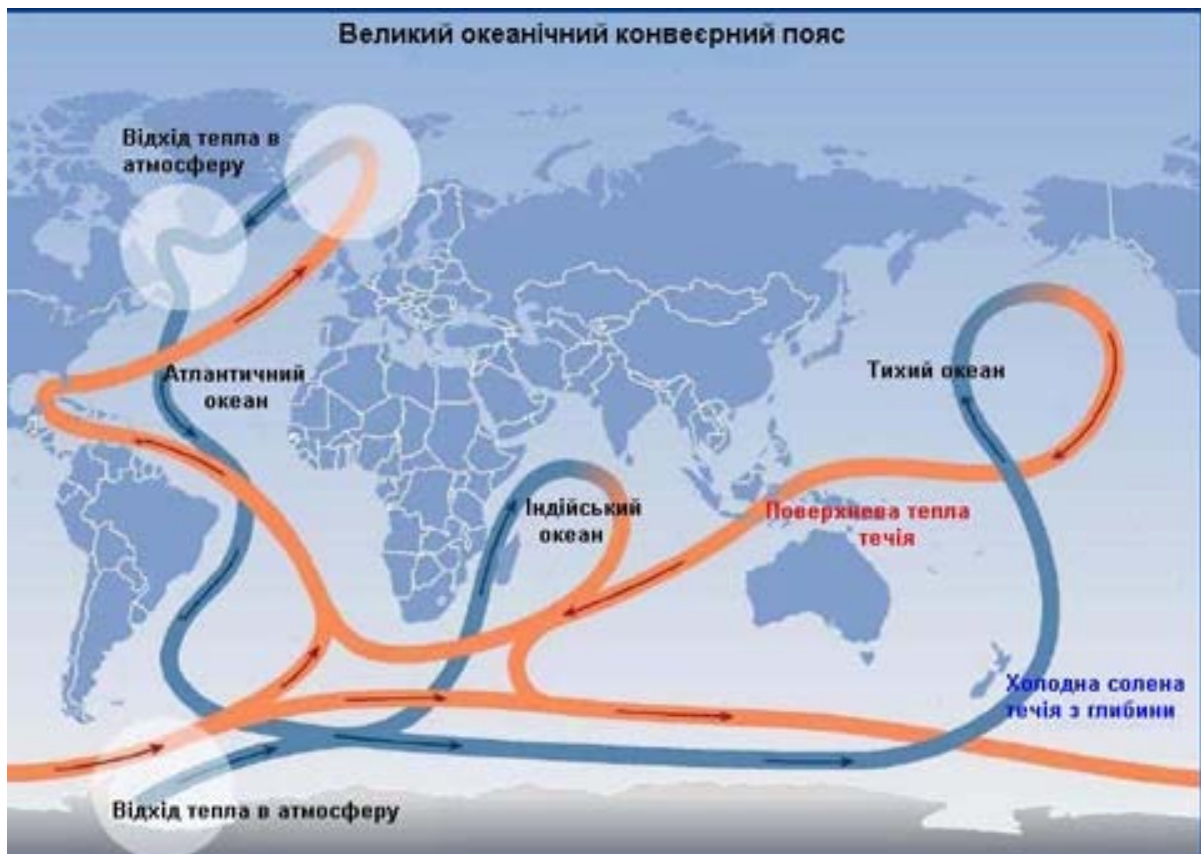


Рис. 3.9. Термохалинна циркуляція вод Світового океану

Контрольні запитання:

1. Яка поверхня називається рівневою або ізопотенційною?
2. Як поділяються хвилі за походженням?
3. Якою може бути максимальна висота вітрових хвиль?
4. У якому океані цунамі зустрічаються найчастіше?
5. Що є причиною виникнення припливів?
6. За яких умов припливи мають найбільшу величину?
7. Як виникають внутрішні хвилі?
8. За якими ознаками класифікують течії?
9. Які течії (за походженням) відіграють провідну роль у загальній циркуляції Світового океану?
10. Чому екваторіальна та субарктична макроциркуляційні системи є циклонічними, а субтропічна – антициклонічною?
11. Як впливають течії на фізико-хімічні характеристики вод Світового океану та клімат узбереж?
12. Де і чому виникає підняття глибинних вод і їх опускання?

Тема 3. 5. ВОДНІ МАСИ ТА СТРУКТУРНІ ЗОНИ. РАЙОНУВАННЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Водну товщу Світового океану поділяють на поверхневу та глибинну. **Поверхневі води** – шар води завтовшки 100-400 м, що характеризується великою динамічністю, проникненням сонячного світла та коливанням фізичних і хімічних властивостей – температури, солоності, густини, вмісту газів і живих організмів. **Глибинні води**, що складають основну товщу Світового океану, характеризуються відносно стійкою однорідністю властивостей.

Водною масою називають **порівняно великий об’єм води**, що формується у певному районі Світового океану, має впродовж тривалого часу стійкі фізичні (температура, прозорість, колір, густина), хімічні (солоність, вміст газів) та біологічні властивості і рухається як єдине ціле в загальній циркуляції вод. Рухаючись з району свого формування в інші райони, водні маси поступово змінюють свої властивості – **трансформуються**. Проте, наприклад, субтропічні водні маси, що їх несуть Гольфстрім та Північноатлантична течія, навіть поступаючи в Арктичний басейн, ще довго зберігають підвищену температуру та солоність.

За районом формування водні маси поділяються на зональні типи: **екваторіальні, тропічні, субтропічні, помірні (субполярні) та полярні** (табл. 3.9, рис. 3.10).

Завдання 1. Проаналізуйте карту поширення поверхневих водних мас Світового океану (рис. 3.10) та вкажіть, у яких умовах вони формуються (кліматичні показники, характер циркуляції атмосфери та поверхневих вод).

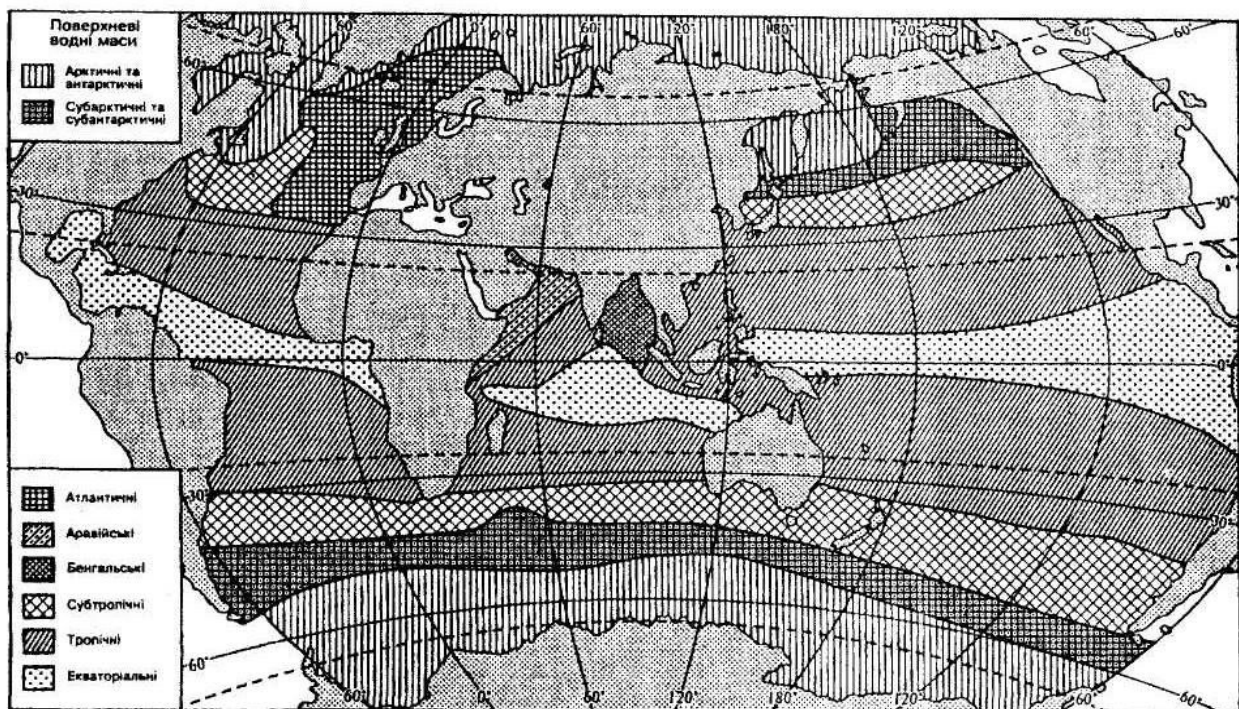


Рис. 3.10. Поширення поверхневих водних мас (за В. М. Степановим)

Завдання 2. Дайте порівняльну характеристику типів поверхневих водних мас (табл. 3.9). Чим зумовлені відмінності їхніх показників?

Таблиця 3.9.

*Характеристики поверхневих водних мас Світового океану
(за В. М. Степановим, 1983)*

Водні маси	Товщина шару, м	Температура, °С	Солоність, ‰	Густина умовна	Вміст кисню, мл/л	Вміст фосфатів кг/л
Екваторіальні	150-300	26-28	33-35	22-23	3-4	0,5-0,1
Тропічні	300-400	18-27	34,5-35,5	24-26	2-4	1,0-2,0
Субтропічні	400-500	15-28	35-37	23-26	4-5	0,5
Субполярні	300-400	15-10	34-35	25-27	4,6-6,0	0,5-1,5
Полярні	100-200	5-1,8	32-34	27-28	5-7	1,5-2,0

Екваторіальні водні маси формуються в межах екваторіальних протитечій і охоплюють шар води завтовшки 150-300 м. Характеризуються найвищими температурами, середньою солоністю, найменшою густиною, малим умістом кисню та малою кількістю біогенних речовин (фосфатів, нітратів).

Тропічні водні маси формуються в областях високого атмосферного тиску. Характеризуються значною солоністю та густиною, малим умістом кисню та великою кількістю фосфатів.

Субтропічні водні маси формуються з тропічних, що виносяться течіями в помірні широти. Ці теплі і солоні тропічні води, потрапляючи в умови від'ємного теплообміну, охолоджуються, їх густина збільшується і розвивається конвекція, яка призводить до вирівнювання фізичних і хімічних властивостей на глибину 400-500 м. Охолоджуючись, ці води віддають в атмосферу велику кількість тепла та відіграють важливу роль у планетарному теплообміні. Порівняно з іншими, субтропічні водні маси бідні на біогенні речовини.

Субполярні (помірні) водні маси мають малу солоність і низьку температуру, формуються в областях від'ємного тепло- і водообміну. Для них характерна сезонна зміна властивостей і стратифікації поля солоності та температури. Вони багаті на кисень і біогени, що позитивно впливає на розвиток живих організмів.

Полярні водні маси (арктичні й антарктичні) мають найнижчу температуру та солоність, найбільшу густина, великий уміст кисню й фосфатів. Для них також характерна сезонна зміна властивостей і стратифікації. **Антарктичні** води, що мають найбільшу густина, опускаються схилом антарктичного шельфу та заповнюють глибоководні западини Світового океану майже до 55 паралелі Північної півкулі. **Арктичні** води формуються в Північному Льодовитому океані. Переливаючись через пороги між Гренландією і Європою, вони заповнюють западини Північної Атлантики.

Водні маси розділяються гідрологічними фронтами. **Гідрологічний фронт** – вузька смуга розмежування різних водних мас або океанічних течій. У них спостерігаються різкі контрасти температури, солоності, густини, та інших океанографічних характеристик. Фронти мають ширину від 20 до 100 км. Область, у середині якої змінюється положення гідрологічного фронту, називається **фронтальною зоною**.

Як зазначалося вище, зони, в яких відбувається сходження поверхневих течій, а отже і водних мас, називаються **зонами конвергенції**. Вони властиві субтропічним широтам, де панують антициклонічні циркуляційні системи. Зони, в яких має місце розходження поверхневих вод, називаються зонами **дивергенції**. В цих зонах відбувається підняття глибинних вод (**апвелінг**). Зони дивергенції відмічаються біля східних берегів океанів у помірних та екваторіальних широтах.

Вертикальна циркуляція вод має велике значення для важливих процесів у Світовому океані, особливо для розвитку органічного життя. При опусканні поверхневих вод, насичених киснем, відбувається збагачення цим газом глибинних шарів води, що сприяє покращенню умов існування морських організмів. Підняття глибинних вод у зонах дивергенції сприяє винесенню з глибин біогенних елементів та інтенсивному розвитку морських організмів, тому зони апвелінгу є найбільш густо та різноманітно заселеними акваторіями Світового океану.

Гідрологічні фронти, зони конвергенції та дивергенції слугують межами географічних поясів Світового океану (рис. 3.11).

У вертикальному напрямку води Світового океану також не є однорідними і його розділяють на чотири **структурні зони: поверхневу, проміжну, глибинну і придонну**.

Поверхнева зона, нижня межа якої лежить на глибинах 100-500 м, надзвичайно динамічна. Мінливість властивостей її вод зумовлена сезонними коливаннями температури та вітровим хвилюванням. Об'єм води в цій зоні 68,4 млн км³ або 5,1% від загального об'єму води Світового океану. Характеристики водних мас *поверхневої* зони наведено вище.

Проміжна зона охоплює товщу води від 100-500 м до 1500-2000 м. Води її формуються з поверхневих вод, що опускаються при охолодженні, та глибинних, що піднімаються. Тут відбувається глибинна циркуляція вод, у якій переважає меридіональне перенесення водних мас. У високих широтах до цієї зони належить шар теплої води, що проникає сюди з низьких широт. Об'єм води в цій зоні 414,2 млн км³ або 31%.

Глибинна зона (від 2000 м до 4000 м) охоплює більше половини вод Світового океану (50,7% або 680,0 млн км³) і є зоною основного меридіонального перенесення води й енергії, водообміну між океанами. Потужність цієї зони коливається від 2500 м над котловинами до 1500 м над підняттями. У Північному Льодовитому океані її товщина найменша, що пов'язано не з рельєфом дна, а з висхідними рухами придонних вод.

Придонна зона (нижче 4000 м) створюється водами полярного походження та має найбільшу потужність у приантарктичних частинах океанів (через високе положення тут її верхньої межі). Вертикальна потужність цієї зони залежить також від рельєфу дна.

Фізико-географічне районування Світового океану і його частин полягає у визначенні **акваторіальних комплексів** різних рангів, подібно до того, як вирізняють природно-територіальні комплекси на суходолі (**акваторія** – ділянка водної поверхні у визначених межах). Виділяють зональні й азональні аквакомплекси.

Географічні (природні) пояси Світового океану (разом їх 13) загалом відповідають географічним поясам суходолу: по два полярних (арктичний і антарктичний), субполярних (субарктичний і субантарктичний), помірних, субтропічних, тропічних, субекваторіальних і один екваторіальний (рис. 3.11).

Завдання 3. Проаналізуйте карту географічних поясів Світового океану (рис. 3.11). Що є їх межами? Використавши дані попередніх робіт, дайте порівняльну характеристику географічних поясів Атлантичного океану. Вкажіть відмінності між поясами за температурою, солоністю, густиною поверхневих вод, наявністю льодового покриву, вмістом кисню та біогенів, інтенсивністю хвилювання, особливостями течій та розвитку життя.

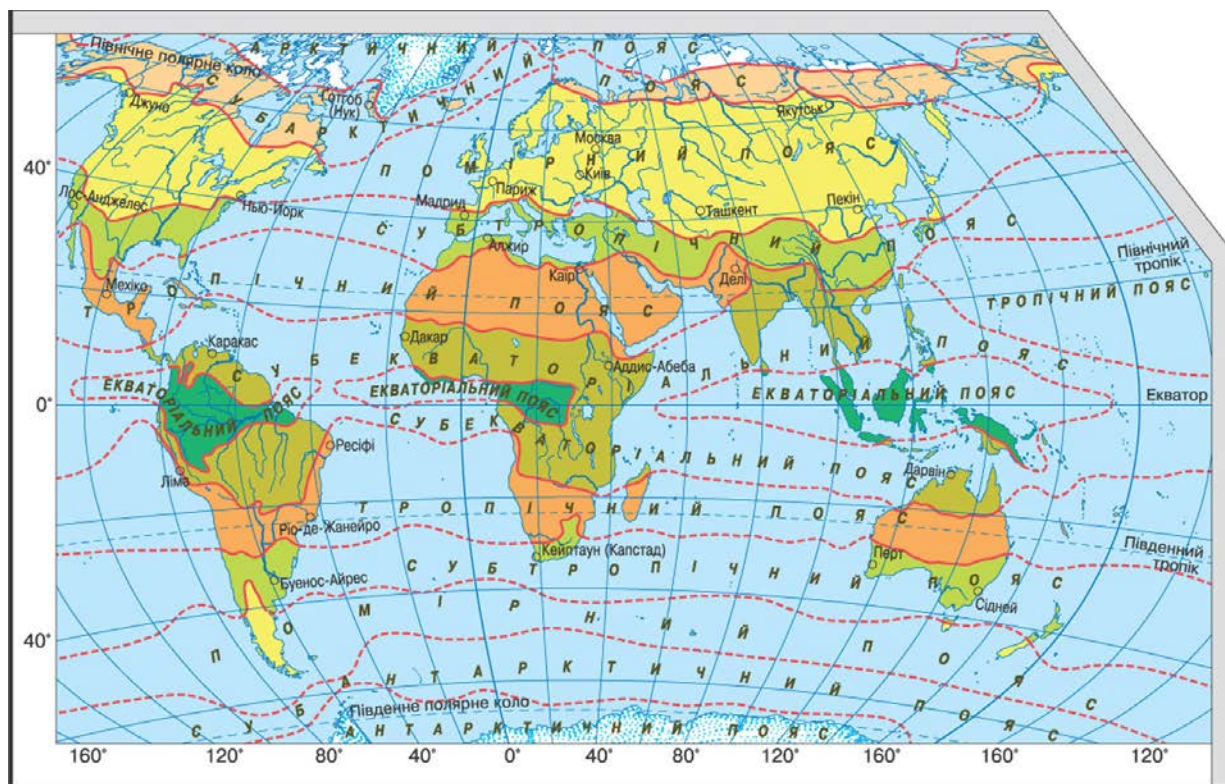


Рис. 3.11. Географічна зональність суходолу та Світового океану

Коротка характеристика географічних поясів Північної півкулі наведена нижче.

Арктичний пояс охоплює більшу частину Північного Льодовитого океану. Його південна межа проходить там, де закінчується багаторічна крига. Вона помітно відхиляється на південь під впливом Гренландії та Лабрадорської течії і на північ – під впливом Північноатлантичної течії. Вода і повітря мають низьку температуру. Панують холодні повітряні маси. Низькі температури, недостатня освітленість води, крига – важливі чинники, що обумовлюють бідність органічного світу. Господарське значення цього поясу невелике.

Субарктичний пояс простягається до південної межі сезонної криги. На заході Атлантичного і Тихого океанів південна межа цього поясу зміщена далеко на південь (вплив холодних течій), а на сході під впливом теплих течій – на північ. Узимку тут панує арктичне повітря, влітку – помірне. Влітку пояс отримує досить велику кількість тепла, що визначає розвиток органічного світу. Пояс має істотне господарське значення. Це один з основних районів рибного промислу.

Помірний пояс. Протягом року тут переважають західні вітри, часто виникають циклони, шторми. Температура води взимку буває нижчою $+5^{\circ}\text{C}$, а влітку досягає $+20^{\circ}\text{C}$. Тут випадає багато опадів (більше 1000 мм за рік), значна хмарність, знижена солоність води. У результаті зимового охолодження відбувається інтенсивне перемішування води, що сприяє збагаченню її киснем та винесенню в поверхневі товщі біогенних речовин. Органічний світ різноманітний, багатий. Це найважливіша зона промислового рибальства (до 2/3 світового вилову риби), інтенсивного мореплавства.

Субтропічний пояс. Південна межа його проходить через центри Азорського та Гавайського баричних максимумів. Температура води змінюється від $+15^{\circ}\text{C}$ до $+26^{\circ}\text{C}$. Взимку в результаті зміщення баричних центрів на південь, за Сонцем, тут панує помірне повітря, а влітку, коли Сонце зміщується в Північну півкулю – тропічне. Для теплої пори року тут характерні високий атмосферний тиск, низхідні потоки повітря, температурні інверсії, штильова погода – отже, літо сухе. Для східної окраїни материків характерна мусонна циркуляція. Взимку, коли панують західні вітри і циклони, випадають опади і часто буває штормова погода. Значне випаровування в центрах антициклонів улітку обумовлює підвищену солоність океанічних вод (до 38‰). Вертикальної циркуляції вод майже немає. Тому при великій різноманітності видів живих організмів біомаса їх у цьому поясі в 4-5 разів менша, ніж у помірному, і, відповідно, рибогосподарське значення поясу незначне.

Тропічний пояс. Протягом року тут переважає тропічне повітря, а, отже, високий атмосферний тиск, низхідні потоки повітря, температурні інверсії,

незначний уміст водяної пари по всій товщі повітря. Для поясу властиві незначна хмарність, невелика кількість опадів і посилене випаровування. Середня річна температура води $+22^{\circ}\text{C}$, а солоність – 36-37‰. Вертикальна циркуляція вод слабка. Органічний світ різноманітний, але незначний за біомасою (вона в 1,5-2 рази менша, ніж у субтропічному поясі). Для поясу характерні коралові поліпи – морські безхребетні тварини. Природні особливості поясу дають підставу розглядати його як **зону океанічних пустель**.

Природні умови **екваторіального та субекваторіального поясів** подібні, але в екваторіальному поясі екваторіальне повітря панує весь рік, а в субекваторіальному – лише влітку (взимку – тропічне). Для поясів характерні найменші температурні коливання ($+26^{\circ}\text{C}$... $+28^{\circ}\text{C}$ увесь рік), значна кількість опадів та сонячного тепла протягом року, дещо знижена солоність вод (до 33‰). Це пояси коралових поліпів, величезної різноманітності специфічних теплолюбних морських організмів. У водах цих поясів багато цінних промислових риб (тунець, сардина, золота макрель та ін.). Розвинутий промисел губок і морських черепах.

У Південній півкулі розглянуті вище географічні пояси повторюються, але їхні межі помітно зміщені на північ. Це зміщення є результатом впливу холодних течій і Антарктиди. У Південній півкулі домінує винесення холодних вод у низькі широти та воно істотно впливає на конфігурацію географічних поясів і зміщення їхніх меж на північ. Південний полярний пояс значно відрізняється від інших поясів поширенням айсбергів та значних за площею шельфових льодовиків.

Контрольні запитання:

1. Що називають водними масами та гідрологічними фронтами?
2. Що називається апвелінгом?
3. Чим зумовлена зональність природних умов Світового океану?
4. Де зональність порушується і чому?
5. У яких географічних поясах наявні умови, сприятливі для розвитку життя?
6. Які географічні пояси виділяють у межах Світового океану?
7. Які водні маси характеризуються найбільшою потужністю?
а) екваторіальні; б) субтропічні; в) помірні; г) полярні.
8. Які водні маси характеризуються найбільшою солоністю?
а) екваторіальні; б) тропічні; в) помірні; г) полярні.
9. Які водні маси характеризуються найбільшою густиною?
а) екваторіальні; б) тропічні; в) помірні; г) полярні.
10. Які водні маси характеризуються найбільшим вмістом кисню?
а) екваторіальні; б) тропічні; в) помірні; г) полярні.
11. Які водні маси характеризуються сезонною зміною властивостей?
а) екваторіальні; б) тропічні; в) субтропічні; г) помірні.

Тема 3. 6. ЖИТТЯ, ПРИРОДНІ РЕСУРСИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

У морях і океанах поширені різні організми, життя яких залежить від умов середовища. Проникнення світла у воду пов'язане з її прозорістю, а від неї залежить життєдіяльність мікроорганізмів, передусім рослин. Проте для їх існування потрібні також поживні речовини, що піднімаються з дна разом із глибинними водами під час осінньо-зимової конвекції та надходять з береговим стоком. Життя в океані існує у всій його товщі, навіть у мороку найглибших западин.

Сприятливим для життя є підняття холодних вод на поверхню – апвелінг. В більш холодній воді краще розчиняється кисень і тому зростає кількість дрібних морських організмів, які є кормом для риби. В областях апвелінгу розташовані основні райони вилову риби.

Важливе значення для морських організмів має солоність води. Зниження солоності морської води призводить до зменшення різноманітності морських організмів. Так, корали не розвиваються поблизу гирл річок, де вода опріснена.

Вміст кисню в океанічній воді досить однорідний, хоча може падати з глибиною. У морях, глибинні води яких позбавлені кисню, а збагачені вуглекислим газом або сірководнем, відсутні не тільки глибоководні види риб і безхребетних, але й риби, які живуть в поверхневих шарах води, а розмножуються на значних глибинах.

Важливу роль в переміщенні організмів відіграє система теплих і холодних течій. Течії сприяють розширенню ареалів багатьох морських організмів.

У водах океану мешкає понад 160 тис. видів тварин і понад 10 тис. видів рослин. Серед морських організмів переважають мікроскопічні одноклітинні водорості (джутикові й діатомові), а також багатоклітинні (бурі, червоні та синьо-зелені). Джутикові, яких близько 2000 видів, ростуть переважно в теплих водах, часом утворюючи колонії. Діатомові водорості живуть у холодних водах помірних і високих широт як у товщі води, так і на дні прибережних обмілин. Дуже поширені бурі та червоні водорості, які можуть досягати величезних розмірів (ламінарії, фукуси, саргаси, алярії тощо). Водорості мають велику продуктивність і виробляють величезну кількість кисню. Серед квіткових рослин, яких налічується близько 30 видів, морська трава має промислове значення.

Тваринний світ океанів і морів надзвичайно різноманітний. Найбільше в ньому моллюсків – понад 80 тис. видів. Є також більше як 20 тис. видів ракоподібних, понад 16 тис. видів риб і величезна кількість видів нижчих тварин. Тут

мешкає 50 видів рептилій і понад 100 видів ссавців, переважно китоподібних і ластоногих.

Відповідно до середовища й умов існування та пересування у воді живі організми Світового океану об'єднують у такі **життєві угруповання**: *планктон*, *бентос*, *нектон*, *нейстон*, *плейстон*.

Планктон – сукупність організмів, які населяють товщу води і пасивно переносяться течіями. Розрізняють планктон тваринний (*зоопланктон*) і рослинний (*фітопланктон*). Зоопланктон складається з найпростіших, рачків, деяких видів червів, кишковопорожнинних та молюсків. Фітопланктон поширений у верхньому шарі води. Це переважно одноклітинні водорості.

Бентос – сукупність живих організмів, які живуть на дні та в донних відкладах, здебільшого на мілководді. Він також поділяється на *зообентос* і *фітобентос*. Зообентос представлений безхребетними, молюсками, ракоподібними, голкошкірими, червами; фітобентос – водоростями і морською травою.

Нектон – сукупність живих організмів, пристосованих до активного плавання на значні відстані. Це риби, морські ссавці, деякі молюски (восьминоги, каракатиці, кальмари), рептилії (черепахи, коралові змії) тощо.

Нейстон – сукупність організмів, які живуть і переміщуються у тонкому (до 5 см) поверхневому шарі води або прикріплюються до нього. Це комахи, найпростіші.

Плейстон – сукупність рослинних і тваринних організмів, які пасивно плавають на поверхні води чи напівзанурені. Це ряска, саргасові водорості тощо.

Кількісними характеристиками органічного світу океану є біомаса та біологічна продуктивність. **Біомаса** – кількість речовини живих організмів, нагромаджена на будь-який момент часу, і виражена в одиницях маси на одиницю площі або об'єму. **Біологічна продуктивність** – властивість живих організмів утворювати, перетворювати і нагромаджувати органічну речовину. Біопродуктивність аналогічна поняттю «урожайність».

Живі організми розподілені у Світовому океані нерівномірно. У їх розподілі чітко виражені **циркумконтинентальність** (поширення живих організмів на мілководді навколо материків) і **широтна зональність** (існування широтних зон більш сприятливих для життя і менш сприятливих). Над шельфом до глибини 200 м зосереджено до 58% усієї біомаси океану, а на глибинах від 200 до 300 м – 32% (рис. 3.12).

Завдання 1. Проаналізуйте карту розподілу первинної продукції у Світовому океані (рис. 3.12). Поясніть широтну зональність і циркумконтинентальність її поширення.

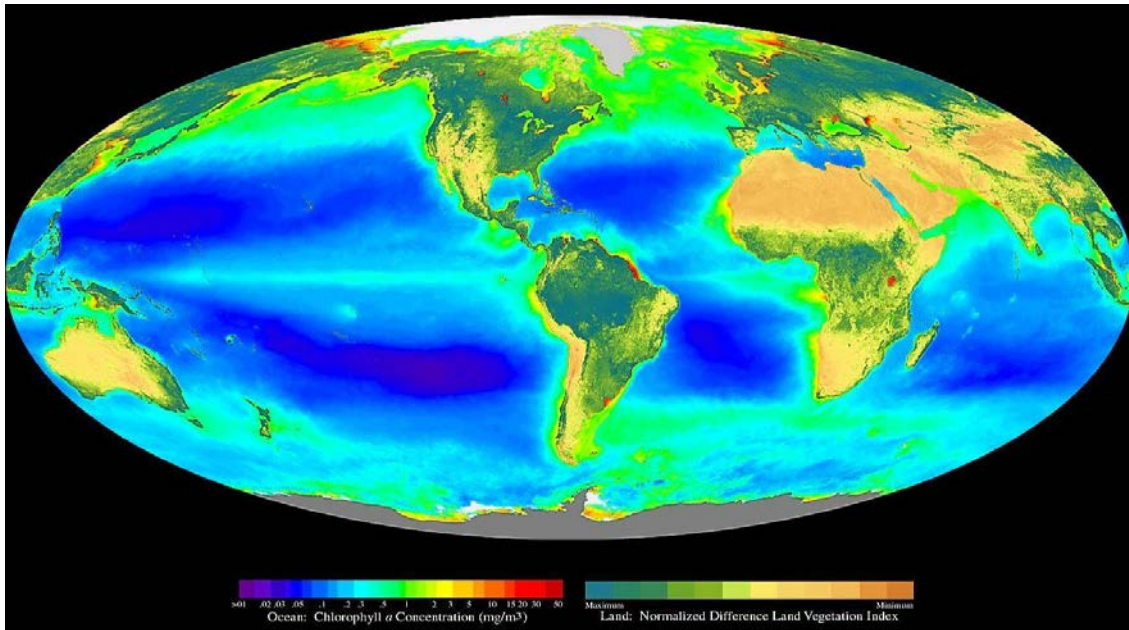


Рис. 3.12. Карта розподілу величини чистої первинної продукції по всій Земній кулі. Усереднені дані за період з вересня 1997 р. по серпень 2000 р. Для океану (шкала внизу зліва) оцінки наводяться за вмістом у поверхневих водах хлорофілу (mg/m^3)

Найбільша кількість первинної продукції формується на ділянках упадіння річок та підняття глибинних вод – апвелінгу: Біскайська затока, райони Канарської, Перуанської та Бенгельської течій, райони зародження пасатів, вітрів 40-х широт, мусонів у Індійському океані. Найменша біомаса – у тропічних поясах у межах антициклонічних кругообігів води (так звані океанічні пустелі). Малі біомаси організмів і в екваторіальному поясі.

Природні ресурси Світового океану поділяються на **мінеральні, біологічні та енергетичні**.

Світовий океан приховує в собі величезні запаси **мінеральних ресурсів**, які поки що використовуються недостатньо. До мінеральних ресурсів океану відносять корисні копалини прибережної зони океанів і морів, глибоководної частини шельфу і материкового схилу, а також розчинені в океанічній воді. Видобування їх стало можливим завдяки технічному прогресу: побудові плавучих бурових платформ і спеціальних суден, підводних апаратів, спеціальних драг, підводних шахт.

Значну кількість хімічних елементів можна добувати безпосередньо з морської води. Концентрація їх дуже мала, проте в масштабі Світового океану вміст літію, наприклад, досягає 260 млрд т, молібдену – 16 млрд т, міді, олова та урану – по 4 млрд т тощо. Навіть при мізерній концентрації срібла ($0,00003 \text{ mg}/\text{l}$) загальна його кількість у Світовому океані досягає 45 млн т, а золота ($0,000004 \text{ mg}/\text{l}$) – 5,5 млн т. На сьогодні їх видобуток із води за наявних технологій нерентабельний. Тому і добувають в основному лише найпоширеніші сполуки – кухонну сіль і хлористий магній, застосовуючи найпростішу технологію – випарювання води в

природних лагунах чи спеціальних басейнах. З океанічної води отримують 20% світового видобутку кухонної солі, понад 75% брому, магнію і його сполук та ін.

Родовища корисних копалин найчастіше знаходять на шельфі, у гирлах річок, конусах виносу тощо. Відомі підводні родовища магнетиту і титаномагнетиту (залізна і титанова руди), каситериту (олов'яна руда), ільменіту і рутилу (сировина для отримання титану), циркону (для видобутку цирконію), монациту (отримують торій та деякі інші рідкісні елементи) та ін. Із самородних металів відомі родовища золота, платини. Понад 120 шахт і рудників добувають залізну і мідно-нікелеву руди, ртуть, кам'яне вугілля.

У віддалених від берегів зонах океану зосереджені величезні запаси таких видів корисних копалин, як фосфоритові і залізомарганцеві конкреції. Найбагатшим на них є Тихий океан. Крім заліза (близько 12%) і марганцю (8-32%), вони містять значну кількість кобальту (до 2,5%), нікелю (до 0,8%), міді, титану, ванадію та інших металів, що робить видобуток і переробку їх рентабельними.

Нафта і газ упевнено лідирують серед усіх видів корисних копалин, що добуваються в океані. Щорічний приріст видобутку нафти з дна океану складає 7-10%. Нафта і газ поширені на 15 млн км² площі шельфу океану, проте потенційна площа нафтових і газових родовищ набагато більша. На океанічне дно припадає 75% світових запасів нафти та 40% природного газу.

Завдання 2. Проаналізуйте карту поширення мінеральних природних ресурсів Світового океану (рис. 3.13) та зробіть висновок про те, як воно залежить від глибини.



Рис. 3.13. Поширення мінеральних природних ресурсів у Світовому океані

Біологічні ресурси Світового океану використовуються вкрай слабо. Сьогодні він дає людству лише 2% продуктів харчування, але харчові ресурси його значно більші. В океанах знаходиться близько 200 млн т рибних ресурсів. Величезні ресурси молюсків, ракоподібних, водоростей, зоопланктону. Однак зараз 80-90% вилову складає риба, близько 6% – безхребетні, 4% – водорості і 1% – морські ссавці: кити (до 25 тис. голів на рік), ластоногі (тюлені, котики, нерпи і моржі) в суворо обмеженій кількості.

Споживання риби зростає занадто швидко для того, щоб забезпечити «дешевими» протеїнами населення планети. З такими обсягами вилову Світовий океан уже не встигає відновлюватися.

Енергетичні ресурси Світового океану – це такі, що дозволяють виробляти енергію обертанням турбін генераторів безпосередньо в морі: енергія течій, припливів, хвиль, вітру, перепаду температур води на глибині, важка вода.

Води Світового океану **забруднюються** шкідливими для життя речовинами, що потрапляють у нього з атмосферними опадами, з промисловими і побутовими відходами річкового стоку, внаслідок видобування й перевезення нафти, стікання мінеральних добрив і отрутохімікатів із сільськогосподарських полів (фосфати, нітрати, пестициди). На сьогодні розроблено низку методів очищення вод океанів і морів від забруднення (механічні, хімічні й біологічні), однак проблема екологічного стану Світового океану залишається дуже гострою.

Антропогенний вплив на акваторіальні комплекси проявляється, зокрема, у зменшенні вмісту кисню у воді, що є небезпечним для живих організмів.

Завдання 3. Проаналізуйте карту критичного падіння концентрації молекулярного кисню (рис. 3.14), визначте регіони максимального загострення проблеми та поясніть, які чинники її зумовили.

Для складання карти використані дані, зібрані групою Global Ocean Oxygen Network (GO2NE) 2016 р.

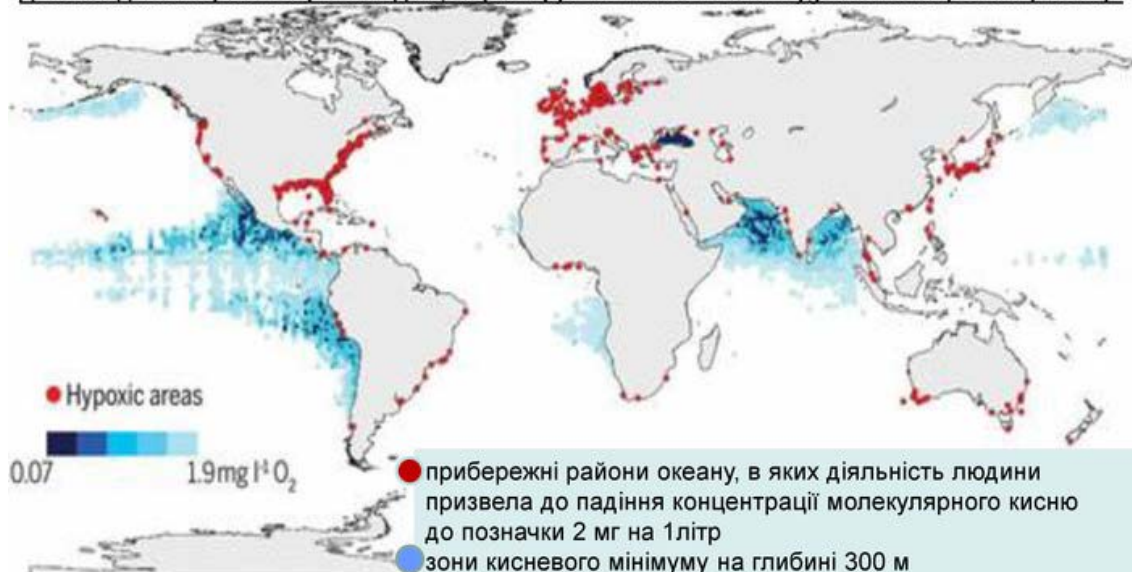


Рис. 3. 14. Акваторії падіння концентрації молекулярного кисню (до 2 мг/л) та зони кисневого мінімуму на глибині 300 м

З метою охорони і раціонального використання ресурсів Світового океану необхідні:

- заборона скидання нечистот у воду;
- створення служби охорони берегової зони;
- контроль за виловом риби і тварин;
- створення морських заповідників, заказників, національних парків;
- визначення допустимих концентрацій забруднення;
- відновлення природних ресурсів;
- екологічна освіта населення.

Контрольні запитання:

1. Які умови існування необхідні живим організмам у Світовому океані?
2. Чим зумовлена циркумконтинентальність поширення живих організмів Світового океану?
3. Як поділяються живі організми за умовами існування та пересування у воді?
4. Які чинники обмежують використання природних ресурсів Світового океану?
5. У чому полягає прогресивність використання енергетичних ресурсів Світового океану?
6. Які екологічні проблеми, пов'язані зі Світовим океаном Вам відомі? Які шляхи розв'язання цих проблем Ви можете запропонувати?
7. Яка з умов НЕ є сприятливою для живих організмів?
 - а) підняття глибинних вод;
 - б) опускання поверхневих вод;
 - в) впадіння річок;
 - г) припливи й відпливи.
8. Який різновид життєвих угруповань НЕ поділяється на рослинний (фіто-) і тваринний (зоо-) підвиди?
 - а) планктон;
 - б) бентос;
 - в) нектон;
 - г) плейстон.
9. Яка частка усієї біомаси Світового океану зосереджено над шельфом до глибини 200 м ?
 - а) 25%;
 - б) 38%;
 - в) 45%;
 - г) 58%.
10. Які широти характеризуються найменшою біомасою?
 - а) екваторіальні;
 - б) тропічні;
 - в) помірні;
 - г) полярні.

Теми реферативних повідомлень до розділу

1. Сучасні методи дослідження Світового океану.
2. Наслідки сучасних кліматичних змін для Світового океану.
3. Глибоководні жолоби: утворення та особливості умов.
4. Гідротерми як унікальне середовище.
5. Коралові рифи в умовах сучасних кліматичних змін.
6. Поширення життя у Світовому океані.
7. Біологічні ресурси океанів і морів.
8. Мінеральні ресурси Світового океану.
9. Енергетичні ресурси океанів і морів.
10. Джерела забруднення вод Світового океану.
11. Охорона і раціональне використання ресурсів Світового океану.
12. Роль міжнародного співробітництва у подоланні екологічних проблем Світового океану.
13. Методи очищення вод океанів і морів від забруднення.

РОЗДІЛ 4. ВОДИ СУХОДОЛУ

Води суходолу – це переважно прісні води, що течуть у річках, зосереджені в озерах, штучних водоймах і болотах, замкнені в льодовиках. Сюди відносяться також підземні води. За приблизними підрахунками, запаси води в руслах річок земної кулі складають 1200 км³, в озерах – 176 тис. км³, у льодовиках – 24 млн км³. Запаси підземних вод складають майже 24 млн км³ (табл. 3. 1).

Тема 4.1. ПІДЗЕМНІ ВОДИ

Підземні води знаходяться у товщі земної кори. Вони є складовою частиною гідросфери і перебувають у трьох агрегатних станах –газоподібному (водяна пара), рідкому та твердому (викопний та печерний лід).

За походженням підземні води поділяються на інфільтраційні, конденсаційні, ювенільні. **Інфільтраційні** утворюються внаслідок проникнення у верхні шари літосфери атмосферних опадів, поверхневих вод під час весняної повені та при зрошуванні полів і штучному zalиванні ділянок суходолу. **Конденсаційні** води утворюються від конденсації водяної пари, що потрапляє у ґрунт разом з повітрям. **Ювенільні** води утворюються на великих глибинах із дисоційованих атомів гідрогену та кисню або внаслідок конденсації водяної пари, що виділяється з магми. Основними процесами поповнення підземних вод є інфільтрація атмосферних опадів та поверхневих вод.

За умовами розподілу вологості у вертикальному розрізі земної кори виділяють зону аерації і зону насичення. У **зоні аерації** в порожнинах порід крім води є ще й повітря. У **зоні насичення** всі порожнини заповнені водою.

За характером фізичного зв'язку з частками порід, обводнення цих часток та способом пересування, підземні води поділяють на такі види :

- **гігроскопічні** води – обволікають часточки породи шаром в одну молекулу і утримуються на породі силами електромолекулярного зв'язку, тому не можуть переміщуватися;

- **плівкові** води – обволікають породу шаром в декілька молекул і також утримуються силами електромолекулярного зв'язку;

- **капілярні** води – заповнюють частково або повністю капіляри, рухаються під дією сили поверхневого натягу (догори) та сили тяжіння (донизу);

- **гравітаційні** води – не мають зв'язку з породами, підпорядковані виключно силі гравітації.

Фізичні особливості гірських порід, що складають земну кору, визначають їхні **водні властивості**. Однією з найважливіших властивостей гірських порід є їх **пористість**, яка зумовлена наявністю в породах різноманітних дрібних порожнин – пор. Пористість різних порід неоднакова і може становити від часток відсотка до кількох десятків відсотків.

Завдання 1. Визначте пористість різних порід, якщо в об'ємі зразка породи (W), рівному 250 см^3 , об'єм пор (W_n) дорівнює: а) 35 см^3 , б) 100 см^3 , в) 122 см^3 . До яких порід можуть належати ці зразки?

Кількісно пористість (n) визначається відношенням об'єму пор (W_n), до об'єму всієї породи (W)

$$n = \frac{W_n}{W} \cdot 100\%$$

Пористість та наявність певних видів підземних вод у порах визначають вологість і водні властивості ґрунту. **Вологість ґрунту** – кількість води, що утримується в ґрунті на певний момент часу. **Водні властивості порід:** *вологоємність, водовіддача і водопроникність.*

Вологоємність – здатність порід вбирати і утримувати певну кількість води.

Водовіддача – здатність водонасиченої породи віддавати воду, яка може вільно стікати під дією сили тяжіння.

Водопроникність – здатність породи пропускати крізь себе воду. Визначається *коефіцієнтом фільтрації*, який являє собою швидкість руху води при гідравлічному градієнті рівному одиниці. **Гідравлічний градієнт (нахил)** визначається за формулою:

$$i = \frac{h}{l}$$

де h – напір води, що дорівнює різниці висот двох рівнів ($H_1 - H_2$), м,

l – довжина потоку, м.

Величина коефіцієнта фільтрації, за даними З. О. Приклонського, для галечнику становить 100, піску – 50-2, супіску – 2-0,1, суглинку – 0,1-0,001, глини – менше 0,001 м/добу.

Залежно від пористості порід у природі, зустрічаються два види **руху підземних вод** – ламінарний і турбулентний. *Ламінарний* рух переважає і зустрічається у породах із малими порами. При цьому русі струмені води переміщуються паралельно з незначними швидкостями, утворюючи суцільний потік. *Турбулентний* рух часом спостерігається у тріщинуватих породах з широкими тріщинами.

Завдання 2. Ґрунтові води стікають до русла річки: від точки А через пісок, точки Б – через супісок і точки В – через суглинок. Визначте:

а) швидкість руху води від цих точок, якщо гідравлічний градієнт дорівнює 0,1. Коефіцієнт фільтрації для піску становить 0,45 см/с; супіску - 0,005 см/с; суглинку - 0,00056 см/с;

б) час, за який ґрунтові води досягнуть русла, якщо відстань від кожної з точок до русла річки становить 100 м.

Примітка: Швидкість фільтрації при ламінарному русі визначається за формулою Дарсі:

$$V = k \cdot i$$

де k – коефіцієнт фільтрації; i – гідравлічний градієнт.

Швидкість руху підземних вод визначають переважно в полі. При цьому в свердловину запускають певну речовину та контролюють час її появи в іншій свердловині. Поділивши відстань між свердловинами на час, за який речовина пройшла її, одержують швидкість руху води.

Знаючи швидкість руху підземних вод, можна визначити їхню витрату.

Витрата – це кількість води, яка проходить через площу поперечного перерізу водоносного шару за одиницю часу.

Завдання 3. Визначте витрату підземних вод, якщо потужність водоносного шару становить 10 м, а його ширина у точці А – 700 м, у точці Б – 400 м. Швидкість руху підземних вод від цих точок дорівнює 0,1 та 0,15 см/с відповідно.

Витрату підземних вод визначають за формулою :

$$Q = V_{cp} \cdot F$$

де Q – витрата води (m^3/c);

V_{cp} – середня швидкість потоку, м/с;

F – площа поперечного перерізу водоносного шару, m^2 .

За умовами залягання підземні води поділяються на верховодку, ґрунтові води і міжпластові води (рис. 4.1).

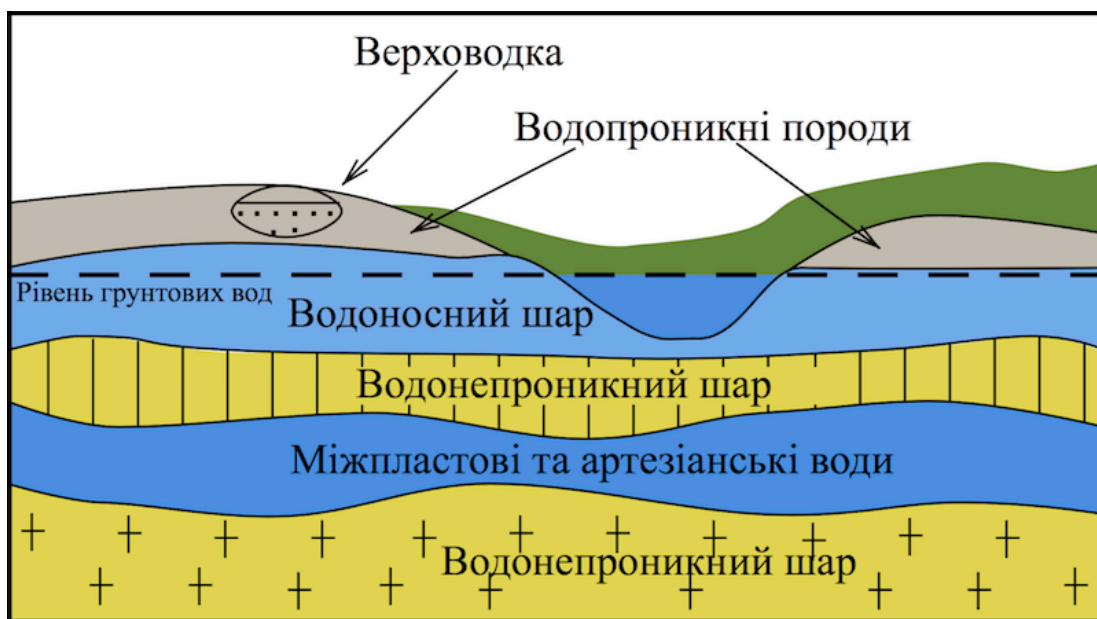


Рис. 4.1. Залягання підземних вод

Верховодка – підземні води зони аерації, які залягають вище рівня ґрунтових вод над лінзами водотривких порід. Утворюються від інтенсивного просочування поверхневих вод під час танення снігу або облогових дощів. Зникає у посушливу пору року. Близькою до верховодки є *ґрунтова волога*, яка живить рослини та відіграє важливу роль у формуванні врожаю. Ця вода може перебувати у трьох агрегатних станах.

ґрунтові води – гравітаційні води першого від поверхні водоносного горизонту. Це всі безнапірні води на першому шарі водотривких порід. Вони знаходяться у зоні вільного водообміну, дренуються річками і формують ґрунтовий стік. Режим їх тісно пов'язаний з гідрометеорологічними чинниками, а розподіл по території підпорядкований кліматичній зональності. Поверхня ґрунтових вод, називається **дзеркалом**.

Міжпластові води – це води, які залягають між двома водотривкими горизонтами. Зони можуть бути напірними (артезіанські) та безнапірними. *Безнапірні* міжпластові води мають ті ж характеристики, що й ґрунтові.

Артезіанські міжпластові води при розкритті свердловинами піднімаються вище кривлі водоносної товщі. Залягаючи у великих від'ємних геологічних структурах, вони утворюють **артезіанські басейни**.

В області розвантаження підземні води виходять на поверхню у вигляді джерел, або надходять безпосередньо у річки, озера, моря. У пустелях, у місцях, де підземні води залягають близько до поверхні, виникають **оазиси (оази)**.

Режим підземних вод – зміна у часі рівнів, температури, хімічного складу – залежить від метеорологічних, гідрологічних, геологічних, біогенних факторів та діяльності людини.

Завдання 4. Побудуйте графік коливань рівня ґрунтових вод у пункті, розміщеному в помірному поясі, за даними табл. 4. 1. Чим можна пояснити ці коливання?

Таблиця 4.1.

Глибина залягання ґрунтових вод протягом року

Місяці	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина, м	2,8	3,0	3,0	2,7	0,0	0,5	0,6	0,9	1,3	1,5	2,5	2,7

Примітка: 1) Глибини відкладіть по вертикалі, спрямувавши вертикальну вісь донизу.

2) Середні місячні значення глибин позначте точками, що відносяться до середини кожного місяця.

У результаті складної взаємодії між водами, породами і газами формуються підземні води різної **мінералізації**. Розрізняють прісні та мінеральні води. Межею прісних і мінеральних вод вважають солоність (мінералізацію) 1 г/л або 1‰. **Мінеральні** води – це такі, які мають біологічно активні властивості й у фізіологічному відношенні часто цілюще впливають на людський організм.

Природний вихід підземних вод на поверхню називається **джерелом**. Джерела бувають напірні та безнапірні, сезонні та епізодичні, прісні та мінеральні, холодні та термальні. Особливий тип джерел утворюють *гейзери*.

Контрольні запитання:

1. За якими ознаками класифікують підземні води?
2. За рахунок яких процесів поповнюються підземні води?
3. Під дією яких сил рухаються підземні води і від чого залежить швидкість та характер їх руху?
4. Як визначають швидкість руху підземних вод?
5. Що таке коефіцієнт фільтрації?
6. До якого рівня піднімається вода в колодязях, в артезіанських свердловинах?
7. Яке значення мають підземні води для життя людини та для процесів і явищ у географічній оболонці?
8. Яких заходів необхідно вживати, щоб зберегти підземні води екологічно чистими?
9. Яка ознака характерна для гравітаційних вод?
 - а) міцний зв'язок з часточками порід;
 - б) рихлий зв'язок з часточками порід;
 - в) вільний рух під дією сили тяжіння;
 - г) вільний рух під дією сили поверхневого натягу.
10. Які підземні води утворюються з дисоційованих атомів кисню і водню та в результаті конденсації водяної пари з магми?
 - а) конденсаційні;
 - б) гігроскопічні;
 - в) ювенільні;
 - г) інфільтраційні.
11. Розташуйте породи у порядку зменшення їх коефіцієнта фільтрації:
 - а) глина;
 - б) суглинок;
 - в) пісок;
 - г) супісок.

Тема 4.2. РІЧКИ

Річка – це природний водний потік, який постійно або більшу частину року протікає у видовженому зниженні земної кори в розробленому ним руслі (**річищі**). Річками називають природні водотоки, які мають довжину понад 10 км, а коротші – струмками. Річки завдовжки до 100 км, вважають малими, до 500 км – середніми, а понад 500 км – великими.

Річки несуть води в озера, моря і океани. Річка, яка впадає в одну з цих водойм, називається **головною**, а ті, що впадають у неї – **притоками**. Притоки, що впадають у головну річку, називаються притоками першого порядку, притоки цих приток – другого і т. д. Сукупність усіх річок, що несуть свої води через головну річку у водойму, називається **річковою системою**. Річки, що течуть на певній території, утворюють її **річкову мережу**. Річки, озера, болота певної території утворюють її **гідрографічну мережу**.

Кожна річка має **витік** – місце на земній поверхні, звідки вона починається, та **гирло** – місце її впадіння. Правий і лівий береги визначаються, якщо стати за напрямком течії. За тим самим принципом визначаються і ліві та праві притоки річки.

Кожна річкова система займає певну площу, яка називається річковим **басейном**. Частина земної поверхні, з якої річкова система збирає води, називається її **водозбором**. Межі басейнів і водозборів здебільшого співпадають, але іноді водозбірна площа буває меншою від басейну, коли останній включає площі внутрішнього стоку.

Лінія на земній поверхні, яка ділить стік атмосферних опадів на два протилежні схили і розмежовує сусідні басейни, називається **вододілом**. Вододільні лінії проходять по найвищих точках поверхні між сусідніми басейнами. На земній кулі виділяють **Світовий**, або **Головний вододіл Землі**. Він поділяє всю поверхню суходолу на два схили: Атлантико-Арктичний і Тихоокеансько-Індійський. Крім Головного виділяють вододіли океанів, морів, річок і областей внутрішнього стоку. Відповідно, басейни бувають океанічні, річкові і внутрішнього стоку (безстічні) (рис. 4.2).

Завдання 1. На контурній карті світу різними кольорами позначте Головний (Світовий) вододіл, басейни окремих океанів та області внутрішнього стоку.

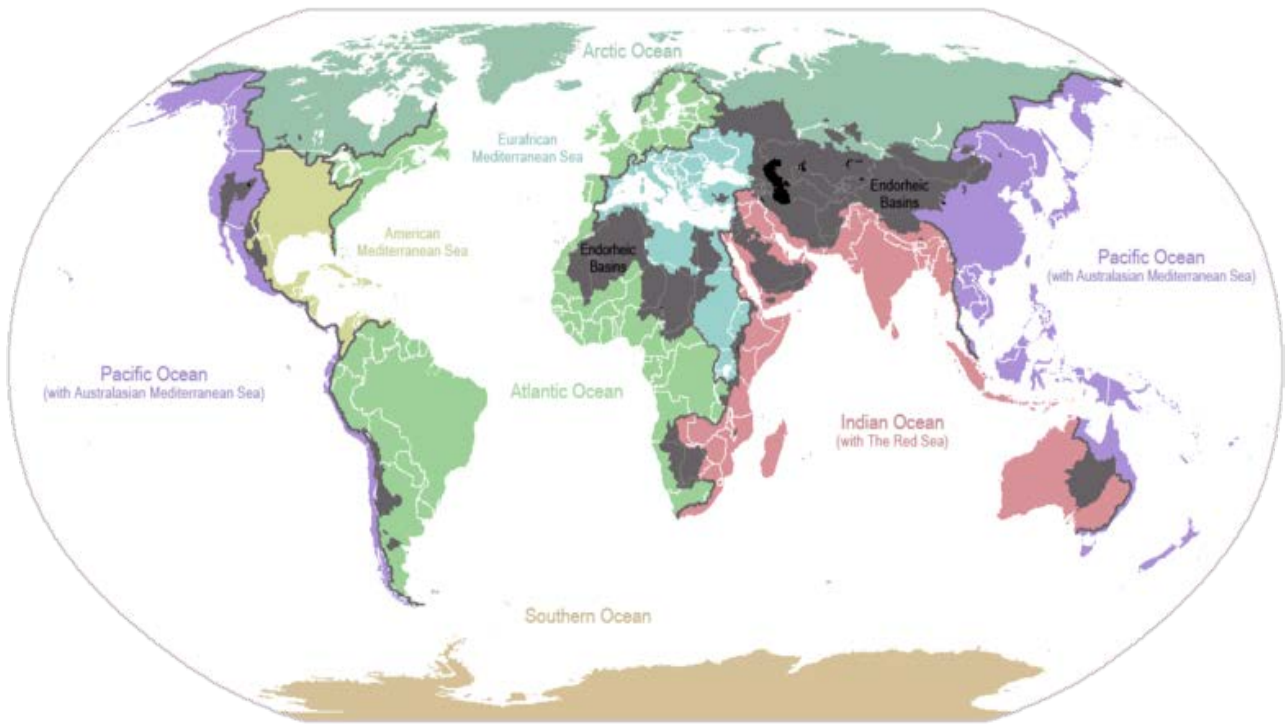


Рис. 4.2. Басейни океанів та області внутрішнього стоку

Річкові басейни відрізняються за морфометричними та фізико-географічними характеристиками. Основні морфометричні характеристики басейну: площа, довжина, найбільша та середня ширина, асиметричність, похил та ін.

Завдання 2. Перенесіть з карти на кальку або аркуш паперу в клітинку межі басейну однієї з річок (назву річки вказує викладач), річку з усіма притоками та абсолютні висоти найвищої та найнижчої точок басейну (візьміть із фізичної карти). Обчисліть площу басейну за допомогою планіметра або палетки. Виміряйте його довжину, максимальну ширину, визначте середню ширину, коефіцієнт асиметрії та похил.

Площу басейну (F) вимірюють на карті планіметром або палеткою.

Довжина басейну (L) – це відстань на карті по прямій від гирла до найвіддаленішої точки на вододільній лінії.

Середня ширина басейну (V_{cp}) – це відношення площі басейну до його довжини:

$$V_{cp} = \frac{F}{L}$$

Найбільша ширина басейну (V_{max}) – відстань між вододілами у найширшому місці басейну перпендикулярно до його довжини.

Коефіцієнт асиметрії визначається за формулою:

$$K_a = \frac{F_l - F_n}{0,5F}$$

де F_l і F_n – площі відповідно лівобережної і правобережної частини басейну, км^2 ;
 F – загальна площа басейну, км^2 .

Похил басейну – це висотна характеристика, яку обчислюють за формулою:

$$I = \frac{H_B - H_H}{L}$$

де I – похил, м/км ; H_B і H_H – висота поверхні басейну відповідно у верхній і нижній частинах, м ; L – довжина басейну, км .

До фізико-географічних характеристик басейну відносяться географічне положення, яке дається у вигляді географічних координат його крайніх точок, кліматичні особливості (кількість опадів, сніговий покрив, температура і вологість повітря), орографія (середня висота, середній похил) та геологічна будова. Морфометричні і фізико-географічні характеристики використовуються для різних водогосподарських розрахунків, аналізу умов формування стоку на басейні та ін.

Річки відрізняються між собою **гідрографічними характеристиками**: довжиною, звивистістю, густотою річкової сітки, розгалуженістю, падінням та похилом.

Завдання 3. Виміряйте довжину обраної річки та її приток. Використовуючи дані завдання 1, визначте густоту річкової мережі басейну. За даними завдання 2 визначте падіння, середній похил і коефіцієнт звивистості головної річки.

Довжина річки (L , км) – відстань між витоком і гирлом. Вимірюється на великомасштабній карті за допомогою курвіметра, мокрої нитки або циркуля.

Густота річкової мережі (D , м/км^2) – це сумарна довжина річок, що припадають на 1 км^2 території. Для басейнів вона визначається як відношення суми довжин усіх річок басейну ($\sum l$) до його площі (F):

$$D = \frac{\sum l}{F}$$

Примітка: площу басейну візьміть із завдання 2.

Падіння річки (ΔH , м) – різниця абсолютних висот ($H_B - H_H$) її витоків та гирла.

Примітка: абсолютні висоти визначте за картою.

Похил річки (i) – це відношення її падіння до довжини (l):

$$i = \frac{H_B - H_H}{l}, \text{ м/км}$$

Коефіцієнт звивистості ($K_{зв}$) – відношення довжини річки (L) до довжини прямої (L_1), що з'єднує початок і кінець річки:

$$K_{зв} = \frac{L}{L_1}$$

Річкова долина складається з частин, серед яких головні (рис. 4. 3):

Русло (або **водотік, річище**) – ерозійна заглибина, вироблена водним потоком і заповнена його водами. У природному стані річкове русло здебільшого звивисте, меандрує залежно від характеру рельєфу. На ньому чергуються залучини, плеса та бистрини. Розміри і форма змінюються по довжині річки залежно від її водності, будови долини. Для рівнинних річок характерна звивиста форма, наявність **меандрів, рукавів, проток**, а в місці впадіння можуть утворюватися **дельти**. Русла гірських річок більш прямі, вузькі, часто мають **пороги** та **водоспади**.

Заплава (або перша річкова тераса) – частина річкової долини, яка утворена річковими наносами і заливається річковими водами під час повені. Утворюються заплави майже на всіх рівнинних і гірських річках, за винятком ділянок з порогами і водоспадами та вузьких ущелин. Формуються внаслідок бокової ерозії річища.

Річкові (берегові) тераси – схили річкової долини зі слідами врзування русла у дно долини в минулі епохи. Річкові тераси – це ті території, які в минулому також були заплавами. Терасовані схили річкових долин мають східчастий профіль. Вищі тераси старші за віком.

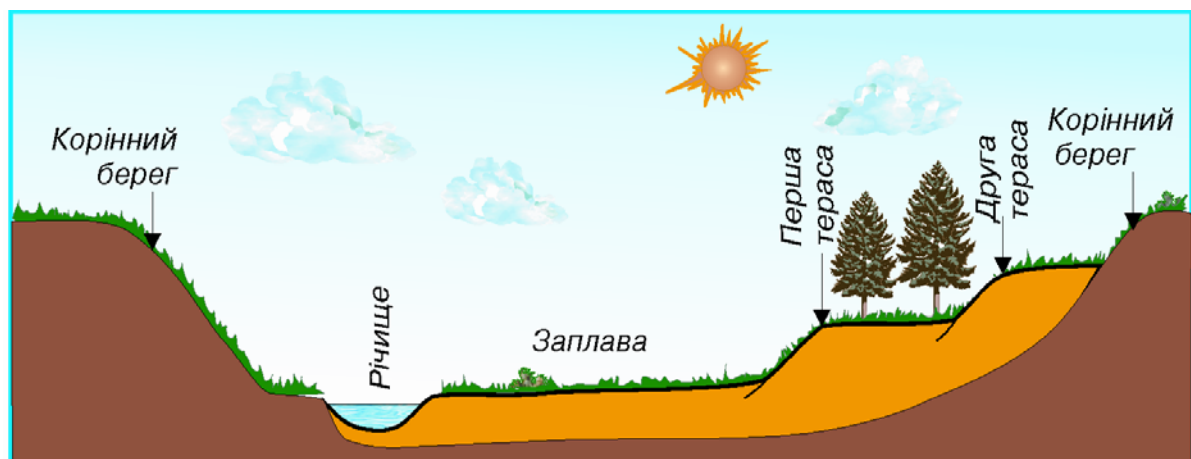


Рис. 4. 3. Будова річкової долини

Поздовжній профіль річки показує зміну висотних відміток рівня води чи дна русла по її довжині. За характером течії, похилу та ерозійної діяльності кожен річку умовно поділяють на три частини: верхню, середню і нижню. У **верхній частині** річка характеризується більшим похилом і відповідно більшими швидкостями течії та значним розмивом русла. У **середній** частині похил водної поверхні і

швидкість течії зменшуються, водність збільшується, ерозія послаблюється. У **нижній** частині переважає акумуляція – відкладання продуктів розмиву, принесених з верхніх частин.

У місцях виходів твердих гірських порід, які перетинають шлях річки, утворюються **пороги**. Особливо багато порогів на гірських річках, де річище складене твердими породами, а швидкість течії велика. Падіння води з високого виступу в руслі річки називається **водоспадом**.

Поздовжній профіль будується на основі даних про протяжність характерних ділянок русла та відмітках висот на краях цих ділянок.

Поперечний (водний) переріз річки – це фігура, яка є результатом перетину водного потоку у руслі вертикальною площиною. Та частина водного перерізу, в якій вода рухається, називається **живим перерізом**, а та, де течія відсутня, називається **мертвим простором** (мертвою зоною).

Основними **морфометричними характеристиками** водного перерізу є його **площа, ширина, довжина змоченого периметру, гідравлічний радіус, середня і максимальна глибини**. Всі ці характеристики визначаються за матеріалами промірів глибин.

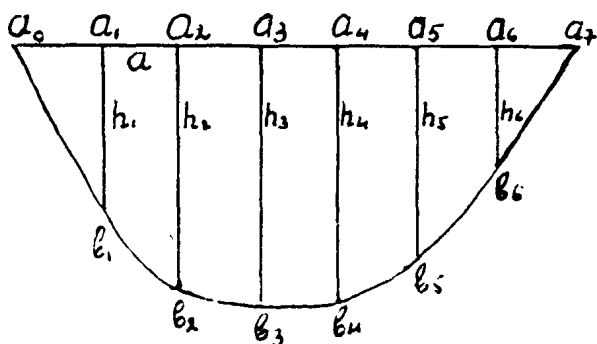
Завдання 4. Побудуйте поперечний переріз річки за даними табл. 4.2. Обчисліть його площу (методом елементарних фігур), визначте ширину, середню і найбільшу глибину.

Таблиця 4. 2. Глибини у промірних точках

Віддаль від точки створу (урізу лівого берега), м	Глибина річки, м	Віддаль між промірними точками, м	Середня глибина між промірними точками, м	Площа елементарної фігури, м ²	Площа живого перерізу річки, м ²
Уріз л/б	0,00				
3,7	0,20				
4,0	0,58				
6,0	1,76				
8,0	2,88				
10,0	3,20				
12,0	4,11				
14,0	2,94				
16,0	2,91				
18,0	1,82				
20,0	1,08				
уріз п/б 21,9	0,00				

Площа водного перерізу являє собою суму площин елементарних геометричних фігур, які утворюються між промірними вертикалями (рис. 4. 4). Крайні

дві фігури $a_0 b_1 a_1$ і $a_6 b_6 a_7$ є трикутниками. Площа кожного з них дорівнює половині добутку основи h на висоту a .



Решта фігур є трапеціями. Площа кожної з них дорівнює добутку півсуми основ на висоту.

Рис. 4. 4. Поперечний переріз річки

Ширина річки – відстань між урізом води лівого і правого берегів. Уріз – це місце перетину рівня води з берегом.

Максимальна глибина обирається з фактичних глибин.

Середня глибина (h_{cp}) – відношення площі водного перерізу до ширини річки:

$$h_{cp} = \frac{W}{B}$$

Змочений периметр (P) – довжина лінії по дну річки від одного урізу до іншого.

Гідралічний радіус (R) – відношення площі водного перерізу до змоченого периметра:

$$R = \frac{W}{P}$$

Визначення швидкості течії. Вода в річці тече під дією сили тяжіння (ваги). Рух води в річках має турбулентний (вихровий) характер. При такому русі швидкість у кожній точці має пульсуючий характер, безперервно змінюючись за величиною і напрямом. Завдяки турбулентному рухові вода перемішується, вирівнюється її температура по живому перерізу. Швидкість течії зростає від дна до поверхні і від берегів до середини річки.

Швидкість течії вимірюється за допомогою **поплавків, гідрометричних млиноків** або інших приладів. За допомогою гідрометричного млинка вимірюють швидкість по всій ширині річки на кількох вертикалях і в кількох точках на кожній з них, щоб отримати середнє по всьому перерізу значення.

Спосіб поплавків менш точний і дозволяє отримати поверхневу (максимальну) швидкість течії. Найпростіші **поплавки** роблять з дерева у вигляді кружків товщиною 5-10 см і діаметром 15-20 см. Якщо заміряти віддаль (l) між створами і знати час (t), за який поплавок пройшов цю віддаль, то поверхнева швидкість ($V_{пов}$) буде дорівнювати:

$$V_{нов} = \frac{l}{t}, \text{ м/с}$$

Стік – це кількість води, що стікає з певної ділянки суходолу за довільний час. Він утворюється внаслідок випадання дощів або танення снігу та льоду.

Основною характеристикою стоку є **витрата** – кількість води, яка протікає через поперечний переріз річки за 1 секунду. Витрати бувають секундні та середні. Секундні визначаються за щоденними рівнями та кривими витрати води. Середні витрати визначають для певного періоду – доби, місяця, року. Середня величина за багаторічний період, називається **нормою**.

Завдання 5. Визначте витрату води у річці, якщо середня швидкість потоку становить 1,4 м/с (площу поперечного перерізу візьміть із завдання 4).

Витрата води у будь-якому живому перерізі визначається за формулою:

$$Q = V \cdot W, \text{ м}^3/\text{с},$$

де V – середня швидкість течії для всього живого перерізу в м/с;

W – площа живого перерізу в м².

Завдання 6. Визначте витрату води у річці, середня глибина якої 1,2 м, поперечний переріз має площу 53,3 м², середня тривалість руху поплавків становить 158 секунд, відстань між верхнім і нижнім створами 50 м. Річка звивиста, частково заросла, місцями захаращена (табл. 4. 3).

При вимірюванні швидкості поплавками витрату визначають за максимальною швидкістю, користуючись формулою:

$$Q = K \cdot V_{max} \cdot W, \text{ м}^3/\text{с},$$

де K – коефіцієнт переходу від максимальної поверхневої швидкості до середньої швидкості для всього перерізу і залежить від глибини та шорсткості дна русла (табл. 4. 3); V_{max} – максимальна (поверхнева) швидкість, м/с; W – площа водного перерізу, м².

Таблиця 4.3.

Значення коефіцієнту K для різних умов стікання

Характеристика русла	Середня глибина		
	до 1 м	від 1 до 5 м	більше 5 м
Рівнинні річки великі і середні, що мають сприятливі умови стікання	0,55 – 0,67	0,68 – 0,77	0,78 – 0,79
Річки великі і середні з поганими умовами стікання (захаращенні, частково зарослі, звивисті, кам'янисті, з неспокійними течіями)	0,43 – 0,54	0,55 – 0,65	0,66 – 0,7
Річки з дуже поганими умовами стікання (дуже зарослі, з купинами, місцями стояча вода). Гірські річки з бурхливою пінистою течією	-	0,43 – 0,6	0,61 – 0,86

Водність річки характеризують також модулем стоку, об'ємом стоку, шаром стоку, коефіцієнтом стоку.

Модуль стоку (M) – це кількість води, яка стікає з одиниці площі водозбору (1 км^2) за одиницю часу (1 секунду) і виражається в літрах за секунду з 1 км^2 ($\text{л/с}\cdot\text{км}^2$):

$$M = \frac{Q \cdot 1000}{F}$$

де Q – витрата води, $\text{м}^3/\text{с}$; F – площа водозбору, км^2 .

Об'єм стоку (W) – кількість води, яка стікає з водозбору за довільний проміжок часу T (добу, декаду, місяць, рік). Визначається в м^3 або км^3 за формулою:

$$W = Q \cdot T$$

Шар стоку (h) – це кількість води, що стікає з водозбору за певний час і дорівнює товщині шару, який рівномірно розподіляється по всій водозбірній площі.

Коефіцієнт стоку (λ) – відношення шару стоку з даної площі за певний час до величини опадів x , що випали на цю площу за той самий час:

$$\lambda = \frac{h}{x}$$

Коефіцієнт стоку завжди менший за одиницю і показує, яка частина опадів іде на формування стоку.

Живлення річки пов'язане з атмосферними опадами. Виділяють чотири види живлення: *дощове*, *снігове*, *льодовикове* та *підземне*. У помірному кліматі поєднується всі види живлення – таке живлення називається *змішаним*. Роль того чи іншого виду живлення залежить від кліматичних умов місцевості.

Дощове живлення характерне для річок екваторіальних і тропічних широт, а також мусонних областей. Таке живлення мають найбільш повноводні річки земної кулі – *Амазонка* і *Конго*. Рівень води в них майже не змінюється, оскільки рясні дощі випадають в їхніх басейнах цілий рік. *Снігове* живлення у сухому спекотному кліматі відсутнє, в холодному є основним. *Льодовикове* живлення отримують річки, які починаються у високих, укритих льодовиками горах. Найвищий рівень води в цих річках – влітку, коли тануть льодовики. Таке живлення має, наприклад, *Амудар'я*. *Підземне* живлення мають майже всі річки. Завдяки ньому вони не пересихають влітку.

Значення кожного з джерел живлення неоднакове також у різні пори року. Так, у річок помірних широт узимку, коли вони вкриті кригою, єдине джерело

живлення – виходи підземних вод в їхніх руслах. Навесні вони поповнюються талими сніговими водами, а влітку – дощовими і підземними.

Завдання 7. Розгляньте географічне положення басейнів та поясніть співвідношення між різними видами живлення річок, наведених у табл. 4. 4.

Таблиця 4. 4. Співвідношення джерел живлення деяких річок

Річка	Частка виду живлення, %			
	снігове	дощове	підземне	льодовикове
Печора	55	25	20	-
Дон	61	8	31	-
Амур	13	79	8	-
Амудар'я	29	-	20	51

Водний режим річки, під яким розуміють **закономірну послідовну зміну рівнів**, залежить від характеру живлення. У циклі водного режиму протягом року виділяють **три характерні фази: повінь, межень і паводок**.

Повіню (водопіллям) називається щорічне регулярне максимальне підвищення рівнів води у річці в один і той самий сезон від танення снігу та льодовиків або від тривалих дощів. Під час повені вода часто виходить із берегів, заливає заплаву, викликаючи іноді катастрофічні затоплення. Характер повені змінюється по довжині річки, а час його настання і тривалість залежать від клімату. Більшість річок України мають весняну повінь, Середньої Азії – літню, Далекого Сходу – весняно-літню.

Межень – періоди низьких рівнів води, які настають унаслідок зменшення притоку води з площі водозбору. Межень буває літня і зимова, тривала (понад 30 діб) і коротка (10-30 діб). На більшості річок України літня межень настає у травні-червні, на півдні – у квітні.

Паводками називають короткочасні, неперіодичні підвищення рівнів води у річці, що виникають унаслідок інтенсивного танення снігу під час відлиг, тривалих дощів, попусків води з водойм. В Україні паводки найчастіше спостерігаються у Карпатах та у Гірському Криму. Паводки, як і великі повені, можуть завдати значної шкоди, крім того, на думку багатьох учених, частота виникнення паводків суттєво зросла, імовірно через кліматичні зміни та вирубування лісів.

Наочне уявлення про водний режим та живлення річки дає **гідрограф стоку** – графік коливання витрат води протягом року.

На горизонтальній осі у масштабі відкладається час (місяці), на вертикальній – витрата води. Площа, яка обмежена лінією гідрографа і осями координат, відповідає об'єму води, що стікає з водозбору за рік.

Розчленування гідрографа за джерелами живлення виконується шляхом зрізання на ньому всіх піків. Снігове і дощове живлення характеризуються тими частинами площі гідрографа, які знаходяться вище лінії ґрунтових вод, підземне – нижче лінії (рис. 4.5).

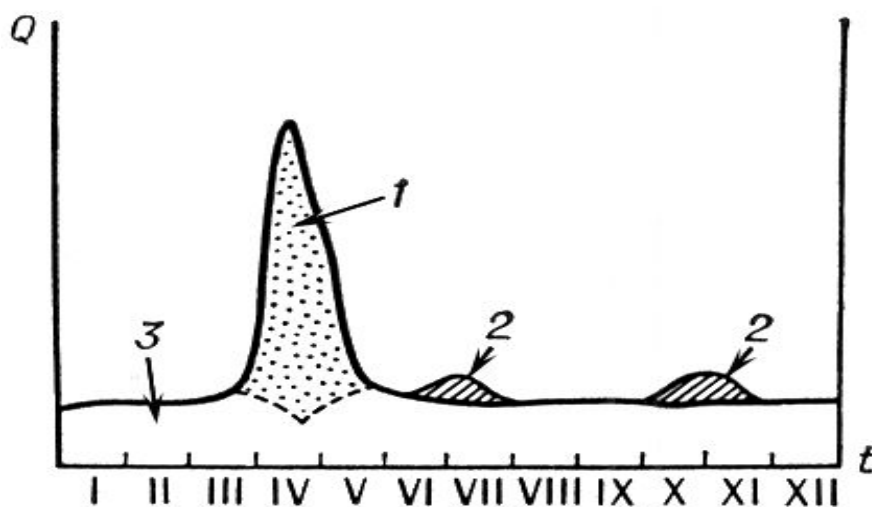


Рис. 4.5. Гідрограф стоку: 1 – снігове живлення річки; 2 – дощове живлення; 3 – підземне живлення

Завдання 8. Побудуйте гідрограф стоку р. Іршави біля смт. Іршава за даними табл. 4. 5. Розчленуйте гідрограф на підземне живлення, весняну повінь та літньо-осінні паводки.

Таблиця 4.5.

Витрати води на р. Іршаві за 1975 р.

Декад а	М і с я ц і											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	10,3	2,76	4,49	8,66	4,65	6,44	2,38	2,94	3,82	2,40	3,02	3,01
2	6,93	2,71	6,90	14,1	3,86	5,42	4,36	2,75	3,31	4,46	2,57	9,00
3	4,90	2,44	7,86	10,2	3,16	4,37	3,72	2,39	7,43	3,32	2,72	6,54

Примітка: місяць складається з трьох декад (десятиденок), тому на кожний місяць на графіку припадатиме три точки, які ставляться на середині декади.

Класифікацію річок світу одним із перших розробив **О. І. Восейков**, розглядаючи річки як продукт клімату, та поділивши їх на 9 типів, що об'єднуються у чотири групи: I – річки, які живляться талими водами; II – річки, які живляться дощовими водами; III – річки, які пересихають; IV – річки підльодовикового живлення.

Найчіткішу класифікацію розробив **М. І. Львович**. В основу його класифікації покладено роль того чи іншого виду живлення в один із сезонів року. Кожен вид живлення може бути *майже виключним* (80% і більше), або мати *переважне значення* (50-80%), або бути *більшим* порівняно з іншими (до 50%). В останньому випадку живлення називається змішаним.

Стік може зосереджуватися *виключно* (80% і більше), або *переважно* (50-80%) в одному з чотирьох сезонів року, або протікати протягом усього року, маючи *більше* значення в одному з сезонів (до 50%).

Природне поєднання різних видів живлення з різними варіантами розподілу стоку протягом року дає підставу виділити **шість зональних типів річок: арктичний, субарктичний, помірний, субтропічний, тропічний та екваторіальний**. Режим кожного типу визначається відносно однорідними фізико-географічними умовами.

Табл. 4.6. Класифікація річок земної кулі М. І. Львовича

Типи водного режиму річок (за М.І. Львовичем)

Джерела живлення		Ін-декс	Розподіл стоку за сезонами											
			Весна			Літо			Осінь			Зима		
			майже виключно Р	переважно Р _y	здебільшого р _y	майже виключно Е	переважно Е _y	здебільшого е _y	майже виключно А	переважно А _y	здебільшого а _y	майже виключно Н	переважно Н _y	здебільшого h _y
Снігове	майже виключно	S	+											
	переважно	S _x		+	+	+	+	+						
	здебільшого	s _x			+		+	+						
Дощове	майже виключно	R				+	+	+		+	+		+	+
	переважно	R _x			+		+	+		+	+	+	+	+
	здебільшого	r _x			+	+	+	+				+	+	+
Льодовикове	майже виключно	G				+								
	переважно	G _x					+	+						
	здебільшого	g _x				+	+							
Підземне	майже виключно	U				не виявлено			не виявлено					
	переважно	U _x						+						
	здебільшого	u _x			+			+						

Завдання 9. Ознайомтеся з принципами класифікації річок земної кулі М. І. Львовича (табл. 4.6). За сезонним розподілом стоку та видами живлення (табл. 4.7) визначте, до якого зонального типу належить кожна річка (арктичного G-E, субарктичного S_x-E, помірнього S_x-P_y, r_x-p_y, R_x-E_y, субтропічного R_x-h_y, тропічного R-E_y, екваторіального R-a_y). Проаналізуйте особливості живлення кожної річки і роль його у формуванні стоку. Вкажіть характерні особливості розподілу стоку протягом року.

Таблиця 4.7.

Характеристика деяких зональних типів річок земної кулі

Вид живлення, %				Розподіл стоку за сезонами, %				За градаціями М. І. Львовича (індекси)		Тип водного режиму (індекси)	Зональний тип річки
підземне	снігове	дощове	льодовикове	весна	літо	осінь	зима	джерела живлення	сезонний розподіл стоку		
12	58	30	0	2	84	11	3				
0	0	0	100	0	100	0	0				
12	0	88	0	20	60	13	7				
31	25	44	0	40	29	12	19				
19	0	81	0	9	31	49	11				
5	26	69	0	19	53	27	1				
26	23	51	0	40	10	7	43				
25	57	18	0	53	25	16	6				

Термічний режим річки формується в результаті теплообміну водної маси з атмосферою і ложем русла. Теплообмін протікає по різному при відкритій водній поверхні і за наявності льодового покриву. Термічний режим залежить від часу доби, сезону, року.

Добові зміни температури найкраще виражені в теплу пору року. Максимум спостерігається влітку. Величина амплітуди залежить від географічної широти, водності річки, погодних умов (при ясній погоді амплітуди більші). Річний хід температури має два періоди – відкритої водної поверхні і льодоставу. При наявності льодового покриву температура води в річці залишається майже постійною і близькою до 0°C. Температура води в більшості річок у період нагрівання більша в прибережній частині, ніж у центральній, а в період охолодження – навпаки. Найбільші коливання температури по поперечному перерізу (до 8-9°C) відбуваються під впливом притічних вод. Зміна температури з глибиною характеризується весняною та літньою прямою стратифікацією, а восени – оберненою. В гірських річках температура підвищується вниз за течією. Температурний режим на окремих ділянках в значній мірі залежить від господарської діяльності людини.

Основними фазами **льодового режиму** річок є **замерзання, льодостав і скресання** льоду. Перша й остання фази супроводжуються льодоходом. **Льодохід** – рух крижин і крижаних полів на річках під дією течії чи вітру. Розрізняють весняний і осінній льодоходи. При весняному льодоході рухаються крижини, що утворилися в результаті руйнування крижаного покриву; при осінньому льодоході – крижини, що утворилися змерзанням сала, шуги, сніжниці й заберегів, що

відірвалися. На багатьох річках осінньому льодоходу передують шугохід. Льодохід на ріках нерідко супроводжується заторами льоду. На багатьох річках на початку льодоставу утворюється внутрішньоводний лід, а на дні – донний.

Енергія річок витрачається на тертя води об дно та береги, на перенесення твердого матеріалу (**наносів**) і розчинів. Кількість завислих наносів, які переносять річка через поперечний переріз за 1 секунду, називається **витратою завислих наносів**. Сумарна кількість наносів за певний час називається **твердим стоком** і виражається в кг/с.

Кількість наносів у грамах, які містяться в 1 м³ води, називається **мутністю**. Найбільша мутність буває під час повені на середині річки біля дна. Найменша мутність спостерігається у межень.

У водах річок завжди розчинена певна кількість солей. Основними характеристиками хімічних властивостей води є хімічний склад і мінералізація. **За хімічним складом** води поділяють на *гідрокарбонатні, сульфатні та хлоридні*. Більшість річок належить до гідрокарбонатних. **За ступенем мінералізації** води бувають *малої мінералізації, середньої, підвищеної і високої*. Річки мають переважно малу і середню мінералізацію. Оскільки мінералізація річки залежить від співвідношення притоку поверхневих і підземних вод, то у повінь мінералізація мала, у межень, при переході річки на підземне живлення, вона зростає.

Контрольні запитання:

1. *Що називають басейном і водозбором річкової системи? Чи завжди їхні площі співпадають?*
 2. *Якого порядку і якого берега притоками є Десна, Остер?*
 3. *Як вимірюється довжина річки?*
 4. *Як визначаються звивистість річки, її падіння і похил?*
 5. *Від яких чинників залежить густина річкової мережі? Чим можна пояснити зональність її розподілу?*
 6. *Які частини виділяють у поздовжньому профілі річки?*
 7. *Що називається витратою води?*
 8. *Як обчислюють площу поперечного перерізу річки?*
 9. *Як впливає льодовий покрив на течію річки?*
 10. *Розподіл яких показників характеризують ізобати; ізотахи?*
 11. *Якими способами вимірюється швидкість течії річки?*
 12. *Як перейти від поверхневої швидкості течії річки до середньої по потоку?*
- Від яких особливостей річки залежить цей перехід?*
13. *Що відображає годограф?*
 14. *Які характеристики стоку ви знаєте? Як вони визначаються?*
 15. *Від яких чинників залежить водний режим річки?*
 16. *Які ви знаєте види живлення річок?*

17. Коли настає повінь у річок екваторіального, субекваторіального, субтропічного, помірною поясів? У гірських річок?
18. На підставі яких чинників розробив схему класифікації річок М. І. Львович?
19. Що унаочнює гідрограф стоку, як він будується?
20. Коли відзначається максимум твердого стоку річок?
21. До яких типів за хімічним складом та ступенем мінералізації належать річки України?
22. Як називається графік зміни витрати води протягом певного часу?
 а) годограф; б) гідрограф; в) еюра; г) профіль.
23. Кількість води, що стікає з одиниці площі водозбору за одиницю часу - це:
 а) модуль стоку; б) об'єм стоку;
 в) шар стоку; г) коефіцієнт стоку?
24. Методом поплавків визначають швидкість течії
 а) поверхневу максимальну; б) поверхневу середню;
 в) максимальну по перерізу; г) середню по перерізу.
25. Лінії, що з'єднують точки з однаковою швидкістю течії, називаються
 а) ізобати; б) ізогаліни; в) ізогісти; г) ізотахи.

Тема 4.3. ОЗЕРА

Озера – природні водойми, що заповнені в межах озерної улоговини водою і характеризуються сповільненим водообміном. Від річок відрізняються відсутністю течії, обумовленої похилом русла, від морів – відсутністю зв'язку з океаном. Вивчає озера наука **лімнологія**. Загальна площа всіх озер земної кулі 2,1 млн км². Найбільші озера з їхніми максимальними глибинами представлені в табл. 4.8.

Завдання 1. Побудуйте стовпчикову діаграму максимальних глибин найбільших озер земної кулі (табл. 4.8).

Таблиця 4.8.

Максимальні глибини найбільших озер земної кулі

№ п/п	Назви озер	Глибина, м	№ п/п	Назви озер	Глибина, м
1	Байкал	1620	6	Мічиган	281
2	Каспійське	1025	7	Ньяса	706
3	Верхнє	393	8	Танганьїка	1435
4	Аральське	68	9	Ладозьке	215
5	Гурон	208	10	Вікторія	80

Озера класифікують за походженням водної маси і улоговини, за хімічним складом води, характером водного балансу, ступенем розвитку органічного світу тощо.

За походженням озерні улоговини можна розділити на дві групи: ендегенні, що утворилися внаслідок дії внутрішніх сил, та екзогенні, що виникли під дією зовнішніх сил.

До **ендегенних** відносять **тектонічні**, які виникли внаслідок тектонічних рухів земної кори; та **вулканічні** – займають кратери згаслих вулканів, заглибини серед лавових полів. Тектонічні озера мають значні розміри, круті береги, великі глибини. До них відносяться найбільші озера земної кулі: Байкал, Вікторія, Танганьїка, Каспійське море тощо. Вулканічні озера поширені у районах активного давнього та сучасного вулканізму (в Ісландії, Японії, на Камчатці).

До **екзогенних** слід віднести **льодовикові**, що виникли у западинах, виораних льодовиком, або серед моренних відкладів; **карстові** – утворені при хімічному розчиненні водою вапняків, доломітів, гіпсів та інших легкорозчинних порід; **просадочно-суфозійні** – у місцях осідання при вимиванні водою дрібних частинок ґрунту; **термокарстові** – при таненні ділянок багаторічної мерзлоти; **річкові** – виникли у старих руслах (*стариці*) або у плесах пересохлих річок (*плесові*); **морські** – відшнуровані від моря *затоки, лимани, лагуни*; **еолові** – утворилися під дією вітру в долинах видування або між дюнами; **органогенні** – виникли на торфових болотах; **метеоритні**.

Виділяють також **штучні водойми** – створені людиною ставки, водосховища на річках та старі кар'єри, заповнені водою.

За походженням водної маси озера бувають **атмосферного походження** (наповнені переважно атмосферними опадами) і **морського походження або залишкові** (раніше були з'єднані з океаном, наприклад, Каспійське й Аральське моря).

З часу виникнення озера, між його водною масою, улоговиною, басейном і організмами відбувається безперервна взаємодія у вигляді складних механічних, фізико-хімічних та біологічних процесів, які змінюють початковий вигляд озера. Форма і розміри улоговин у результаті накопичення донних відкладів та переформування берегів значно змінюються у часі.

Озера відрізняються між собою за розмірами і формою. Абсолютні і відносні величини, які характеризують форму і розміри озерної улоговини та кількість води в ній, називаються **морфометричними характеристиками озера**.

Завдання 2. Визначте морфометричні характеристики озера (за вказівкою викладача): площу, довжину, середню та максимальну ширину, довжину берегової лінії, коефіцієнт порізаності берегової лінії.

- **площа** ($F_{оз}$) – площа поверхні дзеркала води. Визначається за картою за допомогою палетки або планіметра;

- **довжина** (L) – найкоротша відстань між двома найвіддаленішими точками його берегової лінії;

- **найбільша ширина** (V_{max}) – найбільший поперечник, перпендикулярний до лінії довжини озера;

- **середня ширина** (V_{cp}) – відношення площі озера до його довжини:

$$V_{cp} = \frac{F_{оз}}{L}$$

- **довжина берегової лінії** (l) – вимірюється кроком циркуля-вімірника або курвіметром уздовж урізу води;

- **коефіцієнт порізаності берегової лінії** (m) – відношення довжини берегової лінії до довжини кола, площа якого дорівнює площі озера:

$$m = \frac{l}{2\sqrt{\pi F_{оз}}}$$

Морфометричні характеристики озера змінюються відповідно до зміни рівня води. Рівень води залежить від прибутку та витрати води (водного балансу).

За водним балансом озера поділяються на *стічні, проточні і безстічні (глухі)*. **Стічні** озера втрачають воду на випаровування та на поверхневий і підземний стік. У **проточних** озерах добре простежується течія між річками, що впадають і витікають з нього. **Глухі** озера не мають ні поверхневого, ні підземного стоку, а витрачають воду лише на випаровування.

У водному балансі та режимі озер земної кулі простежується широтна зональність. У вологих районах прибуток і витрата води визначаються переважно стоком. У посушливих районах вода витрачається на випаровування, тому тут переважають глухі озера. Від співвідношення складових водного балансу залежить коливання рівнів.

Колівання рівнів води поділяють на сезонні та багаторічні. На великих озерах сезонні коливання не перевищують 1 м, багаторічні – 3-7 м. У посушливих районах малі озера пересихають.

Поряд з коливаннями рівнів, зумовлених зміною компонентів водного балансу, є коливання, що відбуваються при постійному об'ємі водної маси: *коливальні* (сейші, хвилі) і *поступальні* (течії, згони, нагони, перемішування). Під дією вітру на великих озерах можуть виникати хвилі висотою 3-5 м, згони і нагони – до 1-2 м.

Вода в озері **нагрівається** завдяки сонячній радіації, що потрапляє на його поверхню. У глибші шари тепло проникає при перемішуванні води. Витрачається тепло на випромінювання, випаровування та нагрівання повітря.

За особливостями температурного режиму озера поділяють на **тропічні, помірні та полярні**. Для тропічних озер протягом року характерна пряма стратифікація, для полярних – обернена, для помірних – зміна стратифікації протягом року.

Улітку в озерах помірної поясу температура води знижується від поверхні до дна (**пряма температурна стратифікація**). Між нагрітим верхнім шаром і холодними глибинними водами лежить шар температурного стрибка, де температура

різко знижується. Узимку в цих озерах буває **обернена стратифікація** (підвищення температури з глибиною). Навесні та восени, внаслідок перемішування води, спостерігається **гомותרмія** – однакова температура у всій товщі води.

Завдання 3. Побудуйте графік зміни температури води в озері за даними табл. 4.9. Проаналізуйте їх, визначте типи стратифікації та для якої пори року вони характерні.

Таблиця 4.9.

Температура води в озері на різних глибинах

Глибина, м	Температура, °С			Глибина, м	Температура, °С		
	1	2	3		1	2	3
0	0,0	20,0	2,0	40	2,3	8,2	4,0
10	0,6	18,0	2,5	50	2,9	6,1	4,0
20	1,3	11,3	3,0	60	4,0	5,0	4,0
30	1,3	10,7	3,8				

Восени при охолодженні поверхневих шарів до 0°C і нижче в озерах утворюється **лід**. Великі озера, внаслідок значного запасу тепла та дії вітрових хвиль, замерзають пізніше від річок. Озерний лід шаруватий, у більшості випадків нерівний, торосистий, іноді тріщинуватий.

В озерній воді завжди розчинені солі. За **солоністю** води озера поділяють на **прісні** (вміст солей до 1‰), **солонуваті** (1-24,7‰), **солоні** (24,7-47‰) і **мінеральні** (понад 47‰), а за **хімічним складом** – на **гідрокарбонатні, сульфатні і хлоридні**.

Розподіл озер за солоністю підпорядкований географічній зональності. У вологих районах озера переважно прісні гідрокарбонатні, у засушливих – солонуваті і солоні з сульфатними або хлоридними водами. Деякі з них заповнені **ропою** і солі випадають із розчину в осад (самоочищення озера).

У воді розчинені також органічні та **біогенні речовини** (азот, фосфор, залізо), **мікроелементи** (бор, фтор), **гази** (кисень, вуглекислий газ, сірководень). Мінералізація, сольовий та газовий склад озерної води змінюється залежно від погоди, клімату, температури води, біологічних та хімічних процесів, сольового обміну з дном та атмосферою.

Від режиму озер, хімічного складу та кількості води в них, а також від донних відкладів залежить кількість тварин, рослин і мікроорганізмів. За **пристосуванням до умов життя** у складі водного населення виділяють організми, що живуть на поверхні води (**нейстон**), дрібні організми, що пасивно плавають у товщі води (**планктон**), організми, що активно плавають у водній товщі (**нектон**) та організми, що мешкають на дні (**бентос**). Специфічні умови існування утворюються в літоралі і профундалі. У літоралі (на мілководді) внаслідок достатнього

освітлення, прогрівання та перемішування води, населення різноманітніше. У профундалі населення бідніше.

За умовами існування та ступенем розвитку тваринного та рослинного світу озера поділяють на **оліготрофні**, що відрізняються бідною на поживні речовини водою та слабким розвитком фауни і флори, **евтрофні** – багаті на поживні речовини, з бурхливим розвитком життя, **дистрофні** – бідні на солі, з великою кількістю шкідливих для організмів гумінових кислот, сильно зарослі, з майже відсутньою фауною.

Мул прісних озер (**сапропель**) використовується як добриво і складова частина корму для худоби. Мул мінеральних озер використовується в лікувальних заходах.

Із плином часу більшість озер заповнюються відкладами, заростають і перетворюються на **болота**. Заростання відбувається шляхом насунання периферійних зон рослинності та сплавин на глибоководну частину озера. Соляні озера при висиханні та замуленні перетворюються на **солончаки**. Замулення і зростання може порушуватись при зміні клімату, стоку і при тектонічних процесах.

Контрольні запитання:

1. *Що називається озером? У чому полягає його відмінність від річки та моря?*
2. *Які ви знаєте типи озер за походженням їхніх улоговини?*
3. *Які характеристики озер називають морфометричними і як вони визначаються?*
4. *Під впливом яких природних чинників розвивається улоговина озера?*
5. *Як поділяються живі організми озер за умовами їх існування?*
6. *Які чинники впливають на нагрівання води в озері? Як залежить їхня дія від наявності льодового покриву?*
7. *Які особливості температурної стратифікації озер арктичного, помірною та тропічного поясів?*
8. *У чому проявляються зональні особливості озер?*
9. *Як залежить солоність та хімічний склад води від водного балансу озера?*
10. *Розташуйте озера у порядку збільшення широти їх розміщення:
а) Балхаш; б) Тітікака; в) Ейр; г) Вінніпег.*
11. *Озера якого походження є наймілкішими?
а) тектонічного; б) карстового; в) морського; г) річкового.*
12. *Які озера найбільш поширені в тропічних широтах?
а) гідрокарбонатні солоні; б) гідрокарбонатні прісні;
в) сульфатні солоні; г) хлоридні прісні.*
13. *Які озера найбільш поширені в тропічних широтах?
а) стічні; б) безстічні; в) проточні; г) слабо проточні.*
14. *Яка термічна стратифікація характерна для озер восени:
а) пряма; б) обернена; в) гомотермія; г) інверсія.*

Тема 4.4. БОЛОТА

Окрім заростання озер та інших водойм, **болота** можуть утворюватися шляхом **заболочування ділянок суходолу**. Цей процес є наслідком сповільненого стоку й акумуляції (накопичення) води. Надмірна вологість, що виникає при цьому, погіршує кисневе та мінеральне живлення, порушує розклад відмерлих рослин. Відмерлі рештки консервуються гуміновими кислотами, ущільнюються та під дією бактерій і грибків перетворюються на **торф**.

Болотами вважаються не всі перезволожені ділянки суходолу, а лише ті, які мають шар торфу товщиною понад 0,3 м.

Торфоутворення відбувається здебільшого в долішньому шарі торфу. До рослин, які відіграють основну роль в утворенні торфу, належать зелені (гіпнові) та білі (сфагнові) мохи, численні види осок, очерет, аїр, рогіз; з трав'янистих – хвощі, пухівки, шейхцерія, шабельник, бобівник. Важливе місце в утворенні торфу посідають деревні породи (береза, чорна вільха, верба), та напівчагарникові (верес, лохина, багульник та ін.).

Щорічний приріст рослинного загалу, з якого утворюється торф, коливається від 10 до 25 мм і залежить від видів рослин, кліматичних умов і типу боліт. Щорічний приріст торфу становить тільки 0,5-1 мм на рік. Кольору торфу надає гумус, котрий зумовлює його основні властивості й надає м'якості. Найважливішими показниками торфу є ступінь розкладення та зольність.

Болото може **виникнути** в ялиновому лісі, коли, внаслідок вилуговування ґрунтів, з'являються мохи, які спричиняють відмирання лісу і розвиток типової вологолюбної болотної рослинності. Утворення болота може початися на лісових вирубках і згарищах завдяки ущільненню дернини, що погіршує умови фільтрації, у результаті чого виникає надмірна вологість і специфічна вологолюбна рослинність.

У зоні надмірного зволоження, де опади перевищують випаровування, частина вологи залишається у ґрунті та перезволожує його. У зоні нестійкого зволоження болота приурочені до ярів, балок, подів, блюдець. У зоні нестійкого зволоження болота зустрічаються лише у заплавах річок і в місцях виходу підземних вод.

Виділяють три **типи боліт**: **низинні, верхові та перехідні**.

Низинні болота виникають у зниженнях рельєфу та мають увігнуту поверхню. Живляться вони атмосферними опадами та багатими на поживні речовини підземними водами, тому для них характерна вибаглива до умов рослинність: чорна вільха, береза, гіпновий зелений мох, осока, очерет, хвощ тощо. Торф з таких боліт використовують як добриво. Поширені вони в поліссях і на заплавах великих річок.

Верхові болота найчастіше зустрічаються на плоских вододілах і мають випуклу поверхню. Живлення переважно атмосферними опадами, бідними на мінеральні солі, зумовлює те, що тут ростуть невибагливі до умов існування рослини: сфагнові мохи, пухівка, журавлина, пригнічена сосна тощо. Сфагнум может вбирати й утримувати води в декілька разів більше за власну вагу. Окрім того, він виділяє кислоту, за допомогою якої розкладає атмосферний пил і таким чином

отримує необхідні елементи живлення. Торф з таких боліт має меншу зольність (попільність) і його використовують переважно як паливо та хімічну сировину.

Перехідні болота за характером рослинності та живлення займають проміжне положення між зазначеними вище основними типами.

Завдання 1. Заповніть таблицю 4.10, порівнявши низинні та верхові болота за такими ознаками: висотне положення і рельєф; форма поверхні; живлення; рослинність; зольність і використання торфу.

Таблиця 4.10.

Порівняльна характеристика основних типів боліт

	<i>Низинні болота</i>	<i>Верхові болота</i>
<i>Висотне положення і рельєф</i>		
<i>Форма поверхні</i>		
<i>Живлення</i>		
<i>Типова рослинність</i>		
<i>Зольність торфу</i>		
<i>Використання торфу</i>		
<i>Інші відмінності</i>		

Дуже часто у процесі **еволюції** відбувається перетворення низинних боліт на перехідні, а потім на верхові у результаті інтенсивнішого заростання та накопичення торфової маси у центральній частині болота.

У болотних масивах 87-97% маси становить вода, значна частина якої перебуває у зв'язаному стані. Вільна вода заповнює капіляри та порожнини торфу й утворює струмки, озерця, трясовини (**внутрішньоболотну гідрографічну мережу**). Верхній шар має високу водопровідність і називається **активним (діяльним)**; нижній шар є **інертним**.

За **хімічним складом** води, що надходить, болота поділяються на: **оліготрофні**, вода яких, а в зв'язку з цим і торф, що на них утворюється, характеризуються малим вмістом мінеральних солей (зольність торфу зазвичай менша 5%); **мезотрофні** – перехідні між оліготрофними і евтрофними (зольність торфу 4-8%); **евтрофні** – зі значним умістом мінеральних солей (зольність торфу 8-17%); **алкалітрофні** – з надмірним вмістом мінеральних солей, зокрема карбонатів (зольність торфу 18-40% і більше).

Болота займають на земній кулі близько 350 млн га., з них близько 50 % – торфові з глибиною торфу більше ніж 0,5 м. Болота, в основному, зосереджені в Північній півкулі Землі. 73% площі і близько 60% світових запасів торфу припадає на північну частину Євразії. У поширенні боліт простежується широтна зональність: у зонах тундри та лісотундри болота займають 70% їх площі, у зоні лісів – до 30%, у лісостеповій – 4%, а у степовій – лише 2%. Найбільші території, зайняті болотами зосереджені в Білорусі, Канаді, Фінляндії, США, росії.

Завдання 2. Скориставшись фізичними картами окремих материків, позначте на контурній карті світу найбільші території, зайняті болотами.

В Україні болота займають понад 1 200 тис. га з запасами повітряно-сухого торфу більш як 3 млрд тон.

Болота мають велике значення для гідросфери та всієї географічної оболонки. Вони нагромаджують вологу та тим підтримують рівень води в озерах, ставках і криницях. Болота – складні природні лабораторії, природні фільтри. Із боліт з каламутною рідиною вода витікає чистою та дає початок струмкам і річкам. Болота зменшують посухи у прилеглий місцевості. Вони є раєм для своєрідних болотних рослин і тварин. Там ростуть ягідні та лікарські рослини, живуть цінні хутрові звірі – бобри, ондатри, нутрії, гніздяться сотні видів птахів. У болотах утворюється цінна корисна копалина – торф, яка має широке застосування. Найперше, його використовують як паливо. Шляхом хімічної переробки з торфу виробляють добрива, барвники, целюлозу і навіть ліки.

Тривалий час люди намагалися **осушувати** болота. Проте це нерідко призводить до негативних наслідків: знижується рівень ґрунтових вод, виникають пилові бурі, перестає утворюватися торф, зникають болотні рослини і тварини. Тому осушення боліт і використання їх під посіви сільськогосподарських культур не завжди є виправданим.

Контрольні запитання

1. Що називається «болотом», «заболоченими землями»?
2. Якими шляхами виникають болота?
3. Які умови необхідні для утворення боліт?
4. Як поділяють болота за характером живлення і рослинності?
5. Чому низинні болота багаті на вибагливу рослинність?
6. В яких районах земної кулі поширені болота?
7. Яка користь від боліт? Чи потрібно їх повсюдно осушувати?
8. Як сучасні зміни клімату впливають на стан боліт?
9. Для яких боліт характерні осоки, зелені мохи, рогіз?
а) низинних; б) перехідних; в) верхових; г) місцевих.
10. Які болота переважають на Чернігівщині?
а) низинні; б) перехідні; в) верхові; г) місцеві.
11. Торф з яких боліт має зольність 3-4%?
а) низинних; б) перехідних; в) верхових; г) місцевих.
12. Яка з низовин є найбільш заболоченою?
а) Причорноморська; б) Месопотамська;
в) Прикаспійська; г) Західносибірська.
13. Який об'єм води (у км³) зосереджений у болотах?
а) 1150; б) 2120; в) 12900; г) 176400.

Тема 4.5. ЛЬОДОВИКИ

У полярних широтах – на рівні моря, а в широтах з теплішим кліматом – високо у горах, гідросфера представлена снігами та льодовиками. Область земної кулі, де знаходяться льодовики та багаторічні сніги, називається **хіоносферою (кріосферою)**.

Межі її визначаються балансом вологи і тепла. Нижня межа хіоносфери (її називають **сніговою лінією**) – це область рівноваги або нульового балансу, де прибуток твердих опадів дорівнює їх витраті на танення та випаровування. Вище снігової лінії твердих опадів випадає більше, ніж за цей час їх встигає розтанути та випаруватися, тобто спостерігається позитивний баланс твердих опадів.

Коли снігова лінія залежить від кліматичних умов, вона називається **кліматичною**, коли визначається особливостями рельєфу – **орографічною**. Нижче снігової лінії сніг буває періодично (в теплу пору року), вище – постійно, оскільки відбувається безперервне накопичення снігу. Накопичення снігу йде до певної висотної межі, після якої знову настає рівновага прибутку та витрати твердих опадів, зумовлена зменшенням кількості опадів і вологості повітря у верхній тропосфері (верхня межа хіоносфери).

Завдання 1. Побудуйте графік залежності прибутку та витрати опадів від висоти над рівнем моря (табл. 4.11). Масштаби для побудови: горизонтальний – в 1 см 200 мм; вертикальний – в 1 см 1000 м. Проведіть на графіку лінії нульового балансу твердих опадів (верхню та нижню межі хіоносфери). Визначте потужність хіоносфери.

Таблиця 4.11.

Баланс твердих опадів на різних висотах

Кількість твердих опадів, мм	Висота над рівнем моря, м								
	0	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	8000
Випадають	25	50	100	150	200	225	250	225	125
Встигають розтанути і випаруватись	2000	1000	500	300	200	125	75	50	15

Примітка: лінії нульового балансу твердих опадів проходять через точки перетину обох кривих на графіку.

У полярних районах снігова лінія розміщена практично на рівні моря внаслідок низьких температур повітря (табл. 4.12). На екваторі вона лежить на висоті

приблизно 4900 м. У субтропіках снігова лінія проходить найвище – на висоті 6400 м, що зумовлено сухістю повітря. Значний вплив на розміщення снігової лінії має різноманітність форм рельєфу та орієнтація гірських хребтів відносно руху повітряних мас. Висота снігової лінії на тих самих широтах різниться у Північній та Південній півкулях.

Завдання 2. Побудуйте графік висоти снігової лінії на різних широтах земної кулі (табл. 4. 12). Поясніть відмінності висотного положення снігової лінії у тропічних і екваторіальних широтах та у Північній і Південній півкулях. Масштаб горизонтальний – в 1 см 10⁰ широти; вертикальний – в 1 см 500 м.

Таблиця 4.12.

Висота снігової лінії на різних широтах земної кулі

Широта	Висота снігової лінії, м		Широта	Висота снігової лінії, м	
	Північна півкуля	Південна півкуля		Північна півкуля	Південна півкуля
90-80	650	0	40-30	4900	3200
80-70	790	0	30-20	5250	5300
70-60	1150	0	20-10	5475	5780
60-50	2500	890	10-0	4075	4720
50-40	3170	1700			

Розвантаження накопиченого снігу відбувається постійно шляхом утворення льодовиків або лавин. **Лавини** – це значні снігові маси, які раптово зриваються з похилої поверхні гірських схилів, захоплюючи за собою нові маси снігу. Лавини мають величезну швидкість (80-120 м/с) і можуть завдавати значних руйнувань та людських жертв. Лавини бувають мокрими і сухими. В Україні вони утворюються у Карпатах та Гірському Криму.

Льодовики – це великі маси льоду з постійним закономірним рухом, які розміщені переважно на суходолі, існують тривалий час, мають певну форму та значні розміри. Для утворення й існування льодовика потрібні певні **умови**: холодний клімат з від'ємними середніми температурами зими та літа, тверді опади, ввігнуті форми рельєфу.

У міру накопичення снігу його нижні шари під тиском верхніх шарів та у результаті періодичного (протягом доби) підтавання та замерзання перетворюються на **фірн** (зернистий лід), а далі на чистий прозорий лід блакитного кольору – **глетчер**.

Важливе значення при утворенні льодовика має здатність льоду до **режеляції** (змерзання окремих брил при стисканні) і текучості. Середня швидкість руху льодовиків 0,5 м/добу. Під час руху в льодовику утворюються поперечні та поздовжні тріщини.

У будові льодовика виділяють *зону живлення* і *зону стоку (язика)*. Втрата речовини льодовика відбувається внаслідок обвалів, здування і абляції (танення та випаровування).

Розрізняють основні **типи льодовиків**: **покривні (материкові), гірсько-покривні та гірські**.

Покривні (материкові) льодовики характеризуються великими розмірами, пласковипуклою формою, яка не залежить від підстильного рельєфу. Абляція незначна. Витрачання речовини відбувається за рахунок обвалу периферійних частин льодовика у море або океан (утворення *айсбергів*). Покривні льодовики поділяються на *льодовикові куполи* (випуклі льодовики товщиною до 1000 м); *льодовикові щити* (великі випуклі льодовики товщиною понад 1000 м і площею більше 50 тис. км²); *вивідні льодовики* (швидко рухаються і через які відбуваються витрати льоду покривних льодовиків. Вивідні льодовики зазвичай закінчуються в морі, утворюючи плаваючі льодовикові язика, що дають початок численним айсбергам невеликого розміру); *шельфові льодовики* – периферійні частини льодовиків, які зазвичай є продовженням наземного льодовикового покриву над поверхнею води, рідше утворюються шляхом нагромадження снігу на морському льоді й за допомогою цементування снігом і льодом скупчень айсбергів. Шельфові льодовики поширені майже винятково в Антарктиці, де займають площу близько 1460 тис. кв. км. Найбільші шельфові льодовики – Росса та Фільхнера-Ронне.

Гірські льодовики мають відносно малі розміри, чітко виражену межу між зоною живлення та розвантаження, спрямований лінійний рух; їхня форма залежить від характеру заглиблення рельєфу. Рекордсменом щодо довжини є льодовик Беринга на Алясці завдовжки 220 км. Швидкість руху гірських льодовиків – від 20 см до 3 м на добу. Залежно від положення, гірські льодовики поділяють на *вершинні, схиліві і долинні*. Багато з них характеризуються підвищеною рухливістю, швидкість переміщення донизу деяких з них становить 50-200 м у рік. *Пульсуючими* називають льодовики, характерні своїми раптовими посуваннями, без видимою зв'язку зі змінами клімату.

У льодовиках зосереджено близько 80% прісної води Землі. Вони вкривають 16,3 млн км² суходолу (10,5%). Найбільшу площу мають льодовикові покриви Антарктиди (13,8 млн км²), Гренландії (1,7 млн км²), а також островів Північного Льодовитого океану.

Завдання 3. Нанесіть на контурну карту світу області розповсюдження сучасних льодовиків.

Льодовики відіграють велику роль у географічній оболонці. Вони істотно впливають на рельєф, кліматичні та погодні умови Землі. Завдяки їм утворюються моренні відклади, гострі гребені гір та інші характерні форми рельєфу. Льодовики живлять чистою водою численні ріки, які беруть початок з гір.

Одним із наслідків сучасних змін клімату стало прискорене танення льодовиків, насамперед гірських.

Контрольні запитання

1. Що називається хіоносферою та які чинники визначають її межі?
2. Що називається "сніговою лінією" і від чого залежить її висота?
3. Що називається льодовиком? Як він формується і з яких частин складається?
4. Які ви знаєте основні типи льодовиків? Назвіть їхні відмінні риси.
5. Назвіть райони найбільшого зледеніння на земній кулі.
6. До яких наслідків може призвести часткове або повне танення льодовиків?
7. В яких широтах снігова лінія лежить найвище:
а) екваторіальних; б) тропічних; в) помірних; г) полярних.
8. Скільки води зосереджено в льодовиках?
а) 2 тис. км³; б) 24 тис. км³; в) 2 млн км³; г) 24 млн км³
9. Як називається багаторічний материковий лід?
а) фірн; б) наст; в) пак; г) глетчер.
10. Для яких льодовиків характерна чітка межа між зоною живлення і зоною стоку?
а) материкових; б) гірських; в) вивідних; г) шельфових.
11. Які льодовики є постачальниками айсбергів у вигляді льодових островів?
а) шельфові; б) льодовикові куполи; в) вивідні; г) льодовикові щити.
12. Розташуйте гірські вершини у порядку збільшення пересічної висоти снігової лінії на їх схилах:
а) Ельбрус; б) Аконкагуа; в) Мак-Кінлі (Деналі); г) Камерун.

Теми реферативних повідомлень до розділу

1. Використання підземних вод.
2. Екологічний стан ґрунтових вод Чернігівщини.
3. Рекорди річок світу.
4. Водоспади як об'єкти туризму.
5. Проблеми малих річок України.
6. Господарське використання річок.
7. Аральське море як приклад екологічної катастрофи.
8. Водосховища: позитивні та негативні наслідки створення.
9. Найбільші болотні масиви світу.
10. Господарське використання боліт.
11. Використання боліт для розвитку туризму.
12. Проблеми та наслідки осушення боліт.
13. Дослідження льодового покриву на станції Академік Вернадський.
14. Сучасний стан льодовиків під впливом зміни клімату.
15. Наслідки танення льодовиків для географічної оболонки.

СЛОВНИК ОСНОВНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ТЕРМІНІВ

Аберация світла – уявне відхилення випромінювання зірок, що призводить до уявного переміщення їх на небесній сфері.

Абсолютна вологість - вміст водяної пари в одиниці об'єму повітря.

Агонічна лінія – лінія нульового магнітного схилення; поділяє Землю на півкулі східного і західного схилень.

Адіабатичні процеси – процеси, при яких зміни температури повітря (або іншої речовини) відбуваються за рахунок перетворення кінетичної та потенціальної енергії цього повітря у теплову енергію і навпаки без теплообміну з навколишнім середовищем.

Азимут – кут між меридіаном даного пункту (напрямом на північ) і напрямом на предмет, відрахований за годинниковою стрілкою (від 0° до 360°).

Альbedo – відношення інтенсивності відбитої радіації до сумарної, виражене у відсотках або у частках одиниці.

Амплітуда – це різниця максимального (найбільшого) і мінімального (найменшого) значень.

Антициклон – низхідний атмосферний вихор із високим тиском у центрі і циркуляцією повітря від центру до периферії за годинниковою стрілкою у північній півкулі і проти годинникової стрілки - у південній.

Астрономічна одиниця (а. о.) – середня відстань від Землі до Сонця (149,6 млн. км); використовується для вимірювання порівняно невеликих відстаней у Космосі.

Атмосфера – це газова оболонка, що оточує земну кулю, утримується силою її тяжіння і обертається разом із Землею як єдине ціле.

Атмосферний фронт – зона різких контрастів температури, тиску, характеристик вологості та вітру, що виникають на межі повітряних мас різного типу.

Атмосферний тиск – сила, з якою повітря тисне на земну поверхню і всі предмети.

Атмосферні опади – вода у рідкому (дощ, мряка) або твердому (сніг, град, снігова та льодяна крупа) стані, що випадає з хмар на поверхню Землі.

Афелій – найвіддаленіша від Сонця точка земної орбіти (152 млн. км).

Баричне нівелювання – визначення різниці висот двох рівнів за різницею атмосферного тиску на них.

Баричне поле – розподіл атмосферного тиску на земній поверхні та з висотою.

Баричний ступінь – висота, на яку треба піднятися або опуститися, щоб атмосферний тиск змінився на одиницю вимірювання.

Вертикальний баричний градієнт – зміна атмосферного тиску на кожні 100 м висоти.

Випаровуваність – потенційно можливе випаровування, не обмежене запасами вологи.

Випаровування – це фізичний процес переходу води з рідкого стану в газоподібний.

Відносна вологість – це виражене у відсотках відношення фактичної пружності водяної пари до пружності насичення за даної температури.

Вітер – горизонтальне переміщення повітря з області підвищеного тиску в область зниженого тиску.

Вологість повітря – вміст водяної пари у повітрі.

Всесвіт – увесь існуючий матеріальний світ, безкінечний у просторі і часі та безмежно різноманітний за формами, що набуває матерія у процесі свого розвитку.

Галактики – системи, що складаються з мільйонів або мільярдів зірок.

Галактичний рік – період, за який Сонячна система робить повний оберт навколо ядра галактики, і становить 250 млн. р.

Геоїд (землеподібний) – справжня форма Землі, властива лише нашій планеті; її поверхня у кожній точці перпендикулярна до сили тяжіння.

Геострофічний вітер – прямолінійний рівномірний рух повітря поза шаром тертя (вище 1-1,5 км).

Градiєнтний вітер – рівномірний рух повітря за коловими траєкторіями без впливу тертя.

Гетеросфера – шар атмосфери вище 100 км, у якому співвідношення вмісту кисню й азоту порушується.

Гомосфера – нижній шар атмосфери до висоти 95-100 км, у якому співвідношення вмісту азоту і кисню є сталим.

Горизонтальний баричний градиєнт – зміна атмосферного тиску на кожні 100 км відстані.

Гравітаційна аномалія – різниця між фактичним та теоретичним значенням сили тяжіння.

Градiєнт вологоадіабатичний – зміна температури при піднятті насиченого повітря (пересічно $0,6^{\circ}\text{C}$ на кожні 100 м).

Градiєнт сухоадіабатичний – зміна температури при піднятті або опусканні ненасиченого повітря (1°C на кожні 100 м).

Градусна сітка – системи паралелей і меридіанів.

Дефіцит вологості – кількість водяної пари, якої не вистачає до повного насичення повітря за даної температури.

Доба зоряна – період, за який Земля обертається навколо своєї осі, і становить 23 год. 56 хв. 4 с.

Доба сонячна – це проміжок часу, за який Земля обертається навколо осі відносно Сонця.

Екліптика – площина, у якій лежить земна орбіта.

Еліпсоїд – форма Землі, витягнута на екваторі і сплюснута на полюсах внаслідок осьового обертання та відцентрової сили, що виникає при цьому.

Заморозки – зниження температури повітря до 0°C і нижче на фоні загальних позитивних температур.

Ізаномали – лінії однакових відхилень температури від середніх широтних значень.

Ізобари – лінії, що з'єднують точки з однаковим атмосферним тиском.

Ізобаричні поверхні – уявні поверхні, що з'єднують точки з однаковим атмосферним тиском.

Ізогісти – лінії однакових сум опадів за певний період.

Ізогіпси – лінії, що з'єднують точки з однаковими висотами ізобаричних поверхонь.

Ізогони – лінії, що з'єднують точки з однаковими значеннями магнітного схилення.

Ізоклини – лінії, що з'єднують точки з однаковими значеннями магнітного нахилення.

Ізотерми – лінії, що з'єднують точки з однаковими значеннями приземної температури повітря.

Ізотермія – сталість температури з висотою.

Інверсія – підвищення температури повітря з висотою.

Іній – тонкий шар кристаликів льоду на горизонтальних поверхнях, який треба зішкряпати; є наслідком сублімації на підстилаючій поверхні.

Інсоляція – це кількість сонячної радіації, що потрапляє на 1 см² абсолютно чорної поверхні, при довільному куті падіння сонячних променів, за одну хвилину.

Інтенсивність сонячної радіації – кількість тепла, що потрапляє на 1 см² абсолютно чорної поверхні, перпендикулярної до сонячних променів, за одну хвилину.

Іоносфера – шар від 60 до 400 км, у якому відносно висока концентрація додатних іонів та вільних електронів.

Кардіоїд (серцеподібний) – форма Землі, що враховує невеликі сплющення в екваторіальних, помірних та полярних широтах.

Клімат – багаторічний режим погоди, зумовлений сонячною радіацією, характером підстильної поверхні та циркуляцією атмосфери.

Кліматичний фронт – середнє багаторічне положення головного фронту між двома повітряними масами.

Коефіцієнт прозорості атмосфери – частка радіації, доходить до земної поверхні порівняно із сонячною сталою.

Конденсація – перехід води із газоподібного стану (водяна пара) у рідкий (вода).

Корпускулярна радіація – це потік електрично заряджених елементарних частинок (електронів і протонів), які надходять від Сонця.

Кульмінація Сонця (нижня) – північ, є початком доби.

Кульмінація Сонця (верхня) – полудень, найвище положення Сонця на небосхилі.

Лінія зміни дат – 180-ий меридіан, на якому опівночі за місцевим часом починається новий календарний день.

Магнітне нахилення – це кут між вільно підвішеною стрілкою компаса і земною поверхнею.

Магнітне схилення – це кут між магнітним меридіаном (стрілкою компаса) і географічним меридіаном.

Магнітосфера – найпротяжніша з оболонок Землі, яка є результатом взаємодії магнітного поля Землі з «сонячним вітром».

Макроклімат – кліматичні умови великих територій.

Меридіани – це уявні лінії, утворені при перетині земної поверхні площинами, що проходять через земну вісь.

Мікроклімат – особливості кліматичних умов невеликих територій, зумовлені впливом місцевих факторів (рельєфу, крутизни й експозиції схилів, рослинного покриву тощо).

Місяць – єдиний природний супутник Землі, що обертається навколо неї по еліптичній орбіті проти годинникової стрілки.

Місячні вузли – точки перетину площин орбіт Землі і Місяця.

Мусони екваторіальні (тропічні) – сезонні вітри, що змінюють свій напрям двічі на рік завдяки різному нагріванню протягом року північної і південної півкуль.

Мусони класичні (позатропічні) – сезонні вітри, що змінюють свій напрям двічі на рік внаслідок неоднакового нагрівання води і суходолу протягом року.

Напруга – характеристика сили магнітного поля, яка визначається кількістю коливань стрілки компаса за одиницю часу.

Нейтросфера – шар атмосфери до висоти приблизно 70 км, у якому переважають нейтральні молекули газів повітря.

Об'ємна теплоємність – це кількість тепла, необхідна для нагрівання 1 см³ речовини на 1⁰С.

«Озонові дірки» – області зменшення концентрації озону у полярних широтах.

Озоносфера – шар атмосфери від 10 до 50 км, де зосереджений озон.

Оклюзія – поступове злиття теплового і холодного фронтів і їх хмарних систем.

Оптична маса – це потужність атмосфери виражена не в кілометрах, а порівняно з найкоротшим шляхом, яку проходять сонячні промені при зенітальному (під кутом 90⁰) положенні Сонця.

Паморозь – пухкі голкоподібні кристали на гілках дерев, дротах, що легко струшуються.

Паралакс зірок річний – відносне зміщення положення зірок на небесній сфері при спостереженні їх з протилежних точок орбіти.

Паралелі – це уявні лінії, утворені при перетині земної поверхні площинами, перпендикулярними до земної осі.

Парниковий ефект – здатність атмосфери завдяки наявності у ній водяної пари, вуглекислого газу, озону та інших малих складових пропускати короткохвильову радіацію Сонця і затримувати довгохвильову радіацію Землі.

Пасати – постійні вітри, що дмуть від тропічної смуги високого тиску до екватору, де тиск низький, і мають північно-східний напрям у північній півкулі і південно-східний – у південній.

Перигелій – точка на земній орбіті, в якій відстань від Землі до Сонця найменша (147 млн. км).

Погода – фізичний стан нижньої тропосфери у даному місці на певний момент або проміжок часу.

Полюси магнітні – точки перетину осі диполя із земною поверхнею.

Полюси географічні – точки перетину осі обертання із земною поверхнею.

Полярні кола – паралелі $66^{\circ}33'$ обох півкуль, на яких Сонце одну добу на рік не заходить за горизонт і одну добу не з'являється над ним.

Прецесія – конусоподібні рухи, які описує земна вісь північним і південним кінцями завдяки притяганню Місяця і Сонця.

Припливне тертя – виникає завдяки значному притяганню Місяця й поступово уповільнює осьове обертання Землі.

Прогноз – науково аргументоване передбачення, що дає випереджаючу інформацію про розвиток явищ чи процесів у майбутньому.

Променева радіація (світло) – це електромагнітне випромінювання Сонця, яке поширюється зі швидкістю 300 000 км/с.

Пружність водяної пари – парціальний тиск, що чинить водяна пара на всі поверхні у складі атмосферного тиску.

Пружність насичення – пружність водяної пари, максимально можлива за даної температури.

Пряма радіація – це сонячна радіація, яка надходить до земної поверхні від Сонця та навколосонячної зони у вигляді паралельних променів.

Радіаційний баланс – різниця між прибутком і витратою радіації.

Радіаційні пояси – захоплена корпускулярна радіація Сонця, що концентрується на деяких висотах.

Рівень конденсації (сублімації) – висота, піднявшись до якої повітря стає насиченим і починається конденсація (сублімація).

Рівняння часу – різниця середнього і справжнього сонячного часу.

Рідкий наліт – тонка плівка води, що виникає внаслідок конденсації на підстилаючій поверхні.

Рік зоряний (сидеричний) – повний оберт Землі по своїй орбіті, який вона робить за 365 днів 6 год. 9 хв. 3,6 с.

Рік тропічний – період між двома послідовними проходженнями Землею точки весняного рівнодення.

Розсіяна радіація – та, що надходить до земної поверхні від усіх точок небосхилу, крім Сонця та навколосонячної зони, у вигляді променів різних напрямків.

Роса – дрібні краплинки води, що виникають внаслідок конденсації на підстилаючій поверхні.

Серпанок – сукупність завислих у повітрі дрібних краплинок води або кристаликів льоду, що зумовлює помутніння атмосфери і зменшення дальності видимості, але більше 1 км.

Сидеричний або зоряний місяць – період, за який Місяць здійснює повний оберт навколо Землі (відносно якоїсь зірки).

Сизигія – положення, коли Сонце, Земля і Місяць вишиковуються на одній лінії, яка співпадає з місячними вузлами.

Сила Коріоліса – уявне відхилення тіл, що рухаються над земною поверхнею, у північній півкулі праворуч, а у південній – ліворуч.

Синодичний (сонячний) місяць – проміжок часу між послідовними однаковими фазами Місяця.

Синоптична метеорологія – наука, що вивчає умови формування і зміни погоди та її прогнозування.

Смерч – дрібномасштабний атмосферний вихор із низьким тиском у центрі.

Сонце – жовта зірка середньої величини та світимості, навколо якої обертаються всі тіла Сонячної системи.

Сонячна активність – періодичні та неперіодичні зміни інтенсивності випромінювання Сонця.

Сонячна стала – інтенсивність сонячної радіації на верхній межі атмосфери (у середньому становить $1,98 \text{ кал/см}^2\text{хв.}$).

«Сонячний вітер» – корпускулярні частинки, що поступають від Сонця.

Сонячні плями – відносно холодні ділянки фотосфери, які можуть існувати від кількох годин до кількох місяців.

Стокові вітри – сильні вітри на периферії Антарктичного максимуму.

Стратифікація – стан атмосфери, зумовлений вертикальним розподілом температури (стійкий, нестійкий і байдужий).

Сублімація – перехід води із газоподібного стану у твердий (лід), минуючи рідкий стан.

Сузір'я – системи з 2-10 зірок, що обертаються навколо спільного центру.

Сумарна радіація – сонячна радіація, що доходить до земної поверхні у вигляді прямої та розсіяної.

Схилення Сонця – кут між сонячним промінням та площиною екватора.

Температура – характеристика теплового стану речовини, що визначається як ступінь відхилення теплового стану цієї речовини від теплової рівноваги криги, яка тоне при атмосферному тиску 760 мм рт. ст.

Тепловий баланс – алгебраїчна сума теплових потоків, що показує, на які процеси витрачається надлишок тепла, якщо радіаційний баланс додатний, і за рахунок яких процесів відновлюється нестача тепла, якщо радіаційний баланс від'ємний.

Термічний екватор – лінія, що з'єднує точки з найвищими середніми річними температурами на кожному меридіані.

Точка роси – температура, за якої повітря досягає стану насичення за даної пружності водяної пари і атмосферному тиску.

Трансформація – поступова втрата повітряною масою попередніх властивостей і набуття нових при переміщенні у райони з іншими ознаками (в інші широти, або з океану на материк чи з материка на океан).

Тромб – дрібномасштабний атмосферний вихор із низьким тиском у центрі у степу або напівпустелі.

Тропіки – це паралелі $23^{\circ}27'$ обох півкуль, на яких Сонце буває в zenіті один раз на рік.

Туман – сукупність завислих у повітрі дрібних краплинок води або кристаликів льоду, що зумовлює помутніння атмосфери і зменшення дальності видимості до 1 км і менше.

Фази Місяця – видимі з Землі форми Місяця.

Хемосфера – шар атмосфери від стратосфери до термосфери, що характеризується наявністю активних фотохімічних реакцій.

Хмари – сукупність завислих у повітрі продуктів конденсації та сублімації водяної пари – краплинок води, кристаликів льоду або їх суміші.

Хмарність – ступінь покриття неба хмарами, що визначається у балах за 10-бальною шкалою.

Хромосферні спалахи – дуже потужні раптові збільшення яскравості, які повільно послаблюються.

Циклон – великий висхідний атмосферний вихор із замкненою областю зниженого тиску в центрі та системою вітрів, що дмуть від периферії до центру проти годинникової стрілки в Північній півкулі і за годинниковою стрілкою – у Південній.

Час всесвітній – місцевий час нульового (грінвіцького) меридіана.

Час декретний – переведення стрілки годинника на 1 год. вперед; в Україні відмінений.

Час літній – переведення навесні стрілки годинників на 1 год. вперед проти поясного часу, а восени – назад.

Час місцевий – зоряний і сонячний час певного пункту; однаковий для усіх пунктів, що лежать на одному меридіані.

Час поясний – час часового поясу; встановлюється за місцевим часом серединного меридіану.

Ядра конденсації (сублімації) – найдрібніші тверді частки (аерозолі) або краплини кислот, розчинів солей.

СЛОВНИК ОСНОВНИХ ГІДРОЛОГІЧНИХ ТЕРМІНІВ

Абісаль – область найбільших морських глибин (понад 4000 м), що відповідає ложу Світового океану.

Абісальні плоскі рівнини – глибоководні рівнинні ділянки дна, сформовані накопиченням донних відкладів, які потужною товщею перекривають нерівності рельєфу фундаменту.

Абляція – втрата речовини льодовика внаслідок танення та випаровування.

Айсберги – уламки криги, які відділяються від льодовиків і потрапляють у Світовий океан. Біля берегів Антарктиди мають форму льодових островів, айсберги гренландського походження мають пірамідальну форму.

Акваторія – ділянка водної поверхні у визначених межах (подібно до території на материках).

Акваторіальний комплекс – частина Світового океану певного рангу, яка виділяється подібно до того, як вирізняють природно-територіальні комплекси на суходолі.

Алкалітрофні болота – болота з надмірним вмістом мінеральних солей, зокрема карбонатів (зольність торфу 18—40% і більше).

Анемобаричні хвилі – хвилі, які виникають унаслідок зміни атмосферного тиску.

Апвелінг – швидке підняття глибинних вод на поверхню.

Артезіанські води – напірні міжпластові води, які при розкритті свердловинами піднімаються вище кривлі водоносної товщі і при цьому фонтанують.

Басейн річки – територія, на якій знаходиться річкова система, обмежена вододілами.

Батіаль – область існування живих організмів, розташована на материкових схилах на глибинах 200...2000 м.

Бентос – сукупність живих організмів, які живуть на дні та в донних відкладах, здебільшого на мілководді. Він також поділяється на *зообентос* і *фітобентос*.

Бровка – більш-менш різкий уступ дна, яким шельф відокремлюється від материкового схилу.

Бароградієнтні течії – течії, зумовлені різницею атмосферного тиску, яка призводить до різниці рівнів води.

Біологічна продуктивність – властивість живих організмів утворювати, перетворювати і нагромаджувати органічну речовину. Біопродуктивність аналогічна поняттю «урожайність».

Біомаса – кількість речовини живих організмів, нагромаджена на будь-який момент часу, і виражена в одиницях маси на одиницю площі або об'єму.

Бухта – невелика затока, чітко відділена мисами або островами від океану чи моря, добре захищена від вітрів, тому часто використовується для облаштування портів.

Важка вода – ізотопна сполука, в якій один або обидва атоми водню (Гідрогену) заміщені дейтерієм і властивості якої суттєво різняться від властивостей звичайної води.

Велике коло кругообігу – крім Світового океану й атмосфери включає також і поверхню суходолу: вода, що випарувалася з океану, у вигляді опадів випадає на суходіл і формує поверхневий та підземний стік, у процесі якого повертається знову у Світовий океан.

Величина припливу – різниця рівнів між повною і малою водою.

Верхові болота – болота, які найчастіше зустрічаються на плоских вододілах і мають випуклу поверхню, живляться переважно атмосферними опадами, бідними на мінеральні солі.

Верховодка – підземні води зони аерації, які залягають вище рівня ґрунтових вод над лінзами водотривких порід.

Вершина гребеня – найвища частина хвилі.

Вивідні льодовики – льодовики, що швидко рухаються і через які відбувається витрата льоду покривних льодовиків.

Витік – місце на земній поверхні, звідки починається (бере початок) річка.

Витрата – це кількість води, яка проходить через площу поперечного перерізу водоносного шару (для підземних вод) або потоку (для річок) за одиницю часу.

Водна маса – порівняно великий об'єм води, що формується у певному районі Світового океану, має впродовж тривалого часу стійкі фізичні (температура, прозорість, колір, густина), хімічні (солоність, вміст газів) та біологічні властивості і рухається як єдине ціле в загальній циркуляції води.

Водний режим річки – закономірна послідовна зміна рівнів води.

Водовіддача – здатність водонасиченої породи віддавати воду, яка вільно стікає під дією сили тяжіння.

Вододіл – уявнелінія на земній поверхні, яка проходить по підвищеннях рельєфу і ділить стік атмосферних опадів по двох протилежних схилах.

Водозбір – частина земної поверхні (територія), з якої річка або річкова система збирає води.

Водопроникність – здатність породи пропускати крізь себе воду.

Водоспад – падіння води з високого виступу в руслі (річищі) річки.

Вологість ґрунту – кількість води, що утримується в ґрунті на певний момент часу.

Вологоємність – здатність породи вбирати і утримувати певну кількість води.

Вулканічні озера – озера, які займають кратери згаслих вулканів, заглибини серед лавових полів.

Гайоти – численні поодинокі підводні гори з плоскими вершинами, переважно вулканічного походження.

Гейзер – джерело, що періодично фонтанує гарячою водою та парою і є одним із проявів пізніх стадій вулканізму.

Гирло – місце впадіння річки в водойму або іншу річку.

Гігроскопічні води – вид підземних вод, які обволікають (повністю або частково) часточки породи шаром в одну молекулу.

Гідравлічний градієнт (нахил) – відношення напору підземних вод до довжини потоку.

Гідравлічний радіус – відношення площі поперечного перерізу фільтраційного (водоносного) шару до змоченого периметра.

Гідрографічна мережа (сітка) – усі річки, озера, болота певної території.

Гідрограф стоку – графік коливання витрат води протягом року.

Гідрологічний фронт – вузька смуга розмежування різних водних мас або океанічних течій з різкими контрастами температури, солоності, густини, та інших океанографічних характеристик.

Гідросфера – водна оболонка Землі – це усі хімічно не зв'язані води, що є на поверхні та у товщі земної кори, незалежно від їх агрегатного стану.

Гідротерми (англ.thermal springs) – гарячі водні розчини в надрах Землі, що утворюються в процесі застигання магми, видалення води з мінералів під час їхньої перекристалізації тощо; приурочені до рифтових зон.

Глетчер – чистий прозорий багаторічний материковий лід блакитного кольору.

Глибоководні жолоби – це глибокі (понад 6000 м) вузькі западини з крутими схилами і пласким дном, у яких залягає потужна товща осадових відкладів.

Гляціологія – наука, яка вивчає льодовики.

Годограф (єпюра швидкостей) – крива розподілу швидкості течії річки по вертикалі.

Гомотермія – тип термічної стратифікації, при якому спостерігається однакова температура у всій товщі води.

Гравітаційні води – вид підземних вод, які підпорядковані виключно силі гравітації.

Гребінь – частини хвилі, що лежить вище рівневої поверхні.

Губа – поширена на півночі Євразії назва затоки, яка глибоко врізається в суходіл.

Густинні течії – течії у Світовому океані, зумовлені нерівномірним розподілом густини води.

Грунтова волога – підземні води, близькі за властивостями до верховодки, які живлять рослини, особливо в посушливі періоди.

Грунтові води – гравітаційні води першого від поверхні водоносного горизонту.

Дельта – низовинна акумулятивна рівнина в гирлі річки у формі трикутника, що нагадує грецьку літеру Δ .

Джерело – природний вихід підземних вод на поверхню.

Дзеркало – поверхня ґрунтових вод.

Дигідролі – агрегати з двох молекул води.

Динамічна вісь потоку – уявна лінія, яка з'єднує точки з максимальними швидкостями течії річки по всіх перерізах уздовж потоку.

Дистрофні озера – озера, бідні на солі, з великою кількістю шкідливих для організмів гумінових кислот, сильно зарослі, з майже відсутньою фауною.

Дрейфові течії – течії у Світовому океані, що утворюються під дією постійних (пануючих) вітрів.

Евтрофні озера – озера, багаті на поживні речовини та з бурхливим розвитком життя.

Еолові озера – озера, улоговини яких утворилися під дією вітру в долинах видування або між дюнами.

Епюра швидкостей(годограф) – крива розподілу швидкості течії річки по вертикалі.

Живий переріз – частина водного перерізу річки, в якій вода рухається.

Заплава (або перша річкова тераса) – частина річкової долини, яка утворена річковими наносами і заливається річковими водами під час повені.

Затоки – частини океанів або морів, що глибоко вдаються у суходіл.

Згінно-нагінні течії – течії, зумовлені похилом океанічної поверхні, створеним дією постійних вітрів.

Змочений периметр – довжина лінії, по якій поперечний переріз змочується потоком.

Зона аерації – шар земної кори, де в порожнинах порід окрім води є ще й повітря.

Зони дивергенції – зони розходження поверхневих вод або течій у Світовому океані.

Зони конвергенції – зони сходження поверхневих вод або течій у Світовому океані.

Зона насичення – шар земної кори, де всі порожнини між часточками порід заповнені водою.

Ізогаліни – лінії, що з'єднують точки з однаковими значеннями солоності.

Ізотахи – лінії, що з'єднують точки з однаковими значеннями швидкостей течії.

Інтерференція хвиль – накладання одна на одну хвиль, що мають різну швидкість.

Інфільтраційні води – підземні води, які утворюються внаслідок проникнення у верхні шари літосфери атмосферних опадів, поверхневих вод під час весняної повені та при зрошуванні полів і штучному zalиванні ділянок суходолу.

Капілярні води – вид підземних вод, які частково або повністю заповнюють капіляри порід, рухаються під дією сили поверхневого натягу та сили тяжіння.

Карстові озера – озера, утворені при хімічному розчиненні водою вапняків, доломітів, гіпсів та інших легкорозчинних порід.

Коефіцієнт стоку – відношення шару стоку з даної площі за певний час до величини опадів, що випали на цю площу за той самий час.

Компенсаційні течії – потужні підповерхневі течії, спрямовані протилежно до поверхневих.

Конденсаційні води – підземні води, які утворюються внаслідок конденсації водяної пари, що потрапляє у ґрунт разом з повітрям.

Кругообіг води в природі – замкнений циклічний рух води під дією сонячної радіації та сили тяжіння. Основні ланки його: випаровування, конденсація водяної пари та утворення хмар, перенесення вологи повітряними течіями, опади і стікання води із суходолу в Світовий океан.

Лавина – це значна снігова маса, яка раптово зривається з похилої поверхні гірського схилу, захоплюючи за собою нові маси снігу.

Лагуна – мілководна частина океану (моря), відділена косою, кораловими рифами і з'єднана з ним вузькою протокою.

Ламінарний рух – вид руху, при якому струмені води переміщуються паралельно з незначними швидкостями, утворюючи суцільний потік.

Лиман – затока, відокремлена від моря піщаною косою (пересипом), у якій є вузька протока, котра з'єднує лиман з морем; найчастіше лиман – це затоплена частина річкової долини.

Лімнологія – наука, яка вивчає озера.

Літораль – прибережна частина морського дна, яка може осушуватися під час відпливу; простягається до глибини 40...50м.

Ложе океанів – океанічні платформи – один із основних елементів рельєфу Світового океану, який охоплює більшу частину його дна на глибинах понад 4000 м.

Льодовики – це великі маси льоду з постійним закономірним рухом, які розміщені переважно на суходолі, існують тривалий час, мають певну форму і значні розміри.

Льодовикові куполи – випуклі льодовики товщиною до 1000 м.

Льодовикові щити – великі випуклі льодовики товщиною понад 1000 м і площею більше 50 тис. км².

Льодовикові озера – озера, що виникли у западинах, виораних льодовиком, або серед моренних відкладів.

Льодостав – період часу, коли річка вкрита кригою.

Льодохід – рух крижин і крижаних полів на річках під дією течії чи вітру; розрізняють весняний й осінній льодохід.

Макроциркуляційні системи – замкнені кільця циркуляції у Світовому океані, створені постійними вітрами і баричними центрами.

Мала вода – найнижчий рівень води під час відпливу.

Мале коло кругообігу – пов'язує Світовий океан і атмосферу: вода випаровується з поверхні Світового океану, утворюються хмари, які віддають опади назад, на поверхню океану.

Материкове підніжжя – хвиляста нахилена рівнина, в яку переходить материковий схил. Вона відокремлює схил від ложа океану.

Материковий схил – це підводна основа (цоколь) материків; геоморфологічно це ступінчаста, ускладнена підводними каньйонами та горбами рівнина, що характеризується значним нахилом поверхні (до 8-10°).

Меандри – звивини русла, що утворюються в результаті руслових процесів; характерні для рівнинних річок.

Межень – періоди низьких рівнів води в річці, які настають внаслідок зменшення притоку води з площі водозбору.

Мертвий простір (мертва зона) – частина водного перерізу річки, в якій течія відсутня.

Міжпластові води – це підземні води, які залягають між двома водотривкими пластами (горизонтами).

Мінеральні води – підземні води, які мають біологічно активні властивості і у фізіологічному відношенні цілоще впливають на людський організм.

Модуль стоку – кількість води, яка стікає з одиниці площі водозбору за одиницю часу.

Моря – частини океанів, що вдаються в суходіл або відокремлюються від океану островами чи підводними височинами.

Мутність – кількість наносів у грамах, які містяться в 1 м³ води.

Напір – різниця висот двох рівнів підземних вод на певній ділянці потоку.

Нейстон – сукупність організмів, які живуть і переміщуються у тонкому (до 5 см) поверхневому шарі води або прикріплюються до нього.

Нектон – сукупність живих організмів, пристосованих до активного плавання на значні відстані.

Низинні болота – болота, які виникають у зниженнях рельєфу і мають увігнуту поверхню, живляться атмосферними опадами та багатими на поживні речовини підземними водами.

Нілас – суцільний льодовий покрив з товщиною до 5 см.

Об'єм стоку – кількість води, яка стікає з водозбору за довільний проміжок часу.

Озеро – природна водойма, яка заповнена в межах озерної улоговини водою і характеризується сповільненим водообміном.

Океанологія – наука, що вивчає Світовий океан.

Оліготрофні озера – озера, які вирізняються бідною на поживні речовини водою і слабким розвитком фауни і флори.

Органогенні озера – озера, які виникли на торфових болотах.

Острівні дуги – це підводні хребти, які мають, зазвичай, дугоподібну форму та субматерикову земну кору.

Паводок – короткочасне, неперіодичне підвищення рівнів води у річці, що виникає внаслідок інтенсивного танення снігу під час відлиги, тривалого дощу, попуску води з водойми.

Падіння – різниця висот двох будь-яких точок водної поверхні або річкової долини по довжині річки.

Паковий лід (пак) – багаторічний шар криги у полярних широтах Світового океану.

Перехідна зона – один з основних елементів рельєфу дна Світового океану, представлений улоговинами окраїнних та середземних морів, острівними дугами і глибоководними жолобами.

Перехідні болота – болота, які за характером рослинності та живлення займають проміжне положення між низинними і верховими.

Період припливу – проміжок часу від малої до повної води.

Підводна окраїна материків – один з основних елементів рельєфу, частина дна Світового океану, яка є підводним продовженням материків.

Підшва – найнижча точка улоговини хвилі.

Планктон – сукупність організмів, які населяють товщу води і пасивно переносяться течіями; розрізняють планктон тваринний (*зоопланктон*) і рослинний (*фітопланктон*).

Плейстон – сукупність рослинних і тваринних організмів, які пасивно плавають на поверхні води чи напівзанурену воду.

Плівкові води – вид підземних вод, що обволікають породу шаром у декілька молекул і утримуються на породі силами електромолекулярного зв'язку.

Повінь (водопілля) – щорічне регулярне максимальне підвищення рівнів води у річці в один і той самий сезон від танення снігу та льодовиків або від тривалих дощів.

Повна вода – найвищий рівень води під час припливу.

Пористість – одна з найважливіших властивостей гірських порід, зумовлена наявністю в породах різноманітних дрібних порожнин – пор.

Пороги – уступи, що утворюються місцях виходів твердих гірських порід, які перетинають шлях річки.

Похил басейну – це висотна характеристика, яку обчислюють як відношення різниці висот верхньої і нижньої точок басейну до довжини басейну.

Припай – примерзлий до берегів лід.

Припливно-відпливні хвилі – хвилі, які утворюються завдяки сукупній дії сили притягання Місяця і Сонця та відцентрової сили, що виникає при обертанні Землі і Місяця навколо спільного центру мас.

Проміле (‰) – тисячна частка; використовується як одиниця вимірювання солоності морської води.

Просадочні озера – озера, улоговини яких виникли у місцях осідання ґрунту.

Протока – відносно вузька частина Світового океану, що розділяє дві ділянки суходолу та сполучає сусідні водойми.

Пульсуючий льодовик – льодовик, характерний своїми раптовими посуванням без видимою зв'язку зі змінами клімату.

Режеляція – змерзання окремих брил льоду при стисканні.

Рефракція – розвертання хвилі фронтом (паралельно) до берега при виході на мілководдя.

Ринги – синоптичні вихори у Світовому океані невеликих розмірів, що можуть існувати впродовж кількох років.

Рифтова зона (рифт) – вузька глибока долина, яка утворюється в осьовій зоні серединно-океанічних хребтів у результаті розходження літосферних плит.

Рівнева (ізопотенційна) поверхня – така поверхня, яка збігається з рівневою поверхнею сили тяжіння за умови, що води океану є однорідними і перебувають у стані спокою.

Річка – природний водний потік, який постійно або більшу частину року протікає у видовженому зниженні земної кори в розробленому ним руслі (річищі).

Річкова долина – вузька витягнута знижена форма рельєфу, вироблена річковим потоком.

Річкова мережа – усі річки, що течуть на певній території.

Річкова система – сукупність усіх річок (приток), що несуть свої води через головну річку у водойму.

Річкові (берегові) тераси – схили річкової долини зі слідами вривування русла у дно долини в минулі епохи.

Ропа – перенасичений соляний розчин, з якого солі випадають в осад.

Русло (водотік, річище) – ерозійна заглибина, вироблена водним потоком і заповнена його водами.

Сапропель – мул прісних озер; використовується як добриво і складова частина корму для худоби.

Світовий океан (океаносфера) – це єдиний безперервний водний простір, у якому розміщений суходіл у вигляді материків та островів.

Сейсмічні хвилі – хвилі, які є наслідком підводних землетрусів, зсувів та вивержень підводних вулканів і поширюються від гіпоцентру землетрусу.

Сейші – різновид нерухомих хвиль, які утворюються в результаті різких змін атмосферного тиску над водною поверхнею.

Серединно-океанічні хребти (СОХ) – великі витягнуті переважно в меридіональному напрямі підняття океанічної земної кори, які утворюються в місцях розходження літосферних плит.

Снігова лінія – це область рівноваги або нульового балансу, де прибуток твердих опадів дорівнює їх витраті на танення і випаровування.

Солоність – кількість мінеральних речовин у грамах, розчинених у кілограмі морської води.

Спредінг – розширення (розтягування) земної кори, характерне для серединно-океанічних хребтів.

Стамухи – великі крижини, що сіли на мілину на певній відстані від берега.

Стариці – озера річкового походження, щовиникли у старих руслах річок.

Стік – це процес стікання води з певної ділянки суходолу; поділяється на поверхневий і підземний.

Стокові течії – течії, щовиникають унаслідок стоку великих річок.

Стратифікація солоності – розподіл солоності з глибиною; виділяють вісім типів стратифікації солоності: *полярний, субполярний, помірно-тропічний, тропічний, екваторіальний, індомалайський, присередземноморський та північноатлантичний.*

Стратифікація температури – зміна температури води з глибиною; виділяють сім типів термічної стратифікації: *екваторіально-тропічний, тропічний, присередземноморський, субтропічний, помірний, субполярний та полярний.*

Стрижень – уявна лінія, яка з'єднує точки з максимальними поверхневими швидкостями течії вздовж потоку (річки).

Структурна зона – шар води з більш-менш однорідними властивостями, сформований у певних умовах.

Субдукція – процес сходження літосферних плит, який відбувається в межах перехідної зони.

Сублітораль – прибережна частина океану, яка розташована на глибині від 40...50 м до 200 м.

Супралітораль – частина узбережжя океану, розташована вище рівня води в час найвищого припливу, тобто частина, яка під час штормів епізодично може затоплюватися водою.

Суфозійні озера – озера, улоговини яких виникають при вимиванні водою дрібних частинок ґрунту.

Твердий стік – сумарна кількість наносів, яка проходить річкою за певний час.

Тектонічні озера – озера, улоговини яких виникли внаслідок тектонічних рухів земної кори.

Термокарстові озера – озера, які утворюються внаслідок танення ділянок багаторічної мерзлоти.

Термоклин – шар температурного стрибка, тобто шар різкої зміни температури, що розділяє теплу поверхневу і холодну глибинну воду.

Термохалінна циркуляція або глобальний океанічний конвеєр – уявлення про загальну циркуляцію Світового океану, у формуванні якої провідна роль належить опусканню більш важких холодних і солоних вод.

Течія – це поступальний рух води з одного місця моря чи океану в інший.

Тихоокеанське вогняне кільце або Тихоокеанський вогняний пояс – пояс активної вулканічної діяльності та землетрусів, розташований по периметру басейну Тихого океану.

Торф – органічна порода, яка утворюється під дією бактерій і грибків з відмерлих решток, які консервуються гуміновими кислотами і ущільнюються.

Трансформація – поступова зміна властивостей водної маси при русі з району свого формування в інший район.

Тригідролі – агрегати з трьох молекул води.

Турбулентний рух – вид руху води, для якого характерні великі швидкості, завихрення і порушення суцільності потоку.

Улоговина – частини хвилі, що лежить нижче рівневої поверхні.

Фіорд, фйорд (норв. fjord) – довга, вузька морська затока, яка часто тягнеться далеко усередину узбережжя; походить від затоплення морем долини колишнього льодовика.

Фірн – зернистий сніг, який утворюється під тиском верхніх шарів та у результаті періодичного підтавання і замерзання протягом доби.

Фрикційні течії – течії, які виникають під дією вітру і поділяються на дрейфові і вітрові.

Фронтальна зона – область, усередині якої змінюється положення гідрологічного (океанічного) фронту.

Хвилювання води – це результат порушення рівноваги рівневої поверхні води та одночасне відновлення цієї рівноваги під дією сили тяжіння.

Хімічний склад морської води – це складний комплекс мінеральних і органічних речовин, які знаходяться в різних формах йонно-молекулярного та колоїдного стану і надають воді своєрідних властивостей.

Хіоносфера – область земної кулі, де знаходяться льодовики і багаторічні сніги.

Циркумконтинентальність – поширення живих організмів на мілководді навколо материків.

Цунамі – найбільші серед сейсмічних хвиль; у відкритому океані майже непомітні, але при виході на узбережжя досягають висоти 30-50 м і викликають страшні руйнування.

Шар стоку – кількість води, що стікає з водозбору за певний час і дорівнює товщині шару, який рівномірно розподіляється по всій водозбірній площі.

Шельф – це прилегла до материка відносно мілководна (до 200 м) частина підводної окраїни материка з невеликим ухилом від берега у напрямку материкового схилу.

Шельфові льодовики – периферійні частини льодовиків, які зазвичай являють собою продовження наземного льодовикового покриву над поверхнею води.

Ювенільні води – підземні води, які утворюються на великих глибинах з дисоційованих атомів водню і кисню або внаслідок конденсації водяної пари, що виділяється з магми.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основна література

1. Гумницький Я. М. Метеорологія та кліматологія: Навчальний посібник. Друге видання. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 204 с.
2. Остапчук В. В. Основи метеорології та гідрології: навчальний посібник . Ніжин: Видавництво НДУ імені Миколи Гоголя, 2019 . 229 с.
3. Хільчевський В.К., Гребінь В.В., Манукало В.О. Гідрологічний словник. К.: ДІА, 2022. 236 с.
4. Ющенко Ю.С. Загальна гідрологія : підручник . Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2017. 591 с.

Додаткова література

1. Затула В. І. Практикум з кліматології: методичні рекомендації до виконання практичних робіт з курсу кліматології. Київ, 2022. 69 с.
2. Інструктивно-методичні матеріали до практичних занять обов'язкової освітньої компоненти «Метеорологія і кліматологія» для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти /Уклад.: Т.В. Андрійчук, Р.П. Власенко, І.Ю. Коцюба. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. 35 с.
3. Методичні вказівки до практичних занять із дисципліни «Метеорологія і кліматологія» / укладач А. О. Корнус. Суми : Сумський державний університет, 2021. 73 с.
4. Остапчук В. В. Гідрологія: навчальний посібник . Ніжин: Видавництво НДУ ім. М. Гоголя, 2014 . 100 с.
5. Остапчук В. В. Метеорологія і кліматологія: Завдання для підготовки до поточного і модульного тестування. Ніжин: Видавництво НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 43 с.
6. Остапчук В. В. Гідрологія: Завдання для підготовки до поточного і модульного тестування. Ніжин: Видавництво НДУ ім. М. Гоголя, 2015. 38 с.
7. Остапчук В. В. Польова практика з метеорології та мікрокліматології: методичні рекомендації. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2016. 49 с.

Електронні ресурси

1. Інтерактивний підручник «Метеорологія і кліматологія»
http://prima.lnu.edu.ua/faculty/geology/phis_geo/fourman/E-books-FVV/Meteorology/Books.htm
2. Нетробчук І. М. Метеорологія та кліматологія: методичні рекомендації до самостійної роботи. Луцьк : Вежа-Друк, 2019. 38 с.
<https://core.ac.uk/download/pdf/287919704.pdf>

3. Шевченко О.Г., Сніжко С.І., Круківська А.В. Практикум з метеорології та кліматології. К.: ФОП Маслаков, 2018. 117 с.

<https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/3ea91252-df13-484f-b4ab->

[ad647ab46825/D2.6.5_P6_TSNUK_Practical_Meteorology_Climatology_2018_ua.pdf](https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/3ea91252-df13-484f-b4ab-ad647ab46825/D2.6.5_P6_TSNUK_Practical_Meteorology_Climatology_2018_ua.pdf)

Інформаційні ресурси

1. <http://www.wetteronline.de/>
2. <http://flymeteo.org/light.php>
3. <https://www.windy.com/?50.458,30.530,5,i:pressure>
4. <https://www.meteo.gov.ua>
5. <https://desna-buvr.gov.ua>

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК ГЕОГРАФІЧНИХ НАЗВ

ПІВНІЧНИЙ ЛЬОДОВИТИЙ ОКЕАН

Моря: Баренцове, Баффіна, Біле, Бофорта, Гренландське, Карське, Лаптевих, Норвезьке, Східносибірське, Чукотське.

Затоки: Байдарацька губа, Вест-Фіорд, Гиданська губа, Гудзонова, Двінська губа, Єнісейська губа, Кандалакська губа, Мезенська губа, Окська губа, Онезька губа, Печорська губа, Хатанзька губа, Чеська губа.

Протоки: Вількіцького, Гудзонова, Дмитра Лаптева, Карські ворота, Лонга, Маточкін Шар, Шокальського, Югорський Шар.

АТЛАНТИЧНИЙ ОКЕАН

Моря: Адріатичне, Азовське, Балтійське, Егейське, Іонічне, Ірландське, Карибське, Лігурійське, Мармурове, Північне, Саргасове, Середземне, Тірренське, Уедделла, Чорне.

Затоки: Біскайська, Ботнічна, Венесуельська, Габес, Гвінейська, Гондураська, Каркінітська, Кампече, Ла-Плата, Мексиканська, Ризька, Святого Лаврентія, Таранто, Фанді, Фінська.

Протоки: Босфор, Гібралтарська, Дарданелли, Датська, Дрейка, Кабота, Каттегат, Ла-Манш, Па-де-Кале, Скагеррак, Флоридська, Юкатанська.

Глибоководні жолоби: Пуерто-Ріко, Еллінський, Південносанд-вічевий, Романш.

Серединно-океанічні хребти: Північноатлантичний, Південноатлантичний, Африкансько-Антарктичний, Рейк'янес.

ІНДІЙСЬКИЙ ОКЕАН

Моря: Андаманське, Аравійське, Арафурське, Тиморське, Червоне.

Затоки: Аденська, Бенгальська, Велика Австралійська, Карпентарія, Кач, Оманська, Перська, Спенсер.

Протоки: Баб-ель-Мандебська, Мозамбікська, Ормузька, Полкська.

Глибоководні жолоби: Зондський.

Серединно-океанічні хребти: Західноіндійський, Аравійсько-Індійський, Центральнііндійський, Австрало-Антарктичний.

ТИХИЙ ОКЕАН

Моря: Банда, Беллінсгаузена, Берингове, Жовте, Коралове, Молуккське, Охотське, Південнокитайське, Росса, Сулавесі, Сулу, Східнокитайське, Тасманове, Філіппінське, Японське.

Затоки: Аляска, Анадирська, Бакбо, Брістольська, Каліфорнійська, Кроноцька, Кука, Сіамська.

Протоки: Бассова, Берингова, Зондська, Камчатська, Корейська, Лаперуза, Магелланова, Малаккська, Тайванська, Татарська, Торресова.

Глибоководні жолоби: Алеутський, Курило-Камчатський, Японський, Ідзу-Бонінський, Маріанський, Філіппінський, Тонга, Центральноамериканський, Перуанський, Чилійський.

Серединно-океанічні хребти: Південнотихоокеанське підняття, Східнотихоокеанське підняття.

ЄВРОПА

Річки: Вісла, Волга, Гаронна, Гвадалквівір, Дніпро, Дністер, Дунай, Західна Двіна, Кубань, Луара, Мезень, Німан, Одер, Печора, Південний Буг, По, Рейн, Сена, Темза, Урал.

Озера: Балатон, Боденське, Венерн, Женевське, Ладозьке, Онезьке.

АЗІЯ Річки : Амур, Амудар'я, Анадир, Брахмапутра, Ганг, Євфрат, Єнісей, Інд, Індігирка, Кура, Лена, Меконг, Об, Сирдар'я, Тарим, Хатанга, Хуанхе, Яна, Янцзи.

Озера : Аральське, Байкал, Балхаш, Зайсан, Іссик-Куль, Каспійське, Кукунор, Лобнор, Мертве, Севан, Таймир, Телецьке, Ханка.

АФРИКА Річки : Замбезі, Конго, Лімпопо, Нігер, Ніл, Оранжева, Сенегал.

Озера : Вікторія, Ківу, Мверу, Мобуту-Сесе-Секо, Ньяса, Рудольф, Тана, Танганьїка, Чад.

ПІВНІЧНА АМЕРИКА

Річки : Атабаска, Колорадо, Колумбія, Фрейзер, Маккензі, Міссісіпі, Ріо-Гранде, Саскачеван, Святого Лаврентія, Юкон.

Озера : Атабаска, Велике Ведмеже, Велике Невільниче, Велике Солоне, Верхнє, Вінніпег, Гурон, Мічіган, Нікарагуа, Онтаріо, Чад.

ПІВДЕННА АМЕРИКА

Річки : Амазонка, Мадейра, Ріу-Негру, Магдалена, Оріноко, Парана, Парагвай, Ріо-Негро, Сан-Франціску, Уругвай.

Озера : Маракаїбо, Поопо, Тітікака.

АВСТРАЛІЯ Річки : Дарлінг, Муррей.

Озера : Ейр.

Навчальне видання

Остапчук Валентина

МЕТЕОРОЛОГІЯ І ГІДРОЛОГІЯ

Навчально-методичний посібник

Технічний редактор – І. П. Борис
Верстка, макетування – В. М. Косяк
Дизайн обкладинки – В. М. Косяк

Підписано до друку 03.08.23
Гарнітура Times New Roman
Замовлення №

Формат 60x84/8
Обл.-вид. арк. 8,96
Ум. друк. арк. 9,25

Папір офсетний
Тираж ел. вид.



Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя.
м. Ніжин, вул. Воздвиженська, 3/4
(04631)7-19-72
E-mail: vidavn_ndu@mail.ru
www.ndu.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 2137 від 29.03.05 р.