

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА  
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА МОРСЬКОЇ ГЕОЛОГІЇ, ГІДРОГЕОЛОГІЇ, ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ  
ТА ПАЛЕОНТОЛОГІЇ

## **ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ГЕОСФЕР**

**ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до практичних занять  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
спеціальності Е4 Науки про Землю  
освітньо-професійної програми  
«Морська геологія, гідрогеологія та інженерна геологія»

ОДЕСА  
ОНУ  
2025

**УДК 502/504(076.5)  
О-751**

**Укладач:**

**Т. В. Козлова**, кандидатка геолого-мінералогічних наук, доцентка, доцентка кафедри морської геології, гідрогеології, інженерної геології та палеонтології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

**Рецензенти:**

**О. Б. Муркалов**, кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії, природокористування і геоінформаційних технологій Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

**Г. С. Педан**, кандидатка геологічних наук, доцентка кафедри морської геології, гідрогеології, інженерної геології та палеонтології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

*Рекомендовано вченою радою геолого-географічного факультету  
ОНУ імені І. І. Мечникова.  
Протокол № 8 від 23 квітня 2025 р.*

**О-751** **Основи** екології геосфер [Електронний ресурс] : електрон. метод. рек. до практ. занять для здобувачів першого (бакалавр.) рівня вищ. освіти спец. Е4 Науки про Землю освіт.-проф. програми «Морська геологія, гідрогеологія та інженерна геологія» / уклад. Т. В. Козлова. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2025. – 77 с. – 1,5 МБ.

*Методичні рекомендації розроблені для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Морська геологія, гідрогеологія та інженерна геологія» спеціальності Е4 «Науки про Землю», для опанування матеріалу при підготовці до практичних занять, оформленні робіт при самостійному виконанні завдань та підсумкового контролю.*

**УДК 502/504(076.5)**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1. ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ</b> .....	7
<b>2. ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ</b> .....	15
<b>3. РОЗГОРНУТА ПРОГРАМА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ</b> .....	17
<b>Практичне заняття 1</b>	
Форма Землі. Дальність видимого горизонту .....	17
<b>Практичне заняття 2</b>	
Зміна температури та атмосферного тиску з висотою .....	20
<b>Практичне заняття 3</b>	
Екологічні проблеми атмосфери .....	24
<b>Практичне заняття 4</b>	
Випаровування. Адіабатичні процеси в атмосфері. Аерологічна діаграма .....	26
<b>Практичне заняття 5</b>	
Роза вітрів .....	34
<b>Практичне заняття 6</b>	
Хімічні та фізичні властивості природних вод .....	37
<b>Практичне заняття 7</b>	
Світовий океан і його частини .....	72
<b>Практичне заняття 8</b>	
Морські солі .....	44
<b>Практичне заняття 9</b>	
Метод T,S-діаграм і T,S-кривих .....	46
<b>Практичне заняття 10</b>	
Побудова гідрографа та його генетичний аналіз .....	53
<b>Практичне заняття 11</b>	
Визначення падіння та похилу русла, витрат води річки та водний баланс .....	57
<b>Практичне заняття 12</b>	
Екологічні проблеми гідросфери .....	66
<b>4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ</b> .....	68
<b>5. ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ</b> .....	70
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	76

## ВСТУП

Методичні рекомендації розроблені відповідно до програми нормативного курсу «Основи екології геосфер» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, які навчаються за спеціальністю Е4 «Науки про Землю», освітньо-професійною програмою «Морська геологія, гідрогеологія та інженерна геологія».

У методичних рекомендаціях наведено програму дисципліни, завдання для проведення практичних робіт, питання для підготовки до підсумкового контролю і критерії оцінювання підсумкового контролю.

Для кожної практичної роботи визначено тему та мету її проведення, подано теоретичні запитання, що охоплюють основні теми курсу.

**Мета** навчальної дисципліни «Основи екології геосфер» – є надання студентам сучасних наукових уявлень про оболонкову будову Землі, еколого-геологічні аспекти її будови, основні закони, які керують сучасною динамікою атмосфери і гідросфери, а також взаємозв'язки між різними ланками екзосфери Землі.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Основи екології геосфер» є ознайомлення студентів з оболонками Землі та їх функціями; особливостями складу і будови магнітосфери, атмосфери, глобальними законами динаміки повітряних і водних мас Світового океану, законами взаємодії океану і атмосфери, а також зовнішніми і планетарними чинниками, які управляють планетарною екзосферою.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

а) *загальних* (ЗК): ЗК02. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя; ЗК11. Прагнення до збереження природного навколишнього середовища.

б) *спеціальних/фахових* (ФК): ФК2. Здатність застосовувати базові знання фізики, хімії, біології, екології, математики, інформаційних технологій тощо при вивченні Землі та її геосфер;

ФК5. Здатність до всебічного аналізу складу і будови геосфер;

ФК11. Здатність виявляти закономірності розташування і розподілу властивостей геологічних об'єктів морів і суходолу, прогнозувати наявність

корисних копалин із застосуванням геолого-мінералогічних, геофізичних та геохімічних методів.

**Програмні результати навчання (ПРН):** ПР06. Визначати основні характеристики, процеси, історію і склад Землі як планетарної системи та її геосфер;

ПР07. Застосовувати моделі, методи і дані фізики, хімії, біології, екології, математики, інформаційних технологій тощо при вивченні природних процесів формування і розвитку геосфер;

Р09. Вміти виконувати дослідження геосфер за допомогою кількісних методів аналізу;

ПР17. Вміти проектувати і виконувати гідрогеологічні та інженерно-геологічні дослідження і картування територій, проводити інженерно-геологічні розрахунки для будівництва споруд, прогнозувати негативні інженерно-геологічні процеси та моделювати їх розвиток.

**Очікувані результати навчання.** У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

– *знати*: параметри осьового обертання і орбітального руху Землі; географічні і геофізичні наслідки; загальне уявлення про геомагнітне поле Землі; глобальні особливості будови і динаміки зовнішніх геосфер – атмосфери і гідросфери; склад атмосфери; основне рівняння статички атмосфери; типи завдань, що вирішуються на основі барометричної формули; закономірності стратифікації атмосфери по складу і температурі; закономірності глобальної циркуляції атмосфери; особливості теплової взаємодії атмосфери і океану; унікальні властивості морської води; закони, що управляють динамікою вод Світового океану; основні екологічні наслідки специфічних властивостей атмосфери і океану;

– *вміти*: вирішувати задачу по приведенню атмосферного тиску до рівня моря; будувати і аналізувати графіки тимчасових рядів різних метеорологічних і гідрологічних характеристик для різних тимчасових масштабів; будувати і аналізувати графіки розподілу солоності і температури морської води по глибинних профілях; використовувати професійно-профільовані знання про екологію геосфер: будову основних оболонок екзосфери і ендосфери Землі, екологічну роль океану.

Програма навчальної дисципліни складається з наступних змістових модулів:

- ✓ Змістовий модуль 1. Оболонкова будова Землі.
- ✓ Змістовий модуль 2. Глобальна циркуляція атмосфери.
- ✓ Змістовий модуль 3. Властивості морської води.
- ✓ Змістовий модуль 4. Глобальна динаміка вод Світового океану

На вивчення навчальної дисципліни «Основи екології геосфер» відводиться 150 годин, зокрема: 42 – лекцій, 32 – практичних занять та 76 — самостійної роботи, що взагалі становить 5 кредитів ЄКТС.

# 1. ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

### Оболонкова будова Землі

#### ТЕМА 1. Походження геосфер Землі

Вік планети Земля становить близько 4,6 мільярда років. За цей час на Землі відбувався процес перетворення і руху матерії, в результаті чого з'явилися оболонки або геологічні сфери (*геосфери*).

**Геосфери** (від грецького *geo* – Земля, *sphera* – куля) – **концентричні оболонки** (безперервні або переривчасті), з яких складається планета Земля.

Планета Земля, як і інші планети Сонячної системи, має багатоярусну структуру оболонки і складається з декількох гетерогенних геосфер. Виділяються наступні основні геосфери: **зовнішні геосфери** (атмосфера, гідросфера, біосфера, педосфера) і **внутрішні** (літосфера, земна кора, мантія і ядро).

Шари Землі мають різний хімічний склад, що пояснюється диференціацією первинної речовини планети. Під час формування планети більш важкі елементи (залізо, нікель та ін.), «затонувши», сформували ядро, а відносно легкі (кремній, алюміній та ін.) «спливали» і утворили земну кору. При цьому з розплаву вивільнялися гази, що утворили атмосферу і водяні пари, що утворили гідросферу. В результаті на Землі склалися сприятливі умови для розвитку життя. Живі організми сформували особливу оболонку – **біосферу**.

З появою людини біосфера вступає в нову стадію розвитку – **ноосферу**.

**У внутрішній структурі Землі** є три основні шари: земна кора, мантія і ядро.

**Земна кора** розташована в середньому на глибині 35 км (до 5–15 км під океанами і до 35–70 км під континентами). До складу земної кори входять всі відомі хімічні елементи.

**Мантія** розташована між земною корою і ядром і простягається на глибину 2900 км. Ядро розташоване нижче мантії на глибині від 2900 км до 6371 км. Воно складається з Fe і Ni. Ядро займає центральну область нашої планети. Це найглибша геосфера. Середній радіус ядра становить близько 3500 км, він розташований глибше 2900 км і складається з двох частин: великого зовнішнього і малого внутрішнього ядер.

**Астеносфра** (від грец. «астенос» – слабкий і «сфера» – шар) – одна з важливих складових вертикального розрізу Землі – шар, розташований нижче літосфери, на глибині 50–200 км, залежно від геодинамічного типу того чи

іншого сегмента. Це шар, складений переважно з твердої породи, який зазнає стільки тиску та тепла, що може поводитися пластично і текти.

**Літосфера** (від грец. літос — камінь). Однією з головних геосфер є оболонка Землі, яка об'єднує земну кору, підкіркову частину верхньої мантії до астеносфери. Характерною особливістю літосфери є вміст порід в ній в твердому кристалічному стані, що визначає його жорсткість і міцність. Вниз по розрізу підвищується температура в астеносфері, де досягає значень, при яких матерія переходить в частково розплавлений стан і має пластичність, що дозволяє їй текти навіть під дією дуже невеликих надлишкових тисків.

Вона розбивається глибокими розломами на великі блоки - літосферні плити, які повільно рухаються по астеносфері в горизонтальному напрямку.

До **зовнішніх геосфер Землі** належать атмо-, гідро-, біо-, педо- та ноосфера, а також поверхнева частина літосфери. Вони проникають одна в одну та знаходяться в постійній взаємодії між собою і твердими оболонками Землі.

Проявом цієї взаємодії є обмін між ними речовиною та енергією.

**Атмосфера** (з грецької. *атмос* – пара) – суцільна повітряна оболонка Землі. Атмосфера оточує Землю на висоту 3 тисячі км. Сухе чисте повітря містить 78% азоту, 21% кисню, 0,9% аргону, 0,03% вуглекислого газу і близько 0,003% суміші неону, гелію, криптону, ксенону, оксидів азоту, метану, водню, водяної пари і озону. Водяна пара становить до 3% обсягу атмосфери. Склад і властивості атмосфери на різних висотах не однакові, тому вона ділиться на *тропо-, страто-, мезо-, термо- і екзосфери*. Останні три шари іноді розглядаються як *іоносфера*.

**Гідросфера** (від грец. *hudor* (вода) – переривчаста водяна оболонка Землі. Вона включає в себе всі океани, моря, озера, річки, а також ґрунтові води, лід, сніг полярних і високогірних регіонів. Вона розташована між атмосферою і літосферою. Гідросфера ділиться на поверхневу і підземну. Поверхнева гідросфера покриває земну поверхню на 70,8%. Підземна гідросфера включає води, що знаходяться у верхній частині земної кори. Їх називають підземними. Зверху підземна гідросфера обмежена поверхнею землі, нижню її межу простежити неможливо, оскільки гідросфера дуже глибоко проникає у товщу земної кори.

**Біосфера** (грецький *bios* – life, *sphaira* – куля, сфера) – складна зовнішня оболонка Землі, населена організмами, що становлять разом живу речовину планети. Це одна з найважливіших геосфер Землі, яка є основним компонентом природного середовища, що оточує людину. це область існування живих організмів на Землі. Вперше цей термін вжив у 1875 р австрійський геолог Е. Зюсс, але поширився він після видання в 1926 р праці В. Вернадського “Біосфера”. Живі

організми існують на поверхні Землі в атмосфері, гідросфері, та верхній частині літосфери, в цілому складаючи сферу життя на нашій планеті.

Верхня межа біосфери сягає 85 км над поверхнею Землі. На такій висоті виявлено спори мікроорганізмів у латентному стані. Нижня межа біосфери 7–8 км углиб літосфери.

Жива речовина відрізняється від неживої надзвичайною активністю, зокрема дуже швидким кругообігом речовин. Вся жива речовина біосфери оновлюється, в середньому за 8 років. Біомаса Світового океану оновлюється за 33 дні, а його фітомаса – щодня. Біомаса суші, через більшу тривалість життя наземних рослин, оновлюється за 14 років.

**Педосфера** (від лат. *pedis* – стопа) – оболонка землі, утворена ґрунтовим покривом; верхня частина літосфери на суші. **Ґрунт** є поверхневим горизонтом земної кори, утворюючи невеликий шар товщиною близько 80–150 см з коливаннями від декількох сантиметрів до 2,5–3 м. Він утворюється в результаті взаємодії факторів ґрунтоутворення: клімату, організмів, ґрунтоутворюючих порід, місцевості, віку країни (часу), господарської діяльності людини.

Ґрунтова речовина представлена чотирма фізичними фазами: твердою (мінеральні і органічні частинки), рідиною (ґрунтовий розчин), газоподібною (ґрунтове повітря) і живою (організми).

Найважливішою властивістю ґрунтів є **родючість** – здатність задовольняти потреби рослин в поживних речовинах і воді, забезпечувати їх кореневі системи достатньою кількістю тепла і повітря для нормальної активності і створення сільськогосподарських культур.

Найбільш значущими з екологічної точки зору є такі властивості і ознаки ґрунтів, як потужність, гранулометричний склад, структура, щільність, волога, склад розчину ґрунту, його кислотність, буферизація, вміст перегною та ін.

**Ноосфера.** Невід’ємною частиною біосфери є людина. Вона своїм розумом і діяльністю проникає в усі сфери Землі, вивчаючи і навіть змінюючи їх, створюючи свою область мислення та дії, тобто свою сферу в природній системі планети. Враховуючи це, В. І. Вернадський на початку ХХ століття запропонував виділяти нарівні з літосферою, атмосферою, гідросферою, біосферою ще одну оболонку – ноосферу. В буквальному перекладі з грецької мови «ноосфера» означає «мисляча оболонка» і вона об’єднує ту частину земної кулі, на яку поширюється активна і зростаюча дія людини. Ноосфера – це свого роду вища стадія еволюції біосфери, пов’язана з виникненням цивілізації, з періодом, коли розумова діяльність людини стає головним, визначальним фактором розвитку Землі. Згідно з останнім, В. І. Вернадський писав: «Ноосфера є нове геологічне явище на нашій планеті. В ній вперше

людина стає важливою геологічною силою. Вона може і повинна перебудувати своєю працею та думкою область свого життя, перебудувати корінним чином у порівнянні з тим, що було раніше».

*Таким чином, особливістю будови Землі є те, що вона утворена із декількох вкладених одна в одну геосфер. У внутрішній будові Землі виділяють земну кору, мантію і ядро, зовнішні геосфери – це атмосфера, гідросфера, літосфера (зовнішня частина), педосфера, біосфера, а також ноосфера. Кожна з вищезгаданих геосфер – мантія, літосфера, гідросфера, атмосфера – не може існувати окремо. Відповідно до загальнометодологічного принципу системності та причинності всі геосфери перебувають у взаємозв'язку та взаємообумовленості.*

## **ТЕМА 2. Земля як планета**

Оболонкова будова Землі. Історія вивчення форми і розмірів Землі. Відцентрова сила і сила тяжіння. Одиниці виміру сили тяжіння. Форма Землі. Геоїд. Земля в Сонячній системі. Закони Кеплера. Афелій, перигелій. Інерціальні і неінерційні системи відліку. Параметри осьового обертання і орбітального руху Землі; географічні і геофізичні наслідки. Ексцентриситет земної орбіти.

## **ТЕМА 3. Магнітосфера Землі**

Загальне уявлення про геомагнітне поле. Геомагнітні і магнітні полюси, магнітний екватор. Параметри магнітного поля Землі: магнітний нахил, магнітна відміна і напруженість. Ізокліни. Ізогони. Ізодинами. Одиниці напруженості магнітного поля. Західний дрейф магнітного поля Землі. Постійне і змінне магнітне поле. Магнітні бурі. Магнітосфера Землі, її будова і динаміка. Радіаційний пояс.

## **ТЕМА 4. Базові поняття метеорології**

Склад сухого повітря поблизу поверхні Землі. Кількість вуглекислого газу і водяної пари. Атмосферний тиск. Прилади для виміру атмосферного тиску : ртутний барометр, анероїд. Щільність атмосферного повітря. Залежність щільності повітря від висоти. Поняття «висота однорідної атмосфери». Основне рівняння статички атмосфери. Барометрична формула. Три типи завдань, що вирішуються на основі барометричної формули. Приведення тиску до рівня моря. Барометрична нівеляція. Обчислення середньої температури стовпа повітря. Вертикальний градієнт температури. Поняття «інверсія температури». Баричний ступінь.

## **ТЕМА 5. Стратифікація атмосфери по складу і температурі**

Гетеросфера. Турбопауза. Закон зміни концентрації атмосферних газів з висотою. Поняття «приведена висота». Закон дифузного розподілу атмосферних газів. Екзосфера. Зміна складу екзосфери з висотою. Температура рівноважного теплового випромінювання Землі. Альbedo. Причина відмінності температури рівноважного теплового випромінювання Землі і реальної середньої температури поблизу земної поверхні. Концентрично-шарувата будова атмосфери. Тропосфера. Приземний шар. Шар тертя. Стратопауза. Стратосфера. Перламутрові хмари. Озон. Мезосфера. Сріблясті хмари. Термосфера: іоносфера і екзосфера. Шарувата будова іоносфери. Електронні хмари. Полярні саява. Світіння нічного неба. Іоносферні магнітні бурі. Температура в іоносфері і екзосфері. Земна корона. Характер зміни температури з висотою в тропосфері, стратосфері, мезосфері і термосфері. Динаміка повітряних мас в тропосфері, стратосфері, мезосфері.

Температурна стратифікація атмосфери. Графік залежності температури атмосфери від висоти. Три температурні аномалії. Спектр сонячної радіації, що приходить. Причина температурної аномалії екзосфери. Температурна аномалія стратопаузи і причина її виникнення. Озоносфера. Характер розподілу озону залежно від висоти і широти. Походження озону атмосфери. Добсоновська одиниця. Природна мінливість концентрації озону. Механізми природного руйнування озону: цикл Чепмена, азотний, водневий і хлорний цикли. Антропогенні чинники руйнування озоносфери. Гіпотези утворення озонових дір. Гіпотеза Фармана. Полярні стратосферні хмари. Температурна аномалія тропосфери і причина її утворення. Спектр теплового випромінювання Землі. Тепловий баланс атмосфери. Парниковий ефект.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2**

### **Глобальна циркуляція атмосфери**

#### **ТЕМА 6. Глобальна циркуляція атмосфери**

Екваторіальна конвекція. Середня швидкість вітру поблизу поверхні і стратопаузи. Характерний час зміни погоди. Сили, що викликають рух повітряних і океанічних мас: зовнішні, внутрішні і вторинні. Відцентрова сила. Природа сили Коріоліса. Величина сили Коріоліса. Відхилення, що викликається силою Коріоліса. Закон Бера-Бабіне. Струминні течії. Осередки Хедлі. Природа пасатів. Осередки Фарела.

## **ТЕМА 7. Вода в атмосфері**

Вологість повітря. Парціальний тиск. Випар. Тиск насиченої водяної пари. Залежність щільності насиченої водяної пари від температури. Відносна вологість повітря. Конденсація. Ядра конденсації. Адіабатичні процеси в атмосфері. Адіабатичні зміни стану в атмосфері. Сухоадіабатичні зміни температури повітря. Рівняння Пуассона. Сухоадіабатичний градієнт. Вологоадіабатичні зміни температури повітря. Рівень конденсації. Вологоадіабатичний градієнт. Аерологічна діаграма. Сухі і вологі адіабати. Псевдоадіабатичний процес. Потенційна температура. Потенційна температура і сухі адіабати.

## **ТЕМА 8. Баричне поле**

Поняття «баричне поле». Изобари. Изобаричні поверхні. Карти баричної топографії. Карти абсолютної баричної топографії. Абсолютні ізогіпси. Карти відносної баричної топографії. Відносні ізогіпси. Розподіл температури в атмосфері. Термобаричне поле. Изобари. Горизонтальний баричний градієнт. Вертикальний баричний градієнт. Зміна баричного градієнта з висотою. Температурний(термічний) градієнт. Баричні системи. Циклону і антициклони. Зміна баричного поля з висотою в циклонах і антициклонах. Вітер. Добова і багатодобова мінливість тиску. Річний цикл зміни тиску. Типи річного ходу тиску. Місячні і річні аномалії тиску. Вітер і турбулентність. Динамічна турбулентність. Термічна турбулентність. Швидкість вітру. Шкала Бофорта. Вимір швидкості вітру. Анемометри. Напрямок вітру. Флюгери. Роза вітрів.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3**

### **Властивості морської води**

## **ТЕМА 9. Гідросфера: базові поняття**

Склад і властивості морської води. Походження гідросфери. Водний баланс Землі. Склад океанічної води. Фізичні властивості морської води. Молекула води. Стисливість води. Фазові стани вода. Фазова діаграма. Крива нагрівання. Питома теплоємність води. Енергетика фазових переходів води. Кліматичні наслідки унікальних властивостей води. Меридіональне перенесення тепла в атмосфері і океані. Механізм виникнення мусонів. Бризи.

## **ТЕМА 10. Взаємодія океану і атмосфери**

Перенесення тепла шляхом теплопровідності. Перенесення тепла при випарі. Сухе і вологе повітря. Області високого і низького тиску в атмосфері. Океан як акумулятор тепла. Випар і океанічна конвекція.

### **ТЕМА 11. Морські солі**

Походження солей. Розчинювальна здатність води. Хімічні елементи в морській воді (консервативні, біогенні, мікроелементи, розчинені гази). Правило постійності концентрацій. Кругообіг хімічних елементів в океані. Біогенні елементи: фосфор і азот. Кисень. Кремній, кальцій і стронцій.

### **ТЕМА 12. Густина морської води**

Метод Т, S-діаграм. Рівняння стану морської води. Теорема «горизонтального руху». Поняття водної маси. Концепція картування океанів на основі виділення водних мас. Типи водних мас Світового океану.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4**

### **Глобальна динаміка вод Світового океану**

### **ТЕМА 13. Морські хвилі**

Поверхневі і об'ємні сили. Елементи і параметри хвиль. Вітрові хвилі. Хвилевий рух води. Розвиток хвиль. Енергія хвиль. Хвилі на мілководді. Рефракція хвиль. Невітрові хвилі. Стоячі хвилі. Сейші. Причини виникнення сейш. Приливні хвилі. Приливоутворююча сила. Статична і динамічна теорія приливів. Цунамі.

### **ТЕМА 14. Теорія Екмана**

Стаціонарні і нестаціонарні течії. Роль сил тиску і сил Коріоліса у формуванні стаціонарних течій. Теорія Екмана. Схема виникнення кругових стаціонарних течій. Феномен Саргасова моря. Екмановське перенесення. Апвелінг і даунвелінг. Екологічна роль апвелінгу. Екваторіальна підповерхнева протитечія, механізм і причини її виникнення. Явище Ель-Ніньо, механізм формування, екологічне значення. Система поверхневих течій Світового океану. Глибинна циркуляція Світового океану.

### **ТЕМА 15. Поверхневі води суші**

Річки. Базові поняття. Річкові мережі і річкові системи. Головний вододіл Землі. Подовжній профіль річки. Швидкість руху річкового потоку. Формула Шезі. Режим річкового стоку. Гідрографи стоку. Чинники, що визначають річковий стік (грунтовий покрив, геологічна будова, рослинність, рельєф, господарська діяльність людини). Живлення і режим річок. Твердий стік. Закон Ері. Селеві паводки. Зональні типи водного режиму річок. Озера. Морфометричні характеристики озера. Генетичні типи озерних улоговин. Водний баланс і режим озер. Коливання рівня озер. Зональність клімату і

режим рівня озер. Тепловий режим озер. Водосховища. Проблема переробки берегів. Проблема замулювання. Проблема мілководь. Проблема наведених землетрусів. Болота. Утворення боліт і їх типи.

## 2. ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Використання практичних занять у навчальному процесі дозволяє збільшити частку самостійної діяльності тих, хто навчається, надає можливість поєднувати репродуктивне і пошукове навчання й саме у такому сенсі є потужним засобом підвищення самостійної пізнавальної активності. За своїм змістом практичні роботи мають безпосередню належність до «самостійної роботи», яку в теорії навчання визначають як дидактичний засіб навчання, штучну педагогічну ситуацію, за допомогою якої викладач організує діяльність. Вони можуть бути використані і як метод навчання, спрямований на підвищення пізнавальної активності, і як форми організації самостійної роботи тих, хто навчається.

Проведення практичних занять у процесі вивчення окремих тем з дисципліни «Основи екології геосфер» підвищує інтенсивність і самостійність навчальної діяльності студентів. Цей процес відбувається через необхідність досягнення конкретної мети та віднайдення шляхів її досягнення, що спонукає до використання різноманітних додаткових джерел інформації, а це, у свою чергу, вимагає певних зусиль, підкріплених мотивацією. Окрім того, розв'язання поставленої задачі, як правило, ініціює взаємодію з одногрупниками, викладачами, а відтак сприяє розвитку і удосконаленню комунікативної компетенції. Проведення практичних робіт на заняттях з дисципліни «Основи екології геосфер» створює передумови усвідомлення ролі і практичного значення набутих знань, виявлення аналітичних, організаторських здібностей, а головне, включає студентів у різні види самостійно-пізнавальної діяльності – практичної, інтелектуальної, предметної.

Головне завдання практичних робіт – подолання розриву між теорією і практикою, посилення міжпредметних зв'язків, формування пізнавальної активності, адже саме на практичних роботах теоретичні знання зазнають корекції, адаптації, визначається можливість їхнього застосування у різних практичних і побутових ситуаціях. Отже у такий спосіб відбувається можливість застосування набутих знань у нових ситуаціях, наочно виявляється їх значення у майбутній професійній діяльності.

Функції, що покладаються на практичні завдання:

1. формування навичок самостійної роботи;
2. поглиблення, розширення та конкретизація теоретичних знань;
3. набуття умінь планувати діяльність, фіксувати і зіставляти проміжні та кінцеві результати; оцінювати їх вірогідність;
4. формування в них навичок творчого мислення, самостійного формулювання та висловлювання власних думок.

У таблиці 1 наведено тематичний план проведення практичних занять.

Таблиця 1

Тематика практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Форма Землі. Дальність видимого горизонту	2
2	Зміна температури та атмосферного тиску з висотою	4
3	Екологічні проблеми атмосфери	4
4	Випаровування. Адіабатичні процеси в атмосфері. Аерологічна діаграма	4
5	Роза вітрів	2
6	Хімічні та фізичні властивості природних вод	2
7	Світовий океан і його частини	2
8	Морські солі	2
9	Метод T,S-діаграм і T,S-кривих	4
10	Побудова гідрографа та його генетичний аналіз	2
11	Визначення падіння та похилу русла, витрат води річки	2
12	Екологічні проблеми гідросфери	2
	<b>Усього</b> .....	<b>32</b>

### 3. РОЗГОРНУТА ПРОГРАМА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

#### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

**Тема:** Форма Землі. Дальність видимого горизонту.

**Мета:** Ознайомитися з особливостями форми Землі, навчитися визначати видимий горизонт за заданою висотою.

#### Поняття та визначення

У першому наближенні Земля куля, у другому наближенні Земля еліпсоїд обертання. Проте точні геодезичні виміри показують, що Земля – це не двовісний, а тривісний еліпсоїд обертання тобто. екватор не коло, а еліпс.

*Екваторіальний радіус Землі = 6378 км 245 м,*

*полярний радіус Землі = 6356 км 863 м;*

*невелика вісь екваторіального еліпса менше великої на 213 м.*

Ці дані характеризують математично правильну фігуру Землі, зокрема, таку, яка була б при однорідних властивостях речовини всіх геосфер. Реальна Земля має неоднорідну будову і, отже, складнішу форму, яка відрізняється від ідеального тривісного еліпсоїда обертання. Реальна фігура твердого тіла Землі називається геоїдом. Геоїд – це уявна тривимірна поверхня, в кожній точці якої напрям сили тяжіння перпендикулярний до неї. В океанах геоїд збігається з незбуреною поверхнею води. Максимальні відхилення геоїду від тривісного еліпсоїда Красовського сягає 150 м. Еліпсоїд Красовського – земний еліпсоїд, визначений із градусних вимірів у 1940 році групою під керівництвом Ф. Н. Красовського. Довжина великого кола (екватора) і кожного з меридіанів на земній кулі становить понад 40 тис. км. Звідси  $1^\circ$  по меридіану і по екватору становить 111,3 км ( $40000 \text{ км} : 360^\circ$ , довжина  $1'$  дуги кола – 1,85 км (1 миля), а  $1''$  – 30,8 м. Величина в км  $1^\circ$  на різних паралелях неоднакова: чим далі від екватора, тим вона буде меншою (табл. 2).

Горизонт (від грецької *horizontos* – обмежуючий) – лінія, по якій небо здається межує з земною поверхнею (видимий горизонт). На висоті очей дорослої людини видимий горизонт становить близько 5 км. Лінія, де горизонт начебто стикається з небесною сферою, називається лінією горизонту. Ця лінія ілюзорна. Адже чим вище піднімається спостерігач, тим далі вона буде віддалятися.

## Довжина дуги 1° паралелі на різних широтах

Географічна широта, град	Довжина, км	Довжина паралелі, км
0	111,321	40 068
5	110,901	39 924
10	109,641	39 456
15	107,552	38 718
20	104,649	37 674
25	100,952	36 342
30	96,488	34 740
35	91,290	32 868
40	85,395	30 744
45	78,848	28 386
50	71,697	25 812
55	63,995	23 040
60	55,801	20 088
65	47,176	16 992
70	38,187	13 752
75	28,902	10 404
80	19,394	6 984
85	9,735	3 492
90	0,000	40 068

Горизонт має чотири основні і чотири проміжні сторони (рис. 1).  
Основні сторони: північ (Пн), південь (Пд), захід (Зх), схід (Сх).

Проміжні: північний захід (ПнЗх), північний схід (ПнСх), південний захід (ПдЗх), південний схід (ПдСх).

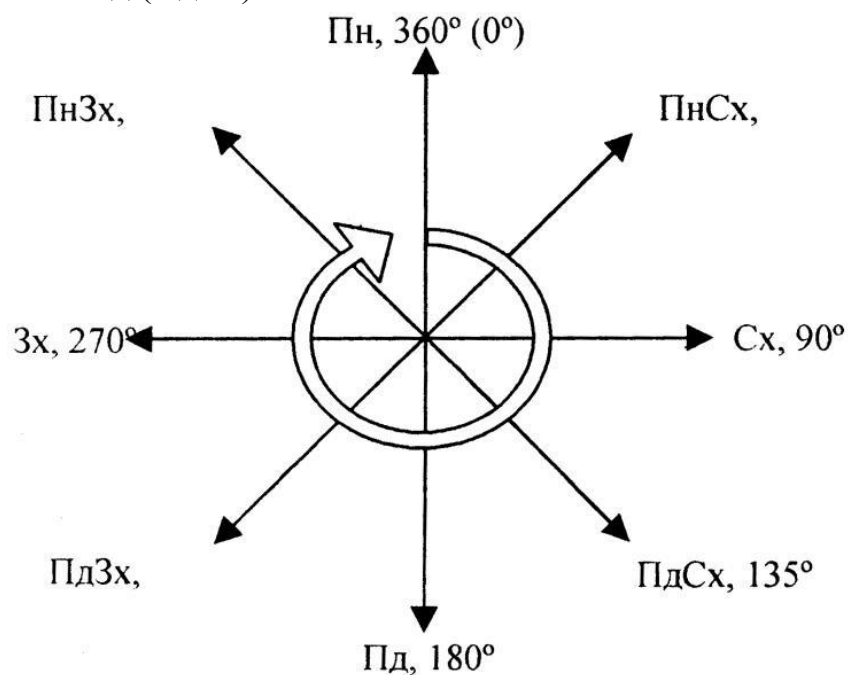


Рис. 1 – Сторони світу

Дальність видимого горизонту кулястої Землі при нормальному стані атмосфери визначається за формулою:

$$L = k\sqrt{h}, \quad (1)$$

де  $h$  - висота місця спостереження (в метрах),  $L$ - дальність видимого горизонту (в кілометрах),  $k = 3,86$  (з урахуванням рефракції атмосферного повітря),  $k = 3,57$  (без урахування рефракції атмосфери)

### Виконати наступні завдання

**Завдання 1.** Визначте відстань від м. Києва ( $50^{\circ}30'$ ) до екватора, північного і південного полюсів, північного тропіка ( $23^{\circ}30'$ ) по меридіану.

**Завдання 2.** За даними табл. 3. побудуйте графік залежності дальності видимого горизонту (в кілометрах) від висоти місця спостереження (в метрах). За допомогою цього графіка встановіть дальність видимого горизонту з вершин гір: Говерла ( $h = 2061$  м); Етна ( $h = 3264$  м); Фудзіяма ( $h = 3776$  м); Ельбрус ( $h = 5633$  м); Кіліманджаро ( $h = 5895$  м); Аконкагуа ( $h = 6960$  м); Джомолунгма ( $h = 8848$  м).

Таблиця 3

Дальність видимого горизонту

Висота спостерігача, м	Дальність видимого горизонту, км	Висота спостерігача, м	Дальність видимого горизонту, км
0	3,8	500	85,6
10	12,1	1000	121,0
50	27,1	5000	271,0
100	38,3	10000	383,0

### Методичні вказівки

На горизонтальній осі графіка відкладають висоту місця спостереження ( $h$ ), а на вертикальній – відстань до уявного горизонту ( $L$ ). Перед побудовою кожного графіка потрібно розрахувати його розміри на основі заданого масштабу за різницею між найбільшою і найменшою величиною аргументу і функції. Це допоможе краще розмістити графік на папері. Доцільно будувати два графіки: один для висоти від 1 м до 50 м, а другий – більше 50 м за різними масштабами.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

**Тема:** Зміна температури та атмосферного тиску з висотою.

**Мета:** На основі розв'язування задач закріпити знання про закономірності зміни температури та атмосферного тиску з висотою.

### Поняття та визначення

У вертикальному розрізі температура повітря змінюється складним, але закономірним чином. За цією ознакою земна атмосфера ділиться на кілька концентричних оболонок (тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера (іоносфера й екзосфера), які різняться не лише за температурними, а й за деякими іншими умовами.

У проміжку між кожним з цих п'яти основних шарів знаходяться перехідні зони, звані «паузами», де відбуваються зміни температури, складу і щільності повітря. Разом із паузами, атмосфера Землі загалом включає 9 шарів.

З усіх шарів атмосфери тропосфера є тим, з яким ми найбільше знайомі (усвідомлюєте ви це чи ні), оскільки ми живемо на її дні. Вона огортає поверхню Землі і простягається на кілька кілометрів.

*Тропосферою називають нижню частину атмосфери до висоти 10 км–15 км, в якій зосереджено 80% всієї маси атмосферного повітря.*

Слова «тропосфера» та «тропіки» походять від грецького слова «тропос» (тобто поворот). Над тропосферою відбувається «поворот» температури у бік збільшення, а над тропіками – «поворот» Сонця у дні сонцестоянь.

Для тропосфери характерне зменшення температури з висотою, в середньому на  $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$  при підйомі на кожні 100 м.

Через те, що нижні шари тропосфери в загальному випадку тепліші за верхні, у тропосфері сильно розвинена турбулентність, особливо сильно - поблизу земної поверхні .

На вершині тропосфери знаходиться тонкий шар, званий тропопаузою, який є лише буфером між тропосферою і стратосферою. Перехідний шар між тропосферою та стратосферою (товщиною 1–2 км) носить назву тропопаузи.

Тропопауза - це шар мінімальної температури між тропосферою та стратосферою.

Висота тропосфери над кожним місцем Землі змінюється день у день, і навіть різна під різними широтами й у різні сезони року. У середньому річному циклі висота тропосфери над полюсами близько 9 км, над помірними широтами до 12 км та над екватором до 17 км. На екваторі середньорічна температура повітря біля поверхні – близько  $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а на Північному полюсі - близько  $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На верхній межі тропосфери над екватором середня температура –

близько  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , над Північним полюсом взимку – близько  $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а влітку – близько  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Процеси, що відбуваються у тропосфері, мають безпосереднє та вирішальне значення для погоди та клімату біля земної поверхні.

Сила, з якою атмосфера тисне на одиницю площі земної поверхні, називається **атмосферним тиском**. Атмосферний тиск визначається вагою повітряного стовпа, основа якого  $1\text{ см}^2$ , а висота – від точки вимірювання до верхньої межі атмосфери. За нормальний атмосферний тиск вважають тиск повітря на рівні моря на широті  $45^{\circ}$  при температурі  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . За цих умов атмосфера тисне на кожний квадратний сантиметр земної поверхні. Цей тиск може бути зрівноважений стовпчиком ртуті заввишки  $760\text{ мм}$  або стовпчиком води при температурі  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  заввишки  $10,33\text{ м}$ .

Атмосферний тиск вимірюється висотою ртутного стовпчика у міліметрах, гектопаскалями (гПа) або мілібарам (мбар).  $100\text{ Па}$  складають  $1\text{ гектопаскаль (гПа)}$ , або  $1\text{ мілібар (мбар)}$ .  $1\text{ гПа}$  відповідає  $\frac{3}{4}\text{ мм}$  ртутного стовпа. На практиці використовують усі одиниці для визначення атмосферного тиску: Па, гПа, мбар, мм рт. ст. У метеорології тривалий час використовували одиницю мілібар, зараз – гектопаскаль.

Величина атмосферного тиску змінюється при зміні температури повітря, а також при зменшенні густини повітря з висотою. У нижніх шарах тропосфери з підняттям угору на кожні  $100\text{ м}$  атмосферний тиск знижується в середньому на  $10\text{ мм рт. ст. (13,332 гПа)}$ .

Висота, на яку треба піднятися (опуститися), щоб атмосферний тиск змінився на одиницю виміру ( $1\text{ мм}$  або  $1\text{ гПа}$ ), називається **баричним ступенем**.

Баричний ступінь змінюється відповідно до зміни атмосферного тиску і температури повітря. Так, при нормальному атмосферному тиску і температурі повітря  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  баричний ступінь дорівнює  $7,8\text{ м/гПа}$  (приблизно  $8\text{ м/гПа}$ ,  $8\text{ м}$  на  $0,8\text{ мм рт. ст.} = 10\text{ м/мм рт. ст.}$ ). Тобто на рівні моря треба піднятися на  $8\text{ м}$ , щоб тиск упав на  $1\text{ гПа}$ . Точні розрахунки зміни атмосферного тиску з висотою ведуться за формулами, однією з яких є формула Бабіне:

$$h = 8000 \cdot \frac{2(P_1 - P_2)}{P_1 + P_2} \cdot (1 + 0,004 \cdot t_{\text{сеп.}}), \quad (2)$$

де  $h$  – різниця висот двох рівнів;

$t$  – середня температура повітря (сума температур нижнього і верхнього рівнів, поділена навпіл);

$P_1$  – тиск на нижньому рівні (гПа);

$P_2$  – тиск на верхньому рівні (гПа);

8000 – висота однорідної атмосфери;

0,004 – коефіцієнт об'ємного розширення газів.

Формулою Бабіне користуються у випадку, коли різниця висот між першим рівнем, атмосферний тиск якого нам відомий, і другим рівнем, атмосферний тиск якого ми визначаємо, не перебільшує 1000 м. За такої умови можна вважати густину повітря на обох висотних рівнях однаковою, що робить формулу Бабіне наближеною, але простою у користуванні.

### **Виконати наступні завдання**

**Задача 1.** На якій приблизно висоті в горах з'явиться зона снігів та льодовиків, якщо біля підніжжя середня річна температура становить  $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Задача 2.** Січнева температура повітря на вершині гори у середньому дорівнює  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а біля її підніжжя на висоті 400 м над рівнем моря  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Визначте абсолютну висоту гори.

**Задача 3.** Визначте, чому дорівнює температура повітря на вершині гори Аконкагуа (6959 м), якщо температура повітря біля її підніжжя становить  $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Задача 4.** Визначте температуру повітря за бортом літака, що вилетів з аеропорту при температурі  $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$  і піднявся на висоту 6500 м.

**Задача 5.** Чи може утворитися льодовик на вершині гори Кіліманджаро в Африці, якщо температура біля підніжжя гори  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? А через кожен км висоти температура повітря знижується в середньому на  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Задача 6.** Атмосферний тиск на рівні океану – 760 мм рт. ст., у місті, яке розташоване на березі моря, тиск – 730 мм рт. ст. Визначте, на якій висоті над рівнем моря розташоване місто, якщо баричний ступінь ( $\Delta P$  – 1 мм рт. ст. / 10 м).

**Задача 7.** Визначити тиск повітря на висоті 500 м, якщо на рівні моря він становить 740 мм рт. ст.

**Задача 8.** Визначити атмосферний тиск на вершині гори Говерла (2061 м), якщо на висоті 183 м він у цей час становить 720 мм рт. ст.

**Задача 9.** Тиск повітря на вершині гори становить 550 мм рт. ст., а біля її підніжжя – 760 мм рт. ст. Визначити висоту гори.

**Задача 10.** Атмосферний тиск біля підніжжя гори 760 мм рт. ст., а температура повітря  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Визначити атмосферний тиск на вершині гори, якщо температура повітря на ній становить  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Задача 11.** Який атмосферний тиск на вершині труби заводу, якщо її висота – 50 м, а тиск повітря біля основи труби – 750 мм рт. ст.

**Задача 12.** За нормальних атмосферних умовах тиск повітря у районі найвищої точки штату Нью-Мексико (гора Норт-Тручас-Пік) становить 363 мм рт. ст. Яка абсолютна висота цієї точки?

**Задача 13.** Коли альпіністи піднялися на гірську вершину, тиск повітря був лише 52 мм рт. ст. У деяких учасників сходження з'явилися ознаки «гірської хвороби»: сонливість, запаморочення, нудота і навіть кровотеча з вух і носа. Яка висота повинна бути вказана для цієї вершини при нанесенні її на карту?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

**Тема:** Екологічні проблеми атмосфери.

**Мета:** Забезпечити майбутніх спеціалістів основами екологічних знань, систематизувати знання про основні наслідки забруднення атмосферного повітря, їх сутність, причини виникнення та шляхи їх розв'язання.

### Поняття та визначення

Атмосфера – це повітряна оболонка Землі, що є однією з найголовніших умов життя. Атмосферне повітря – життєво важливий компонент навколишнього природного середовища. Протягом тисячоліть господарча діяльність людини пристосовувалась до навколишніх кліматичних умов, але не зважала на те, як вона впливає на клімат: позитивно чи негативно. Коли кількість населення Землі була порівняно малою, здавалось, що антропогенний вплив на природу, як результат господарчої діяльності, не чинить дії на стабільність кліматичних процесів. Але у ХХ ст. діяльність людини все більше набувала таких масштабів, що постало питання про неумисну дію господарчої діяльності людини на клімат. Впливають на клімат такі процеси, які набули вже глобального характеру: спалювання викопного органічного палива і надходження в атмосферу  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ; викидання в атмосферу промислових відходів, які змінюють склад атмосфери, збільшують вміст радіаційно-активних газів і аерозолів. Обидва ці процеси збільшують парниковий ефект; розорювання величезних масивів землі, які сприяють зміні альbedo, швидкій втраті вологи, підйому пилу в атмосферу; знищення лісів, особливо тропічних, які впливають на відтворення кисню, зміни альbedo і випаровування; перевипасання худоби, яке перетворює степи і савани у пустелі, через що змінюється альbedo, висушується ґрунт.

Таким чином, у теперішній час людина змінює не лише характер поверхні Землі, але й хімічний склад атмосфери, а також її фізичні властивості. Вплив людини на клімат настільки збільшився, що її господарчу діяльність розглядають як особливий антропогенний фактор клімату. Вплив цього чинника виражається в основному неперервно зростаючим виробництвом енергії, що спричиняє додаткове надходження в атмосферу тепла, вуглекислого газу і аерозолів при спалюванні у величезній кількості палива. Це теплове і аерозольне забруднення повітря охоплює не лише тропосферу, але й стратосферу, на яку тепер впливають надзвукові літаки, вихлопні продукти яких постійно зменшують вміст озону в ній і цим посилюють інтенсивність короткохвильової радіації Сонця, що надходить до поверхні землі. Така радіація негативно впливає на тканини тваринних і рослинних організмів.

**Завдання.** Підготувати доповідь, використовуючи літературні джерела з наведеної теми.

Пропонуються наступні теми доповідей

1. *Забруднення повітря викидами промисловості.*
2. *Викиди окремих забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферу.*
3. *Основні забруднювачі атмосферного повітря : характеристики, вплив на організм людини.*
4. *Заходи та засоби попередження забруднення атмосферного повітря.*
5. *Антропогенне забруднення атмосферного повітря та його негативні екологічні наслідки.*
6. *Проблема виснаження озонового шару Землі.*
7. *Вплив кислотних дощів на рослинний, тваринний світ та життя людей.*
8. *Природні джерела забруднення атмосфери.*
9. *Забруднення атмосфери автотранспортом, зниження токсичних викидів.*

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4

**Тема:** Випаровування. Адіабатичні процеси в атмосфері Аерологічна діаграма.

**Мета:** Навчитися визначати абсолютну та відносну вологість повітря, закріпити знання про адіабатичні процеси в атмосфері.

### Поняття та визначення

**Випаровування.** Вміст водяної пари у повітрі називають вологістю повітря.

Основні характеристики вологості – парціальний тиск водяної пари та відносна вологість. Водяна пара, як всякий газ, має пружність (тиск). Чим більша щільність (маса в одиниці об'єму) водяної пари, тим більший її парціальний тиск. Водяна пара безперервно надходить в атмосферу в результаті випаровування з поверхні водойм, ґрунту та внаслідок транспірації (випаровування рослинністю). Випаровування, на відміну від транспірації, називають ще фізичним випаровуванням, а транспірацію разом – сумарним випаровуванням.

У процесі випаровування одночасно з відривом молекул від поверхні води або ґрунту відбувається і зворотний процес, тобто їх перехід із повітря у воду чи ґрунт. Якщо досягається стан рухомої рівноваги, коли повернення молекул стає рівним їх віддачі з поверхні, то випаровування припиняється: відрив молекул з поверхні продовжується, але він покривається поверненням молекул. Такий стан називають насиченням.

Водяну пару в цьому стані, а також повітря, що містить водяну пару, називають насиченим, а створований ним тиск – тиском насиченої водяної пари.

Для кожної рідини, в тому числі і для води, існує залежність між концентрацією її насиченої пари та температурою повітря: тиск насиченої водяної пари (або густина) зростає з температурою. Це означає, що при високій температурі повітря здатне утримувати більше водяної пари, ніж при низькій.

Залежність густини насиченої водяної пари від температури показана на рис. 2.

Нехай, наприклад, температура вологого повітря, що містить 20 г вологи в кубічному метрі, опуститься нижче 23 °С; у такому разі водяна пара виявиться насиченою. При подальшому охолодженні повітря в ньому залишиться стільки пари, скільки дозволяє крива, показана на рис. 2.

Наприклад, при температурі +10 С у ньому залишиться не більше 9 г вологи в кубічному метрі, вся решта вода ( $20 - 9 = 11$  г) конденсується.

Якщо повітря містить водяної пари менше, ніж потрібно для її насичення при даній температурі (поле правіше кривої на рис. 2), то можна визначити, наскільки повітря близьке до стану насичення. Для цього обчислюють відносну вологість.

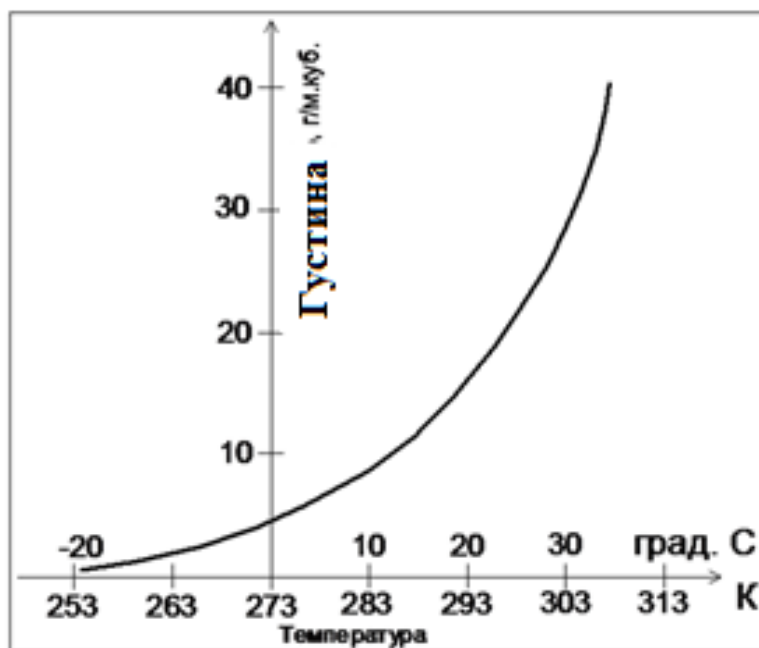


Рис. 2 – Залежність густини насиченої водяної пари від температури

Відносна вологість – це відношення фактичного вмісту водяної пари до можливого при даній температурі, виражене у відсотках.

Відносну вологість повітря визначають за формулою:

$$r = q / Q \times 100 \%, \quad (3)$$

де  $r$  – відносна вологість,  $q$  – абсолютна вологість,  $Q$  – стан насичення.

*Наприклад, при температурі 20 °С тиск насиченої пари дорівнює 23,4 гПа. Якщо при цьому фактичний тиск водяної пари в повітрі буде 11,7 гПа, то відносна вологість повітря дорівнює  $(11,7/23,4) \cdot 100 = 50 \%$ . Відносна вологість повітря може приймати всі значення, від нуля, у разі сухого повітря, до 100 %..*

**Конденсація** – це перехід води з газоподібного стану в рідкий. При конденсації в атмосфері утворюються дрібні краплі діаметром близько кількох мм. У природних умовах у атмосфері конденсація починається тоді, коли досягається стан насичення. Найчастіше це відбувається при зниженні температури до точки роси.

**Точка роси** – це температура, при якій вологе ненасичене повітря, що охолоджується, стає насиченим.

### Завдання 1. Задачі на знаходження відносної і абсолютної вологості повітря

**Задача 1.** Визначте відносну вологість повітря, якщо відомо, що при температурі 20 °С в 1 м<sup>3</sup> повітря водяної пари міститься 15 г (при даній температурі в 1 м<sup>3</sup> повітря може міститися 17 г водяної пари).

**Задача 2.** Температура повітря 20 °С, а дефіцит вологи становить 3,2 г/м<sup>3</sup>. Визначте відносну вологість повітря, якщо точка роси при даній температурі становить 17 г/м<sup>3</sup> водяної пари.

**Задача 3.** Кімната має розміри 6 м × 4 м × 3 м. Визначити, при якій кількості водяної пари в повітрі буде відбуватися конденсація, якщо температура у класній кімнаті 20 °С.

**Задача 4.** Визначте відносну вологість повітря, якщо абсолютна вологість становить 12 г/м<sup>3</sup>, а вологість насичення за даної температури – 23 г/м<sup>3</sup>.

**Задача 5.** Визначити відносну вологість повітря, якщо в 1 м<sup>3</sup> повітря міститься 10 г водяної пари, а за даної температури могло б міститися 25 г.

**Задача 6.** Визначте відносну вологість повітря, якщо абсолютна вологість повітря становить 6 г/м<sup>3</sup>, а температура повітря +10 °С.

**Задача 7.** Температура повітря – (-20 °С). Абсолютна вологість – 0,65 г/м<sup>3</sup>. Визначте відносну вологість повітря. Використовуйте таблицю 4.

Таблиця 4

Абсолютна вологість повітря, що перебуває у стані насичення залежно від температури

t°С	Q г/м <sup>3</sup>	t°С	Q г/м <sup>3</sup>	t°С	Q г/м <sup>3</sup>
0	5,0	28	27,4	-20	1,0
1	5,4	29	28,7	-19	1,15
2	5,8	30	30,0	-18	1,3
3	6,2	31	32,1	-17	1,45
4	6,6	32	34,2	-16	1,6
5	7,0	33	36,3	-15	1,75
6	7,4	34	38,4	-14	1,9
7	7,8	35	40,5	-13	2,05
8	8,2	36	42,6	-12	2,2
9	8,6	37	44,7	-11	2,35
10	9,0	38	46,8	-10	2,5
11	9,8	39	48,9	-9	2,75
12	10,6			-8	3,0
13	11,4			-7	3,25
14	12,2			-6	3,5
15	13,0			-5	3,75
16	13,8			-4	4,0
17	14,6			-3	4,25
18	15,4			-2	4,5
19	16,2			-1	4,75
20	17,0				
21	18,3				
22	19,6				
23	20,9				
24	22,2				
25	23,5				
26	24,8				
27	26,1				

**Задача 8.** Температура повітря –  $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а відносна вологість – 33 %.

Знайти абсолютну вологість цього повітря. *Використовуйте таблицю 4.*

**Задача 9.** Фактичний вміст водяної пари в повітрі при температурі  $+33\text{ }^{\circ}\text{C}$  дорівнює  $15\text{ г/м}^3$ . Чому дорівнює відносна вологість такого повітря? *Використовуйте рис. 2.*

**Задача 10.** Скільки грамів вологи конденсується з повітря, яке мало температуру  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , після зниження температури до  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . *Використовуйте рис. 2.*

**Адіабатичні процеси в атмосфері.** Термін «адіабатичний» походить від грецького *adiabatos* – непрохідний.

Адіабатичними називають процеси, які змінюють стан фізичного тіла без припливу і віддачі тепла. Температура повітря може змінюватись і часто дійсно змінюється адіабатично, тобто без теплообміну з навколишнім середовищем.

Адіабатичне нагрівання повітря від стиснення можна бачити, наприклад, при роботі з велосипедним насосом, коли нижня частина його сильно нагрівається. Прикладом адіабатичного охолодження повітря під час розширення може бути сильне охолодження шлангів під час запуску моторів стисненим повітрям. При різкому розширенні повітря шланги іноді покриваються інеєм.

В атмосфері адіабатичні процеси відіграють важливу роль. Якщо деяка маса атмосферного повітря піднімається, вона адіабатично розширюється, внаслідок чого тиск і температура в ній падають. При опусканні повітряної маси вона адіабатично стискається, внаслідок чого тиск і температура повітря збільшуються. Строго адіабатичних процесів у атмосфері немає: ніяка маса повітря не може бути повністю ізольована від теплового впливу довкілля. Однак якщо атмосферний процес протікає швидко і теплообмін за цей час невеликий, то з досить добрим наближенням зміну стану можна вважати адіабатичним.

Адіабатичні зміни температури відбуваються в результаті перетворення внутрішньої енергії газу на роботу або роботу у внутрішню енергію. При розширенні маси повітря проводиться робота проти зовнішніх сил тиску, на яку витрачається внутрішня енергія повітря. Тому температура повітря під час розширення падає. При стисканні маси повітря стосовно неї зовнішніми газами атмосфери проводиться робота стискування, у результаті швидкість молекулярних рухів збільшується, тобто зростає температура повітря.

**Сухоадіабатичні зміни температури.** Якщо повітря сухе або вологе, але ненасичене, то адіабатичні зміни стану такого повітря відбуваються за сухоадіабатичним законом.

*Встановлено, що сухе або не насичене паром повітря при піднятті на кожні 100 м охолоджується на 1 °С (точніше на 0,98 °С), а при опусканні на 100 м на таку ж величину нагрівається. Для сухого та ненасиченого повітря ця величина зміни його температури при вертикальних переміщеннях є постійною величиною і називається сухоадіабатичним градієнтом ( $\gamma_a$ ), а сухоадіабатичний закон є лінійним.*

**Вологоадіабатична зміна температури.** Деяко інакше відбуваються адіабатичні зміни температури в повітрі, насиченому паром. Коли піднімається насичене повітря, в ньому одночасно йдуть два процеси:

- (1) розширення та адіабатичне падіння температури та
- (2) конденсація водяної пари, що обумовлена зниженням температури.

Другий процес йде з виділенням прихованої теплоти пароутворення. Тому адіабатичне охолодження насиченого повітря, що піднімається, відбувається повільніше, ніж 1°С на 100 м. При цьому величина, на яку сповільнюється охолодження повітря через конденсацію, – непостійна. Вона залежить від того, скільки пари конденсується і скільки виділяється прихованої теплоти. При високій температурі в насиченому повітрі багато пари, тому при охолодженні конденсація відбувається сильніше, виділяється більше тепла, і повітря, що піднімається, охолоджується менше. При низькій температурі в насиченому повітрі мало пари, конденсація невелика, тепла виділяється мало, і охолодження повітря, що піднімається, відбувається майже так само, як і сухого повітря, тобто за сухоадіабатичним законом.

*Падіння температури в насиченому повітрі при підйомі його на одиницю висоти (100 м) називають вологоадіабатичним градієнтом  $\gamma_v$ . Цей градієнт, на відміну від сухоадіабатичного, непостійний. Тому закон адіабатичної зміни температури в насиченому повітрі, що піднімається, називається вологоадіабатичним.*

**Аерологічна діаграма.** Зміна температури при адіабатичному процесі у масі повітря, що вертикально рухається, можна зобразити графічно, відкладаючи по осі абсцис температуру, а по осі ординат висоту. Крива адіабатичної зміни температури називається адіабатою.

На графіку залежності температури від висоти, якщо температура і висота відкладені по осях в лінійній шкалі, сухі адіабати повинні бути прямими лініями. Але зміна температури при вологоадіабатичному процесі – величина змінна. Тому вологі адіабати на графіках будуть не прямими, а кривими лініями. Вологі адіабати нахилені до осі абсцис менше, ніж сухі адіабати. На великих висотах, де вологоадіабатичний градієнт наближається до сухоадіабатичного, нахил вологих адіабат наближається до нахилу сухих адіабат. Тому на графіку вологі адіабати вигнуті вгору. Графік, на який

нанесені сімейства сухих та вологих адіабат для різних значень температури та висоти (або тиску) називають аерологічною діаграмою (рис. 3).

Аерологічна діаграма служить для кількісного визначення змін стану при адіабатичних процесах.

Наприклад, нам відомі температура  $T_0$  і тиск  $P_0$  в початковий момент і необхідно визначити температуру, якщо тиск зміниться до  $P$  при сухоадіабатичному зміні стану повітряної маси.

Перпендикуляр, опущений із цієї точки перетину на вісь абсцис, дасть значення температури за цих нових умов. Якщо ж при якомусь тиску повітря стало насиченим, потрібно далі простежувати його стан по вологій адіабаті, що проходить через точку, що відповідає тиску  $P$ .

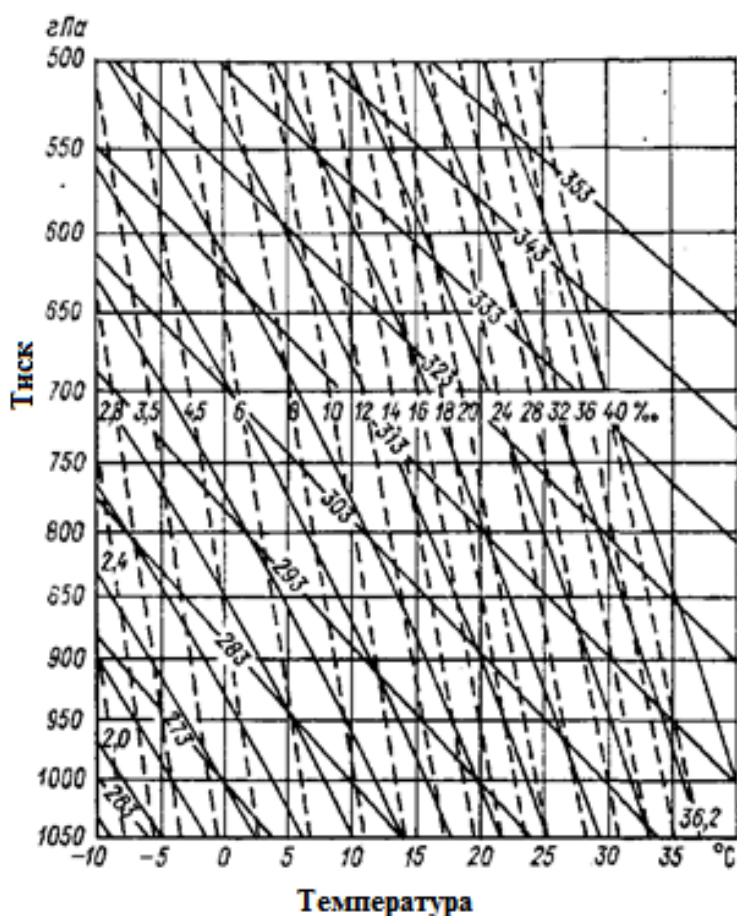


Рис. 3 – Аерологічна діаграма

*Суцільні лінії з великим кутом нахилу – сухі адіабати, з меншим кутом нахилу – вологі адіабати, пунктирні лінії – ізолінії масової частки водяної пари для стану насичення*

**Псевдоадіабатичний процес.** Нехай вологе ненасичене повітря піднімається вгору (рис. 4). Зі зниженням тиску температура повітря зменшується. Поки повітря ненасичене, температура падає за сухоадіабатичним законом. При подальшому підйомі повітря внаслідок падіння температури досягається рівень конденсації. Утворюється хмарність, випадають атмосферні опади, а температура повітря змінюється за вологоадіабатичним законом.

Поступово, у міру зменшення відносної вологості, адіабатичне падіння температури починає наближатися до сухоадіабатичного закону. Допустимо, повітряна маса, досягнувши деякої висоти, починає опускатися. Тепер повітря ненасичене, тому його температура при опусканні зростатиме знову за сухоадіабатичним законом. Якщо повітряна маса опуститься на вихідний гіпсометричний рівень, то температура повітря виявиться вищою за початкову.

Таким чином, у повітряній масі стався незворотний процес: хоча вона повернулася на рівень вихідного тиску, вона не змогла зберегти свого вихідного стану – її кінцева температура виявилася вищою за початкову. Такий процес називається псевдоадіабатичним.

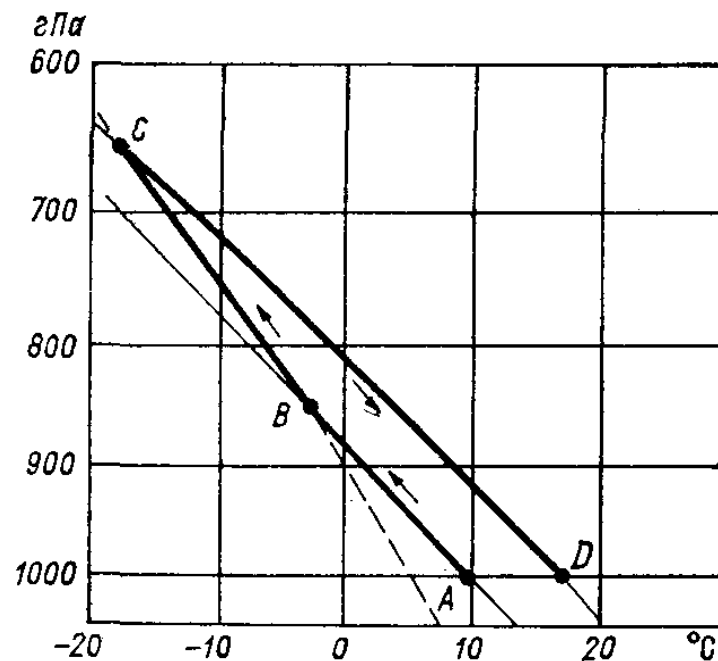


Рис. 4 – Псевдоадіабатичний процес на аерологічній діаграмі  
Від точки *A* до точки *B* температура повітря падає сухоадіабатично, від точки *B* до точки *C* – вологадіабатично, від точки *C* до точки *D* росте сухоадіабатично

Механізм псевдоадіабатичного процесу пояснює той факт, що пустельні області планети розташовуються не в екваторіальному поясі планети, який максимально прогрівається за рахунок сонячної енергії, а на північ і на південь від екватора, приблизно на 35-х широтах Північної та Південної півкуль.

## **Завдання 2. Задачі на кількісного визначення змін стану при адіабатичних процесах**

**Задача 1.** Вологе, але ненасичене повітря з температурою  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  піднімається з рівня моря до висоти, що відповідає тиску 270 гПа (причому в інтервалі тисків від 700 гПа до 270 гПа відбувається конденсація вологи). Потім сухе повітря опускається до рівня моря. Чому дорівнюватиме його температура

на рівні моря (для визначення температури використовуйте аерологічну діаграму – рис. 3).

**Задача 2.** Вологе, але ненасичене повітря з температурою  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  піднімається з рівня моря до висоти, що відповідає тиску 340 гПа (причому в інтервалі тисків від 535 гПа до 340 гПа відбувається конденсація вологи). Потім сухе повітря опускається до рівня моря. Чому дорівнюватиме його температура на рівні моря (для визначення температури використовуйте аерологічну діаграму, рис. 3.)

**Задача 3.** Вологе, але ненасичене повітря з температурою  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  піднімається з рівня моря до висоти, що відповідає тиску 570 гПа (причому в інтервалі тисків від 820 гПа до 570 гПа відбувається конденсація вологи). Потім сухе повітря опускається до рівня моря. Чому дорівнюватиме його температура на рівні моря (для визначення температури використовуйте аерологічну діаграму – рис. 3).

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

**Тема:** Роза вітрів.

**Мета:** Навчитися самостійно будувати розу вітрів за даними метеоспостережень та враховувати отримані результати у практичній діяльності.

### Поняття та визначення

Вітер – це переміщення повітря в горизонтальному напрямку з області високого тиску в область низького тиску. Швидкість вітру виражається:

(1) у м/с, (2) у км/год (особливо при обслуговуванні авіації), (3) у вузлах (морських милях на годину), (4) у балах (т. з. шкала Бофорта, розроблена у 1806 р. англійським адміралом Ф. Бофортом).

Роза вітрів – це діаграма, що характеризує режим вітру в даній місцевості за результатами багаторічних спостережень. Довжина променів, що розходяться від центру, пропорційна повторюваності вітрів за цими напрямками. Рози вітрів використовуються не лише в метеорології та кліматології, вони також мають важливе прикладне значення – є необхідними у містобудівельному проектуванні при розміщенні промислових підприємств відносно селітебних територій (з метою мінімізації рівня забруднення повітря біля житлових будинків), для визначення правильної орієнтації вулиць та будинків у місті, при плануванні злітно-посадкових смуг в аеропортах тощо.

Використовуючи побудовану розу вітрів, можна зробити наступні висновки: промислові об'єкти, об'єкти сільського господарства краще розташовувати з південного або північного боків від місця спостереження; лісові вітрозахисні смуги, снігозатримуючі споруди повинні мати напрямок з півночі на південь.

### Завдання

За даними з варіанту, обраного викладачем (див. табл. 5), побудувати розу вітрів для заданої метеорологічної станції для липня (позначити червоним кольором), січня (синім кольором) та за рік (чорним кольором) та описати її.

### Методичні вказівки

1. На аркуші паперу олівцем з однієї точки проводять вісі, що відповідають напрямкам восьми румбів: Пн-Пд, З-С, ПнС-ПдЗ, ПнЗ-ПдС, таким чином, щоб кут між сусідніми прямими становив  $45^\circ$ .

2. На побудованих осях в обраному (довільному) масштабі відкладається повторюваність кожного напрямку вітру. Повторюваність штилю може бути записана цифрою в кружечку на перетині усіх осей.

3. Відкладені відрізки з'єднуються прямими лініями. Отриманий графік і буде розою вітрів. Рози вітрів можуть будуватися за рік, за сезон, за місяць. Досить часто будують розу вітрів за даними найтеплішого та найхолоднішого місяця року – за липень та за січень (рис. 5).

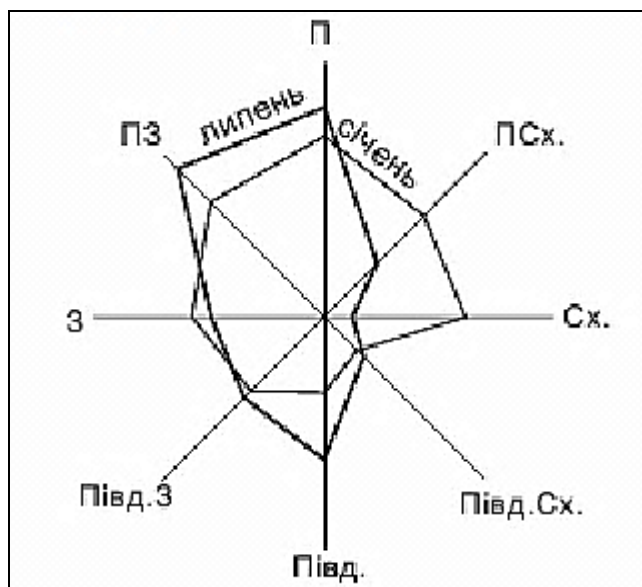


Рис. 5 – Роза вітрів за даними найтеплішого та найхолоднішого місяця року – за липень та за січень

Таблиця 5

Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю отримані з різних метеорологічних станцій (*Вихідні дані для практичної роботи 5*)

Місяць	Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю								
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
<b>Варіант I (Чернігів)</b>									
I	9,8	8,3	14,1	9,9	17,5	14,8	15,3	10,3	14,9
VII	19,5	10,8	6,5	4,8	8,8	10,9	21,4	17,3	25,7
Рік	12,7	9,2	11,5	10	14,9	13,1	16,7	11,9	19,1
<b>Варіант II (Суми)</b>									
I	7,6	8,8	13,7	19,5	13,5	11,9	13,9	11,1	3,3
VII	14,1	11,1	9,5	10,5	7,6	8,5	19	19,7	7,9
Рік	9,4	9,2	13,6	17,5	12,1	10,5	15	12,7	4,9
<b>Варіант III (Луцьк)</b>									
I	4	3,2	11	18,5	18,7	14,6	18,8	11,2	6,2
VII	11,7	5,8	8,1	8,7	9	11,5	25,2	20	14,4
Рік	8	5,2	11	15,7	15,2	12,5	18,8	13,6	10,1
<b>Варіант IV (Рівне)</b>									
I	5,3	3,5	12,8	16,7	12,5	14,7	26,6	7,9	7,4
VII	11,4	5,9	8,5	7,7	6,7	12,6	29,9	17,3	15,5
Рік	8,1	5,6	12,1	14,6	11,1	12,8	25	10,7	10,7

## Продовження таблиці 5

<b>Варіант V (Житомир)</b>									
I	6,8	6,4	9,9	15,1	13	14,4	19,5	14,9	7,4
VII	11,9	7,9	5,5	6,7	7,7	9,4	24,7	26,2	14,6
Рік	9,3	7,7	8,7	13,5	12,8	11,5	18,9	17,6	11
<b>Варіант VI (Київ)</b>									
I	12,1	6,8	10,2	15,1	12,5	12,8	18,2	12,3	8,8
VII	18,3	9,8	5,4	5,9	9,9	10,4	20,9	19,4	15,5
Рік	13,6	9,1	8,8	12,8	13	11,5	17,7	13,5	13
<b>Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю</b>									
Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
<b>Варіант V (Житомир)</b>									
I	6,8	6,4	9,9	15,1	13	14,4	19,5	14,9	7,4
VII	11,9	7,9	5,5	6,7	7,7	9,4	24,7	26,2	14,6
Рік	9,3	7,7	8,7	13,5	12,8	11,5	18,9	17,6	11
<b>Варіант VI (Київ)</b>									
I	12,1	6,8	10,2	15,1	12,5	12,8	18,2	12,3	8,8
VII	18,3	9,8	5,4	5,9	9,9	10,4	20,9	19,4	15,5
Рік	13,6	9,1	8,8	12,8	13	11,5	17,7	13,5	13
<b>Варіант VII (Львів)</b>									
I	3,7	3,5	8,6	26,1	8,5	15	24,5	10,1	13
VII	10,9	5,2	7,4	11	6,3	9,2	29,8	20,2	23,2
Рік	7,4	5,7	9,5	20,9	8,9	11,7	23,3	12,6	16,9
<b>Варіант VIII (Хмельницький)</b>									
I	5,1	5,1	6,8	20,4	18,8	8,3	18,1	17,4	17,3
VII	11,7	8	6,5	7,8	7,7	7	19	32,3	29,8
Рік	7,7	7,1	7,8	18	14,5	7,6	16,3	21	23
<b>Варіант IX (Полтава)</b>									
I	7,5	12,8	16,4	11,8	14	12,5	14,7	10,3	3
VII	17,1	15,2	9,1	4,4	6,5	9	21,3	17,4	7,7
Рік	10,6	14,1	14,3	10,5	11	11,9	15,8	11,8	5,1
<b>Варіант X (Харків)</b>									
I	8,1	9,9	20	15,1	10,5	13	14,5	8,9	11,7
VII	16,9	14,2	11,1	7,8	6	7,6	18,5	17,9	20,5
Рік	10,1	11,2	18,6	13,9	9,4	11,2	14,7	10,9	14,8
<b>Варіант XI (Тернопіль)</b>									
I	6,9	2,8	6,3	25,6	11,7	8,5	23	15,2	16
VII	11,1	4,5	5,1	8,3	6,6	6,6	28,6	29,2	23,8
Рік	8,9	5,4	6,5	19,5	11,3	7,2	23,1	18,1	19,7
<b>Варіант XII (Черкаси)</b>									
I	12,4	7,5	15	8,5	14,2	17,2	12,6	12,6	14,4
VII	19,6	11,6	9,7	3,4	6	8,8	16,4	24,5	28,1
Рік	14,3	9,1	14,4	8,1	12,2	13,6	13,6	14,7	20,4
<b>Варіант XIII (Луганськ)</b>									
I	3,2	9,8	24,8	14,3	8,8	10,8	19	9,3	21,6
VII	8,4	12,7	14,6	7,5	8,9	9,5	24,5	13,9	30,7
Рік	5,5	10,6	24,8	12,1	8,1	10,9	18,4	9,6	24,1

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6

**Тема:** Хімічні та фізичні властивості природних вод.

**Мета:** Навчитися за допомогою графічних методів зображати хімічний склад, засвоїти основні фізичні властивості води.

### Поняття та визначення

Багато унікальних властивостей води пояснюються незвичайною будовою її молекули. Атоми водню та кисню об'єднані в молекулу води ковалентним зв'язком. У цьому випадку стійка молекула утворюється за рахунок однієї або декількох пар електронів, які стають загальними для атомів, що з'єднуються. Ці «спарені» електрони обертаються орбітами, що охоплюють ядра обох атомів, і таким чином зв'язують атоми в молекулу. Ковалентний зв'язок енергетично вигідний тому, що сумарна маса двох ядер більша і утримувати електрон їм легше, ніж у разі обертання електрона навколо одного ядра. Якщо молекула побудована несиметрично, загальна пара електронів зміщується у бік однієї з атомів, і електричні центри тяжкості зарядів не збігаються; така молекула називається полярною. Полярні молекули є електричними диполями.

Дипольний момент води (1,84) надзвичайно великий. Щоправда, буває й більше. Наприклад, у синильної кислоти він дорівнює 2,9.

Вода - це речовина, яка має малу стисливість або малий коефіцієнт об'ємного стиснення.

Мала стисливість має низку важливих наслідків.

1. При перемішуванні води в океані у вертикальному напрямку густина води практично не змінюється. Насправді це полегшує відбір проб води з високих глибин.

2. При адіабатичному стисканні температура води з глибиною практично не збільшується. Наприклад, якби температура води адіабатично змінювалася швидко, на великих глибинах в Океані все живе зварилося б у гарячій воді. Насправді, зі збільшенням глибини на 1 км температура морської води адіабатично збільшується лише на  $0,1^{\circ}\text{C}$ , тобто. у 100 разів повільніше за температуру повітря.

3. Звук у воді поширюється з великою швидкістю (в 5 разів швидше, ніж у повітрі, тобто зі швидкістю близько 1500 м/с) і майже без загасання, тобто на великі відстані. Це полегшує риbam об'єднуватись у косяки, які ведуть себе як щось єдине, а китам та дельфінам чути один одного на великих відстанях.

Вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) – слабкий електроліт, молекула якого складається з одного водневого ( $\text{H}^+$ ) і одного гідроксильного ( $\text{OH}^-$ ). Вода є хорошим розчинником

хімічних сполук. Сумарний вміст у воді розчинених неорганічних речовин виражають у вигляді мінералізації ( $M$ , міліграм/л, г/л, г/дм<sup>3</sup>) або у вигляді солоності ( $S$ , ‰).

За вмістом солей (мінералізації або солоності) природні води поділяють на 4 групи: прісні – менше 1‰, солонуваті – 1–25‰, солоні (морській солоності) – 25–50‰, високосолоні (розсоли) – більше 50‰.

До головних іонів солей, що знаходяться в природних водах, відносяться негативно заряджені іони (аніони) –  $\text{HCO}_3^-$  – гідрокарбонатний,  $\text{SO}_4^{2-}$  – сульфатний,  $\text{Cl}^-$  – хлоридний і позитивно заряджені іони (катіони) – кальцію  $\text{Ca}^{+2}$ , магнію  $\text{Mg}^{+2}$ , натрію  $\text{Na}^+$ , калію  $\text{K}^+$ .

Вода в природі може знаходитися в твердому (лід), рідкому (власне вода) і газоподібному (водяна пара) агрегатних станах, а також легко переходити з одного фазового стану в інший. Це має ключове значення, так як фазові переходи завжди супроводжуються перерозподілом енергії, а це призводить до змін клімату та погоди. Взагалі кажучи, багато екзогенних (і навіть деякі ендегенні) геологічні процеси на Землі відбуваються тільки тому, що вода здатна легко переходити з рідкого стану в твердий і пароподібний.

Температура, при якій відбувається кристалізація води, називається температурою замерзання. Зміни температури замерзання води пов'язані з впливом тиску і/або солоності. Температура, при якій вода має максимальну густину, називається температурою найбільшої густини. Вона складає 3,980 °C. Збільшення солоності на кожні 10‰ знижує температуру найбільшої густини приблизно на 20 °C. Співвідношення між температурами найбільшої густини і замерзання впливають на характер процесів охолодження води і вертикальної конвекції.

Природні води класифікують найчастіше за складом і вмістом розчинених у воді мінеральних речовин. Існують наступні способи вираження складу вод: 1) атомна форма, 2) іонна форма; 3) еквівалентна форма; 4) сольова форма; 5) форма комбінування окремих іонів у групи. Іонна форма вираження складу є загальноприйнятою. Але в чистому вигляді вона все-таки вживається рідко. Зазвичай її супроводжує паралельне відображення складу вод в еквівалентній (переважно підземні води і мінеральні джерела) або сольовій формі (води солоних озер).

**Завдання 1.** За допомогою кругової діаграми та прямокутника Роджерса (рис. 6, А, Б) зобразити склад води, наведений у таблиці 6.

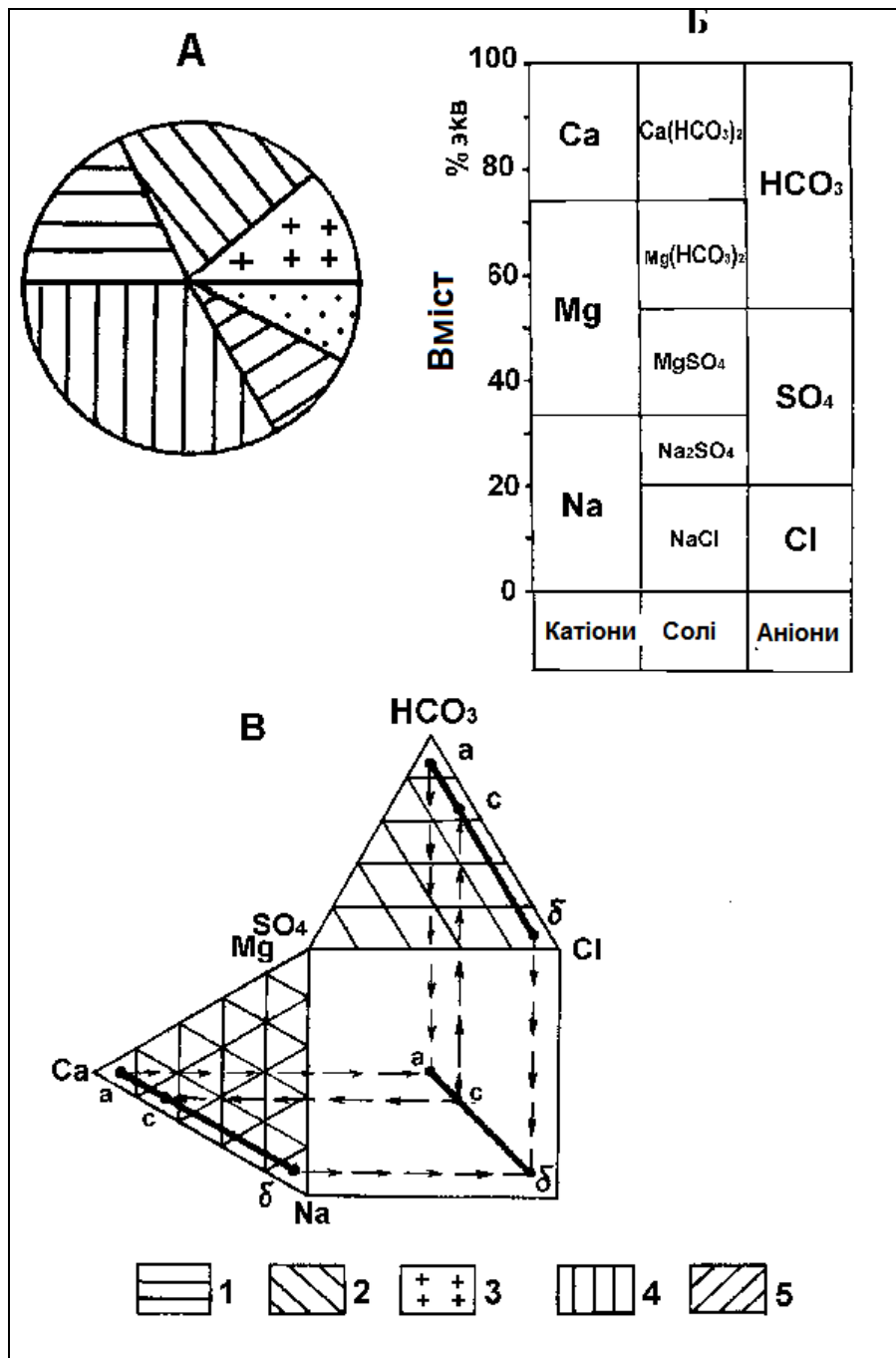


Рис. 6 – Графічні методи показу хімічного складу води  
 А – кругова діаграма, Б – прямокутник Роджерса, В – графік Дурова,  
 Катіони: 1 – Ca, 2 – Mg, 3 – Na+K. Аніони: 4 – HCO<sub>3</sub>, 5 – SO<sub>4</sub>, 6 – Cl

## Дані про хімічний склад природних вод

Варіант	Катіонний склад, % экв.			Аніонний склад, % экв.		
	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>
1	80	10	10	60	25	15
2	66	30	4	57	21	22
3	12	49	39	22	63	15
4	4	70	26	30	70	-
5	42	42	16	33	42	25
6	-	17	83	61	17	22
7	75	25	-	44	56	-
8	29	42	29	14	72	14
9	55	-	45	15	10	75
10	20	25	55	25	40	35
"б"	5	90	5	5	5	90

**Методичні вказівки**

1. Для показу хімічного складу води на круговій діаграмі (рис. 6.А) слід розділити коло на дві рівні частини горизонтальною лінією, що проходить через її центр. У верхній частині півкола показати катіонний склад, у нижній – аніонний.

2. Кожне з півкругів розбити на три частини пропорційно до процентного складу катіонів і аніонів. Слід пам'ятати, що 100% катіонів чи аніонів на діаграмі відповідають 180° чи 1% – 1,8°.

3. Виділені на діаграмі сектори заштрихувати відповідно до самотійно розробленої легенди.

4. При побудові прямокутника Роджерса в першому і третьому стовпцях розташувати катіони та аніони знизу вгору в послідовності, яка визначається відносною реактивною силою (рис. 6.Б).

У другому стовпці прямокутника Роджерса вказати склад солей у воді, виписати їх відсотковий вміст.

**Завдання 2.** За допомогою графіка Дурова (рис. 6.В) визначити хімічний склад суміші, що утворюється при змішуванні води "а" (один із варіантів таблиці 6) з водою "б" (табл. 6) у пропорції 1:1.

**Методичні вказівки**

1. Побудувати на міліметровці макет графіка Дурова (рис. 6.В).

2. На катіонному та аніонному трикутниках визначити місце розташування точок «а», що відповідають хімічному складу води обраного варіанта.

3. Спроекувати положення точок на квадрат шляхом проведення горизонтального пунктиру з катіонного та вертикального пунктиру з аніонного трикутників.

4. Аналогічно визначити на квадраті положення точки "б".

5. Виходячи з пропорції змішування 1:1 знайти положення точки "с" (суміші вод "а" і "б"), для чого з'єднати "а" і "б" відрізком і розділити його навпіл.

6. З точки «с» провести пунктирні проекції на відрізки «а-б» у катіонному та аніонному трикутниках та визначити хімічний склад отриманої суміші, виписавши у зошит відсотковий вміст основних іонів.

**Завдання 3.** За даними таблиці 7 побудувати графік зміни температури замерзання та температури найбільшої густини води залежно від солоності та проаналізувати його, пояснивши відмінності під час замерзання прісної та солоної води.

Таблиця 7

Дані для побудови графіка Хелланд-Хансена

Солоність, S, ‰	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура замерзання, $t_z$ , °C	0,00	-0,27	-0,54	-0,81	-1,08	-1,35	-1,62	-1,89
Температура найбільшої густини, $t_{п}$ , °C	3,98	2,93	1,85	0,77	-0,30	-1,37	-2,45	-3,53

#### Методичні вказівки

1. На осі абсцис відкласти значення солоності, на осі ординат – температури замерзання і найбільшої густини. Масштаби вибрати самостійно.

2. За даними таблиці 7 відбудувати точки і провести через них прями. Знайти координати точки перетину прямих.

3. Показати на графіку область поширення прісних, солонуватих і солоних морських вод.

4. Пояснити відмінності в ході замерзання солонуватих і солоних морських вод.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7

**Тема:** Світовий океан і його частини

**Мета:** Засвоїти поділ Світового океану на окремі частини

### Поняття та визначення

**Світовим океаном** називається безперервна водна оболонка земної кулі, що омиває всі материки й острови, та займає приблизно 70,8 % земної кулі.

**Океан** – це частина Світового океану, розміщена між материками, яка має великі розміри, самостійну циркуляцію води і атмосфери, а також особливий гідрологічний режим.

В океані виділяють моря, протоки та затоки.

**Море** – це порівняно невелика частина океану, що вдається в сушу або відокремлена від інших частин берегами материків, півостровів і островів.

Моря за класифікацією Ю. М. Шокальського бувають внутрішні (міжматерикові, внутрішньоматерикові), окраїнні та міжостровні. Внутрішні моря мають складний зв'язок з океаном через порівняно вузькі протоки. Окраїнні моря відокремлюються від океану островами або вдаються в материк і мають відносно вільний зв'язок з океаном. Міжострівні моря розташовані серед великих островів чи архіпелагів.

**Завдання 1.** За матеріалами таблиці 8 скласти дві кругові діаграми структури Світового океану за площею та обсягом.

Таблиця 8

Основні морфометричні характеристики Світового океану

Океан	Площа дзеркала, тис. км <sup>2</sup>	Об'єм, тис. км <sup>3</sup>	Глибина, м	
			середня	найбільша
Атлантичний	91655	330,1	3602	9218
Індійський	76175	284,6	3736	7455
Північний Льодовитий	14788	16,7	1131	5450
Тихий	178684	707,1	3957	11022
Світовий	361302	1338,5	3704	11022

### Методичні вказівки

1. Перевести площадні та об'ємні показники з абсолютних одиниць у відсотки.

2. Побудувати кругові діаграми довільного радіусу і відкласти на них сектори, відповідні відсотковому складу кожного океану. Слід пам'ятати, що 100% площі чи об'єму на діаграмі відповідають 360° чи 1% – 3,60°.

3. Виділені на діаграмі сектори заштрихувати відповідно до самостійно розробленої легенди.

**Завдання 2.** Скласти стовпчасту діаграму, що відбиває склад внутрішніх, окраїнних та міжостровних морів у межах кожного океану

### **Методичні вказівки**

1. Користуючись Географічним атласом, визначити кількість внутрішніх, окраїнних та міжостровних морів. Кожен тип перевести у відсотки. (допомога [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA\\_%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2))

2. Побудувати координатну площину, де на осі ординат відкласти значення відсотків, а на осі абсцис 4 відповідних 4 океанам стовпчики.

3. Згідно з розрахованими відсотками показати частку різних морів усередині кожного стовпця, заштрихувавши його частини відповідно до самостійно розробленої легенди.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 8

**Тема:** Морські солі

**Мета:** Закріпити отримані знання про закономірності розподілу температури, солоності і густини на поверхні і в глибині Світового океану.

### Поняття та визначення

Черговою унікальною властивістю води є її надзвичайно велика, в порівнянні з іншими речовинами, здатність розчиняти. Вода хороший розчинник тому, що молекула води – це диполь. Тому, будучи сама електрично міцною, молекула води сприяє дисоціації багатьох сполук. Молекула води поляризована, тому може приєднуватися до іонів, нейтралізуючи їх.

З'єднання «іон плюс вода» називається сольватованим іоном, який є великою за розмірами частинкою. Сольватований іон зазвичай не є повністю електрично нейтральним. Тому окремі іони можуть з'єднуватися у воді один з одним. Завдяки високій розчинній здатності води до складу морських солей входить більшість відомих хімічних елементів (81 з 92). З біолого-екологічної точки зору морська вода – це поживний «бульйон» для мікроскопічних рослинних і тваринних організмів.

*Солоністю води* називається загальна кількість розчинених мінеральних речовин, виражених в грамах, в 1 кг морської води. Одиниці виміру – проміле ‰. Середня солоність вод Світового океану – 35‰.

*Густина морської води* – це відношення ваги одиниці обсягу морської води при конкретній температурі і тиску до ваги одиниці об'єму дистильованої води при температурі її найбільшої густини 4 °С. Одиниці виміру – кг/м<sup>3</sup>. Густина прісної води за нормальної температури 4 °С дорівнює 1000 кг/м<sup>3</sup>, морської води за нормальної температури 15 °С – 1020–1030 кг/м<sup>3</sup>.

Розподіл температури, солоності та густини поверхневих вод Світового океану в цілому носить широтно-зональний характер. З глибиною значення температури вод знижуються, а солоності і густини збільшуються. Максимальні градієнти цих показників спостерігаються в середньому до глибини 1000 м, нижче зміни несуттєві. Зазначені закономірності порушують три чинники: течії, річки та льоди. Вони можуть вносити істотні корективи в загальну схему розподілу аналізованих показників.

**Завдання 1.** За даними таблиці 9 побудувати суміщений графік розподілу температури та солоності в Баренцовому та Чорному морях у літній період і пояснити його.

Дані про температуру ( $t, ^\circ\text{C}$ ) та солоність ( $S^{0/00}$ ) у Баренцовому (А) та Чорному (Б) морях на різній глибині (Н, м)

	Н,м	0	50	100	200	300	500	1000	2000
А	$t, ^\circ\text{C}$	8,9	1,4	0,8	0,7	3,6	3,4	2,8	-
	$S^{0/00}$	32,5	33,4	33,4	33,4	33,8	34,0	34,4	-
Б	$t, ^\circ\text{C}$	22,5	15,0	8,6	8,8	8,7	8,9	9,0	9,0
	$S^{0/00}$	8,5	10,0	15,0	17,5	19,0	19,8	20,5	20,8

### Методичні вказівки

1. На осі ординат (вниз) відкласти глибини, на осі абсцис у різних масштабах поєднуються солоність та температура. Побудовані криві позначити індексами, наведеними в таблиці 1, або різним кольором, відображенням у легенді.

2. Охарактеризувати основні закономірності розподілу температури та солоності в Баренцовому та Чорному морях з глибиною та вказати причини, що їх зумовлюють. Аналіз кривих здійснити за такою схемою:

а) характеристика змін температур за глибиною:

- Баренцове море;
- Чорне море.

б) характеристика змін солоності за глибиною:

- Баренцове море;
- Чорне море.

Відповіді повинні враховувати географічне положення, типологію морів, особливості клімату (опади, випаровування), вод прилеглих ділянок суші, морських течій, льодів та інших факторів, що впливають на характеристики, що вивчаються.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9

**Тема:** Метод T, S-діаграм і TS-кривих

**Мета:** навчитися виконувати порівняльний аналіз T, S – характеристик вод в різних районах Світового океану за допомогою побудови TS-діаграм і TS-кривих.

### Поняття та визначення

Води Світового океану є чітко стратифікованими, тобто товщина води складається з окремих шарів, кожному з котрих притаманні певні властивості: швидкість, температура, солоність, концентрація розчиненого кисню, але густина нижніх шарів неодмінно збільшується, що означає сталу (стійку) стратифікацію.

Шарам води відповідають водні маси – великі об'єми води, що утворились в деяких районах (джерелах водних мас), тому мають свої особисті властивості, і переміщуються у просторі, як одне ціле. Між шарами води відбувається перемішування, утворюється зона, де вода уявляє собою суміш вод кожного з шарів в певних співвідношеннях.

Припустимо, що по вертикалі є два шари з різними температурою і солоністю, але в межах кожного шару ці властивості однакові. Позначимо шари 1 і 2, температуру  $T_1$  і  $T_2$ , солоність  $S_1$  і  $S_2$ . Якщо маси шарів однакові, то суміш матиме температуру:

$$T_{\text{зм}} = \frac{T_1 + T_2}{2}, \quad (4)$$

солоність:

$$S_{\text{зм}} = \frac{S_1 + S_2}{2} \quad (5)$$

Але у тому випадку, коли маси шарів неоднакові (а частіше усього саме так воно в океані і відбувається), то

$$T_{\text{зм}} = \frac{T_1 m_1 + T_2 m_2}{m_1 + m_2}. \quad (6)$$

$$S_{\text{зм}} = \frac{S_1 m_1 + S_2 m_2}{m_1 + m_2}. \quad (7)$$

Оскільки в океані маси шарів води дуже великі, до того ж їх і визначити важко, усі розрахунки зручно проводити для стовпчика води одиничного перерізу з висотою  $h_1$  і  $h_2$ . Маса такого стовпчика у кожному шарі чисельно

буде дорівнювати  $m_1 = h_1\rho_1$  і  $m_2 = h_2\rho_2$ , де  $\rho_1$  і  $\rho_2$  – густина води кожного з шарів. В добутках  $h_1\rho_1$  і  $h_2\rho_2$  головне значення мають величини  $h_1$  і  $h_2$ , які можуть помітно відрізнятись один від другого (наприклад,  $h_1 = 50$  м,  $h_2 = 200$  м). Що ж до  $\rho_1$  і  $\rho_2$ , то вони відрізняються частіше усього лише третім або четвертим числом після коми, тому їх можна (у даному випадку) прийняти однаковими. Тоді

$$T_{\text{ЗМ}} = \frac{T_1 h_1 + T_2 h_2}{h_1 + h_2}. \quad (8)$$

$$S_{\text{ЗМ}} = \frac{S_1 h_1 + S_2 h_2}{h_1 + h_2}. \quad (9)$$

Наприклад, якщо  $S_1 = 32,0\%$ ,  $S_2 = 33,0\%$ , а солоність, виміряна на границі змішування,  $S_{\text{ЗМ}} = 32,2\%$ , то  $h_1/h_2 = 4/1$  тобто суміш має 80% води першої водної маси і 20% другої.

На підставі двох приведених вище рівнянь можна записати наступне:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{T_2 - T_{\text{ЗМ}}}{T_{\text{ЗМ}} - T_1} = \frac{S_2 - S_{\text{ЗМ}}}{S_{\text{ЗМ}} - S_1}, \quad (10)$$

звідки можна одержати такий висновок: температура і солоність суміші шарів води пов'язані певним  $T, S$  співвідношенням:

$$T_{\text{ЗМ}} = \frac{T_1 S_2 + T_2 S_1}{S_2 - S_1} + \frac{T_2 - T_1}{S_2 - S_1} S_{\text{ЗМ}}. \quad (11)$$

Перемінні тут тільки  $T_{\text{ЗМ}}$  і  $S_{\text{ЗМ}}$ , тобто поклавши:

$$\frac{T_1 S_2 + T_2 S_1}{S_2 - S_1} = a \quad \frac{T_2 - T_1}{S_2 - S_1} = b \quad (12)$$

маємо відоме рівняння прямої:

$$T_{\text{ЗМ}} = a + b S_{\text{ЗМ}}. \quad (13)$$

Це співвідношення показує, що кожному конкретному значенню температури змішаної води відповідає тільки єдине значення її солоності. Зроблений висновок має наглядну графічну інтерпретацію.

Оберемо систему координат, де абсциса буде солоність  $S$ , а ордината – температура  $T$ . У такій системі координат кожен з двох типів води позначиться точками  $T_1, S_1$  і  $T_2, S_2$ . Усі характеристики суміші (температура і солоність), яка б не була пропорція змішуваних типів води, будуть знаходитись на прямій, що з'єднує точки  $T_1 S_1$  і  $T_2 S_2$ . Цю пропорцію можна знайти на графіку, поділивши

пряму, наприклад, на 10 рівних відрізків. Коли від точки з виміряною температурою і солоністю (або заданими значеннями) до точки  $T_1S_1$  знаходиться 4 відрізки, а до точки  $T_2S_2$  – 6 відрізків, то значить суміш має 60% води 1 і 40% води 2 (зворотна пропорційність між кількістю відрізків і відсотками водного типу).

Існує кілька способів виділення і аналізу водних мас: комплексний, за T,S-діаграмами і T,S-кривими. При застосуванні комплексного способу, необхідно аналізувати велику кількість біофізико-хімічних властивостей морської води: температуру, солоність, вміст кисню, лужність, оптичні властивості та ін. Якщо в морі є кілька водних мас, зручніше використовувати метод T,S-діаграм.

T,S-діаграма – це графік, на якому по осі ординат відкладені значення солоності морської води, а по осі абсцис – температура. На графік наносяться точки для всіх горизонтів і для всіх станцій гідрологічного розрізу. Розміщення точок на графіку таке, що дозволяє збудувати трикутник, який охоплює більшість точок. Вершини трикутника показують характерні властивості найменш змішаних водних мас (так званих, материнських). На рис. 8 наведено трикутник змішування трьох водних мас Гренландського моря. Точка П характеризує полярну водну масу ( $T = 1,250$ ,  $S = 29,8\text{‰}$ ), точка А – атлантичну, Д – донну.

Найбільш вживаним способом аналізу водних мас є побудова TS-кривих. На відміну від T,S-діаграм, усі точки, які належать до однієї гідрологічної станції, на графіку з'єднуються кривими. Тому на графіку описується стільки T,S-кривих, скільки є станцій. Для станцій які розміщені в районі, де переважає одна водна маса, T,S-криві будуть схожі одна на одну.

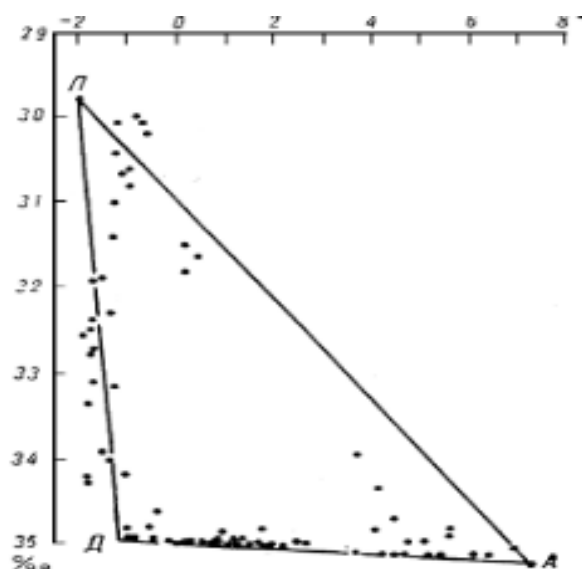


Рис. 8 – Трикутник змішування вод на розрізі від Шпіцбергена до Гренландії (серпень – вересень 1956 р.)

На рис. 9.а показано звичайний графік зміни температури і солоності з глибиною на двох вертикалях. На рис. 9.б наведені Т,S-криві, побудовані за значеннями температури і солоності, які спостерігалися на вертикалях. На обох кривих в певних точках проставляються глибини, на яких спостерігалися відповідні значення солоності і температури. З рис. 9.б видно, що в шарі 277 м – 461 м Т,S-крива першої станції співпадає з Т,S-кривою другої станції в шарі 590–690 м. Це свідчить про те, що на обох станціях однакові водні маси розміщуються на різних глибинах.

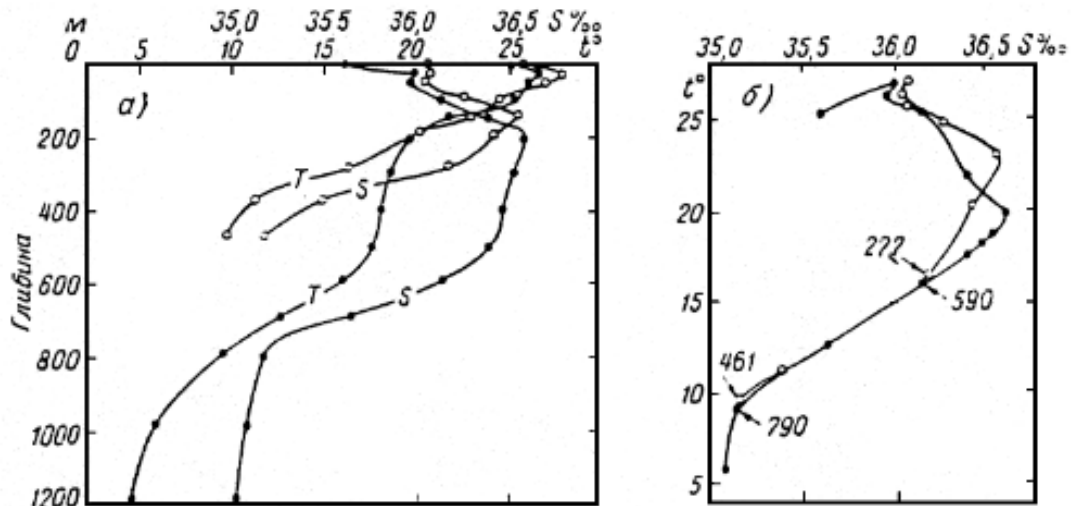


Рис. 9 – Графік розподілу температури і солоності (а), Т,S-криві (б)

Інколи замість кривої на графіку отримують одну точку або пряму лінію. В першому випадку це означає, що температура і солоність не змінюються з глибиною, тобто в морі має місце повна гомотермія (*однакова температура і відповідно густина по всій товщі води*) і гомогалінність (*однорідний розподіл солоності морської води по глибині*). Такі води називаються гомогенними. Це буває восени чи взимку, коли води добре перемішані в результаті осінньо-зимового охолодження. В другому випадку пряма лінія на Т-графіку отримується при рівномірній зміні температури і солоності з глибиною.

Аналіз безлічі Т,S-кривих дозволив зробити важливий висновок: *океани складаються з перешарованих мас води, що розташовуються одна над одною.*

Різкі вигини на Т,S-кривих – це і є ознака переходу від однієї водної маси, що характеризується деяким своїм законом зміни густини з глибиною, до іншої водної маси з якимись іншими характеристиками.

«Водною масою» в океанології називається маса води, температура і солоність якої приблизно однорідна; при цьому вважається, що маса води з певними Т,S-характеристиками сформувалася в одному місці та за одних умов.

Таким чином можна зробити висновки:

1. T,S-криві дозволяють визначити кількість водних мас у вертикальній структурі. Їх число дорівнює числу точок перегину плюс дві кінцеві точки.

2. Можна з'ясувати глибини ядер водних мас і T,S-характеристики в цих ядрах.

3. На будь-якій глибині можна визначити відсоткове співвідношення водних мас, що змішуються на границях шарів.

4. По T,S-кривій легко проінтерполювати значення температури і солоності на будь-якій глибині, коли вимірювання на цій глибині не здійснювались.

5. T,S-крива дає можливість визначити грубі помилки вимірювань, помилкові значення будуть відхиленні від T,S-кривої в полі T,S-координат.

6. Якщо в регіоні зроблені вимірювання на багатьох гідрологічних станціях, то побудовані T,S-криві дають змогу з'ясувати, звідки і куди розповсюджуються водні маси шарів води (крім поверхневого). В напрямку розповсюдження перегини кривих, що відповідають ядрам водних мас, становитимуться все більш пологими, тобто водні маси поступово трансформуються завдяки їх змішуванню при розповсюдженні на далекі відстані від їх джерел

Накопичені факти дозволили сформулювати теорему «про водні маси»: *на кожній гідрологічній станції можна виявити розшарування водної товщі, характерне лише для даного району Океану; форма T,S-кривої якраз і відображає таке розшарування і може використовуватися для виділення водних мас того району океану, де була виконана станція.* Теорема про водні маси є потужним аналітичним засобом для картування океанів.

### **Завдання**

1. Побудувати T,S-криві, вибравши такий масштаб по абсцисі (де зручніше відкладати значення солоності) і ординаті (температура), щоб усі горизонти помістилися на аркуші міліметрового паперу. Біля кожної точки позначити глибину спостереження.

2. Визначити глибину ядра кожної з водних мас на станції.

3. Визначити T,S-індекси ядра кожної з водних мас на станції.

4. Визначити границі між водними масами (50 ~ відсоткова кількість обох водних мас).

5. Визначити товщину кожного шару води, у якому міститься та або інша водна маса.

6. Відмітити можливі помилки спостережень, якщо на T,S-кривій їх можна визначити.

7. Визначити (там, де це можливо) первинні характеристики водних мас, тобто температуру і солоність, яку кожна водна маса мала у своєму джерелі, звідки вона почала рухатися.

### Вихідні дані

Значенням температури і солоності на гідрологічних станціях в різних районах Світового океану наведені у таблиці 10, індивідуально для кожного варіанта.

### Методичні вказівки

Після того, як на аркуші міліметрового паперу нанесені в T,S координатах усі точки, що відповідають глибинам вимірювання, їх треба з'єднати плавною кривою в порядку зростання глибин. На кожній кривій неодмінно з'являться точки перегину, які і відповідають ядрам водних мас (крім поверхневої і придонної), ядрам яких відповідають кінцеві точки, якщо вимірювання робились до самого дна). Для того, щоб полегшити визначення кожної точки перегину, можна провести прямі лінії вздовж відрізків кривої між точками перегину таким чином, щоб вони якомога тісніше торкались цих відрізків (тобто торкались більшості точок). Проведені прямі будуть перетинатися під деяким кутом. Значення температури і солоності в цьому куті і будуть первинними T,S-індексами водної маси (в її джерелі). Від точки перетину можна відкласти рівні відрізки і з'єднати їх прямою лінією, яка буде основою рівнобедреного трикутника. Поділивши цю основу на дві рівні частки треба с кута, протилежного основі, провести медіану. Перетин медіани з кривою визначить точку, яка відповідає ядру водної маси в районі гідрологічної станції. Чим більше T,S-індексів водної маси на станції відрізняються від її первинних індексів, тим значніше відбулася трансформація водної маси при своєму русі від свого джерела. Одержані в результаті аналізу характеристики водних мас краще подати у вигляді таблиці (табл. 11).

Таблиця 10

Температура і солоність на гідрологічних станціях  
(Вихідні дані до практичної роботи № 9)

Н,м.	Варіант 1 Атлантичний океан, ст. 1		Варіант 2 Атлантичний океан, ст. 2		Варіант 3 Південний океан, ст. 1		Варіант 4 Південний океан, ст. 2	
	T°, C	S, ‰	T°, C	S, ‰	T°, C	S, ‰	T°, C	S, ‰
0	27,83	34,91	27,28	36,01	2,07	33,89	5,78	34,11
10	27,74	35,89	27,3	36,02	2,08	33,89	5,78	34,11

Продовження таблиці 10

20	27,74	35,89	27,32	36,06	2,07	33,89	5,74	34,11
30	27,63	35,9	27,28	36,11	2,01	33,89	5,66	34,11
50	24,42	36,11	27,21	36,15	0,55	33,97	5,37	34,1
75	21,69	36,12	21,24	35,56	-0,99	34,07	4,46	34,14
100	16,3	36,24	16,26	35,25	-1,11	34,14	4,09	34,16
150	12,19	35,63	13,17	35,19	-0,2	34,26	3,75	34,16
200	9,9	35,15	12,7	35,11	0,81	34,38	3,43	34,16
250	9,32	34,94	11,96	35,04	1,28	34,44	3,26	34,16
300	8,58	34,85	11,41	34,87	1,65	34,52	2,98	34,15
400	6,63	34,72	9,8	34,67	1,96	34,62	2,74	34,17
500	5,81	34,57	7,59	34,5	2,01	34,66	2,44	34,18
600	4,59	34,48	6,09	34,44	1,96	34,68	2,29	34,21
800	4,16	34,45	4,7	34,55	1,89	34,72	2	34,3
1000	4,32	34,56	4,35	34,75	1,71	34,73	2,41	34,47
1200	4,2	34,79	4,39	34,91	1,53	34,73	2,38	34,57
1500	5,63	34,94	4,3	34,96	1,34	34,73	2,24	34,65
2000	3,59	34,98	3,51	34,92	1,02	34,72	1,92	34,72
2500	2,98	34,92	2,91	34,91	0,72	34,71	1,57	34,72
3000	2,62	34,91	2,64	34,89	0,53	34,71	1,28	34,72
4000	2,35	34,88	2,38	34,88	0,52	34,7	1,05	34,6
4500	2,29	34,87	2,2	34,86	0,51	34,69	1,0	34,5

Таблиця 11

## Характеристики водних мас

1	Поверхнева	0 – 50	≈ 30	T=27.56°C S=35.91‰
2	Підповерхнева	50 – 400	75	T=24.90°C S=36.19‰
3	Проміжна	400 – 1200	800	T=4.54°C S=34.45‰
4	Глибинна	1200 – 3000	2000	T=3.45°C S=34.99‰
5	Донна	3000 - 4500	4500	T=1.84°C S=34.71‰

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 10

**Тема:** Побудова гідрографа та його генетичний аналіз

**Мета:** опанувати методи аналізу водного режиму річок і виділення його фаз одним із способів розчленування гідрографа за видами живлення річки прийомами розрахунку кількісних характеристик стоку річки за рік.

### Поняття та визначення

Для характеристики режиму стоку рік будується гідрограф – графік зміни витрат води ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с) у часі  $Q = f(t)$ . Це графічне зображення коливань середньодобових або середньодекадних витрат води протягом року або в різні сезони року. Водночас річки визначаються їхнім живленням. Виділяють снігове, дощове, ґрунтове та льодовикове живлення. З різних співвідношень різних видів живлення будується класифікація річок М. І. Львовича.

По кількісній оцінці кожного джерела живлення: снігового, дощового і ґрунтового – Львович прийняв наступні градації: більше 80%, 50–80% і менше 50%. Якщо в річному стоці річки більше 80% припадає на одне з джерел – то річка відноситься до типу річок чисто снігового (дощового, підземного) живлення. Якщо ж 50–80% – переважно снігового (дощового, підземного) живлення. В разі коли кожен з видів живлення складає менше 50% загального об'єму річного стоку – річка належить до типу річок змішаного живлення. Для льодовикового живлення діапазони градацій (50% і 80%) знижено до 50% і 25%. Стік буває весняним, літнім, осіннім та зимовим. При цьому він може відбуватися майже виключно або переважно в одну з чотирьох пір року або рівномірно розподілятися протягом року. Природні поєднання різних комбінацій джерел живлення з різними варіантами розподілу стоку протягом року дозволяють виділити кілька типів водного режиму рік.

**Завдання.** За даними таблиці 12 побудувати гідрограф р. Білої (варіант А), та р. Чорної (варіант Б), розчленувати його за видами живлення, визначити величину снігового, дощового та ґрунтового живлення та переважний тип живлення.

### Методичні вказівки

1. За даними таблиці 13 та відповідно до масштабів побудувати графік зміни витрат протягом року. На осі ординат відкласти значення витрат, на осі абсцис - місяці, поділені на декади (декади – проміжок часу десять днів).

2. Над графіком зміни витрат побудувати графік льодових явищ (дані нижче таблиці 12, примітка 1).

3. Періоди льодоставу позначити заштрихованою лінією товщиною 3 мм, льодоходу – незаштрихованою, заберігів – вертикальним штрихуванням.

4. Над графіком льодових явищ викреслити графік температурних змін протягом року.

5. Розчленувати отриманий гідрограф на снігове, дощове та ґрунтове живлення. Для цього знайти на графіку найвищий пік витрати, що припадає на снігове живлення (визначається за зміною негативних температур позитивними). Вважається, що в цей період ґрунтове живлення дорівнює 0 (рис. 10). Ближче до літа його частка збільшується, а кількість снігових вод зменшується, і до кінця травня вони вичерпуються. Тому праворуч і ліворуч від точки з нульовим живленням ґрунтових вод провести відрізки до найближчих западин (ділянки кривої, де падіння витрат змінюється його збільшенням) на гідрографі. Всі піки витрат (крім найбільшого) зрізати відрізками, що з'єднують сусідні западини кривою. Область графіка, що розташована нижче відрізків, що зрізують, відноситься до ґрунтового живлення. Зрізані піки, що знаходяться в діапазоні позитивних температур, мають дощове живлення. Решта графіка – снігові води. Ділянки графіка з різним живленням заштрихувати згідно з умовними знаками легенди.

6. Підрахувати кількість  $\text{см}^2$ , що припадають на кожен вид живлення. Для зручності одержані результати занести до таблиці 13.

7. Визначити «ціну»  $1 \text{ см}^2$  в одиницях об'єму ( $\text{м}^3$ ). Для цього  $1 \text{ см}$  вертикального масштабу (наприклад,  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ ) треба помножити на  $1 \text{ см}$  горизонтального (наприклад, 2 декади, тобто 20 діб):  $1 \text{ см}^2 = 10 \text{ м}^3/\text{с} \times 20 \text{ діб} \cdot 86400 \text{ с} = 17,28 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ . ( $1 \text{ доба} = 24 \text{ год} = 86400 \text{ с}$ ,  $20 \times 86400 = 1728000 = 17,28 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ ). Перемноживши дані колонок 2 та 3 таблиці 13, розрахувати обсяги стоку снігового, дощового та ґрунтового живлення.

8. Використовуючи класифікацію М. І. Львовича, проаналізувати відсоткове співвідношення різних видів живлення та визначити переважний тип живлення.

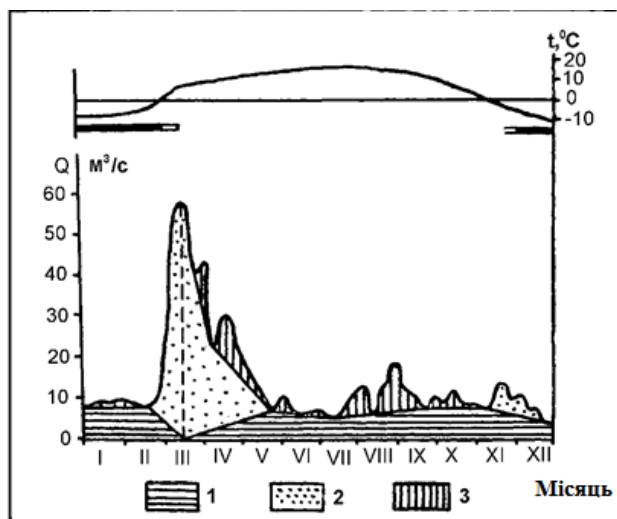


Рис. 10 – Гідрограф річки з весняною повінню  
 1 – ґрунтове живлення, 2 – снігове живлення, 3 – дощове живлення

Таблиця 12

Середньодакдані витрати (Q, м³/с) та температура повітря (t, °С)  
 р. Біла (А) і р. Чорна (Б)

Дата	А р. Біла		Б р. Чорна		Дата	А р. Біла		Б р. Чорна	
	Q	t	Q	t		Q	t	Q	t
5.01	45	0	7	-6	5.07	20	+8	27	+8
15.01	46	-2	8	-5	15.07	15	+9	6	+8
25.01	30	-5	6	-7	25.07	20	+9	5	+10
5.02	18	-2	7	-6	5.08	35	+9	4	+12
15.02	15	0	7	-5	15.08	20	+8	3	+12
25.02	15	0	8	-5	25.08	40	+10	3	+10
5.03	195	+6	8	-3	5.09	60	+9	3	+9
15.03	150	+3	9	-1	15.09	40	+8	5	+7
25.03	165	+5	20	+4	25.09	30	+6	4	+4
5.04	100	+4	35	+6	5.10	35	+2	4	+2
15.04	70	+3	24	+4	15.10	37	+2	7	+1
25.04	100	+8	27	+4	25.10	30	+1	8	0
5.05	70	+7	14	+5	5.11	25	0	16	0
15.05	50	+7	8	+6	15.11	27	-1	5	-2
25.05	30	+6	8	+6	25.11	40	-2	10	-3
5.06	25	+6	10	+8	5.12	32	-3	8	-4
15.06	42	+7	8	+6	15.12	25	-6	7	-4
25.06	20	+8	8	+6	25.12	15	-6	6	-5

Примітка 1. *Варіант А.* Льодостав до 1.03. та з 1.12, льодохід до 10.03, забереги з 1.11.

*Варіант Б.* Льодостав до 25.03. та з 25.11, льодохід до 10.04, забереги з 1.11

Таблиця 13

## Розрахунок обсягів різного виду живлення річки

Живлення	Площа в см <sup>2</sup>	«Ціна» 1 см <sup>2</sup>	Обсяг живлення	
			м <sup>3</sup>	%
Снігове				
Дощове				
Грунтове				
Річний обсяг стоку			Σ	100

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 11

**Тема:** Визначення падіння та похилу русла, витрат води річки та водний баланс.

**Мета:** Опанування методикою розрахунків падіння та похилу русла, витрат води річки.

### Поняття та визначення

Під час будівництва водосховищ, електростанцій, зрошувальних і судноплавних каналів важливо знати величину падіння й середній похил річок, що залежать від рельєфу території, по якій протікає річка.

**Падінням річки** називають перевищення рівня її витoku над гирлом, виражене в метрах. Падіння ж на окремій ділянці річки – це різниця висоти між двома точками, взятими на певній відстані одна від одної.

*Падіння річки* визначають за формулою:

$$П = h_1 - h_2, \quad (14)$$

де  $П$  – падіння річки;  $h_1$  – висота витoku;  $h_2$  – висота гирла. Наприклад, висота витoku Південного Бугу становить 321 м над рівнем моря, а гирло знаходиться на висоті 0 м від рівня Чорного моря; падіння Південного Бугу дорівнює:  $321 \text{ м} - 0 \text{ м} = 321 \text{ м}$ ; падіння на окремій ділянці Південного Бугу від його витoku до м. Первомайська, де уріз води в річці над рівнем моря становить 32 м, дорівнює:  $321 \text{ м} - 32 \text{ м} = 289 \text{ м}$ .

**Похилом річки** називають відношення її падіння (в сантиметрах) до довжини річки (в кілометрах).

*Похил річки* обчислюється за формулою:

$$Пр = П / L, \quad (15)$$

де  $Пр$  – похил річки,  $П$  – падіння річки,  $L$  – довжина річки.

Так, наприклад, довжина річки Південний Буг 806 км. Тож, середній похил річки –  $32100 \text{ см} : 806 \text{ км} = 39,8 \text{ см}$  на 1 км довжини річки. При такому незначному похилі швидкість течії невелика. Це рівнинна річка.

Величина похилу залежить від рельєфу, а від величини нахилу залежить швидкість течії річки. Похили рівнинних річок незначні: до 10 м/км у верхів'ях та 1 м/км і менше у пониззях; швидкість течії становить 0,2 м/с – 0,5 м/с. Похили гірських річок більші й становлять 60 м/км – 80 м/км у верхів'ях та 5 м/км – 10 м/км у пониззях, а швидкість течії дорівнює від 1 до 4,5 м/с і більше. В Україні максимальні величини падіння характерні для річок Українських Карпат і Кримських гір, найменші – для рівнинних річок (зокрема, Чернігівського Полісся, північної частини Волинського Полісся). Для

практичних цілей (судноплавства, водопостачання населених пунктів, будівництва гідроелектростанцій, зрошення полів) важливо знати витрату води в річці.

Витрата води – це об'єм, що проходить через поперечний переріз водотоку за одиницю часу. Як правило, витрати води в річці обчислюють у літрах за секунду (л/с) або в кубічних метрах за секунду ( $\text{м}^3/\text{с}$ ).

Витрата води в річці  $W$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) дорівнює площі поперечного перерізу річки  $S$  ( $\text{м}^2$ ), помноженій на швидкість течії  $V$  ( $\text{м}/\text{с}$ ). Отже,  $W = S \times V$ . Витрата води в річках неоднакова протягом року. Найбільшою вона буває під час повені або паводка. На рівнинних річках України найбільша витрата води навесні, під час танення снігу.

На річках установлюють гідрометеорологічні пости, які ведуть постійні спостереження за погодою і станом річки. У різні пори року вимірюють витрату води за одну секунду, обчислюють середньодобові її величини, а потім середньорічну витрату. Найбагатководніша річка України – Дніпро, її середньорічна витрата води в гирлі становить майже  $1700 \text{ м}^3/\text{с}$ .

**Витрату води в річці за рік називають річним стоком.** Якщо нам відомо витрати води за секунду, то, знаючи кількість секунд у році, ми можемо визначити середню величину річного стоку.

Величина річного стоку визначається за формулою:

$$R = W \times t, \quad (16)$$

де  $R$  – річний стік,  $W$  – витрати води,  $t$  – час (кількість секунд у році). Вимірюється ця величина у кубічних метрах або кубічних кілометрах.

**Водний баланс** – це співвідношення за певний проміжок часу (рік, місяць, декаду тощо) припливу, витрати та акумуляції (зміни запасів) води річкового басейну, будь-якого водного об'єкта або обмеженої ділянки суші. Він кількісно відображає закономірності вологообміну в природі. Вивчення водного балансу річкових басейнів має велике наукове і практичне значення.

Воднобалансові дослідження є основним методом вивчення закономірностей формування річкового стоку як за багаторічний період, так і за конкретні роки або за періоди року. За допомогою водного балансу можна встановити і усунути можливі похибки результатів вимірювання і розрахунків, оцінити точність визначення кожної його складової. За методом водного балансу можна посереднім шляхом (за різницею між вивченими компонентами) визначити той елемент рівняння, який в даних умовах буває важко виміряти (стік, опади, випаровування тощо), але знання якого необхідне для виявлення закономірностей вологообміну на досліджуваній території. На підставі воднобалансових розрахунків можна оцінити вплив господарської діяльності на водний режим річок, що є особливо важливим у зв'язку з інтенсивним

розвитком меліорації земель. За допомогою воднобалансових досліджень можна вирішувати і практичні завдання зрошувального землеробства – прогнозувати рівень ґрунтових вод, розраховувати поливні режими і зрошувальні норми та ін.

**Метод водного балансу** засновується на наступному очевидному рівнянні: для будь-якого простору, що обмежується деякою довільною поверхнею, кількість води, яка ввійшла всередину цього об'єму, за відрахуванням кількості води, яка вийшла назовні, повинна дорівнювати відповідно збільшенню або зменшенню її кількості всередині даного об'єму.

Для річкового басейну з природним режимом витрата вологи за будь-який розрахунковий інтервал часу визначається рівнянням:

$$S = X - Y - E, \quad (17)$$

де  $X$  – атмосферні опади в межах водозбору;  $Y$  – річковий стік у замикаючому створі;  $E$  – сумарне випаровування з басейну;  $S$  – загальна зміна запасів води у басейні.

### **Завдання 1. Розв'язування задач на визначення падіння та похилу русла, витрат води річки**

**Задача 1.** Ширина річки – 20 м, середня глибина – 1,5 м, швидкість течії річки – 2 м/с. Визначте витрати води на даному відрізку.

**Задача 2.** Визначте падіння та похил річки, у якої довжина – 3000 км, висота витоку – 260 м, а відмітка гирла – 20 м.

**Задача 3.** Визначте річний стік р. Дніпро, якщо його середньомісячні витрати становлять 1660 м<sup>3</sup>/с.

**Задача 4.** Похил р. Дніпро – 11 см/км, довжина – 2285 км. Визначте, на якій висоті над рівнем моря р. Дніпро бере початок.

**Задача 5.** Витік річки знаходиться на висоті 5000 м, а гирло – на висоті 1500 м над рівнем моря. Довжина річки складає 400 км. Обчисліть падіння та похил річки.

**Завдання 2.** Розрахувати загальну зміну запасів води в басейні річки по місяцях за календарний рік і проаналізувати розрахований водний баланс за допомогою комплексного інтегрального графіка елементів балансу. Розрахункові дані згідно з варіантом див. табл. 17–23.

### **Приклад розрахунку**

*Вихідні дані:* Елементи водного балансу: опади ( $X$ ), стік ( $Y$ ) і випаровування ( $E$ ) у мм по місяцях за 2020 рік для басейну р. Турунчук наведені у табл. 14.

*Завдання:* розрахувати загальну зміну запасів води ( $S$ ) в басейні р. Турунчук по місяцях за 2020 календарний рік і проаналізувати розрахований

водний баланс за допомогою комплексного інтегрального графіка елементів балансу.

*Розрахунок:* 1. Визначаємо зміну запасів води в басейні річки за кожний місяць  $i$  за рік в табличній формі (табл. 15) за формулою:

$$S = X - Y - E, \quad (18)$$

$SI = 30 - 1,0 - 2,0 = 27$  (мм) ;  $SII = 37 - 1,0 - 6,0 = 30$  (мм);  $SIII = 37 - 2,0 - 11 = 24$ (мм);  $Spik = 640 - 97 - 466 = 77$  (мм)

Таблиця 14

Водний баланс по місяцях за 2020 календарний рік р. Турунчук

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )
I	30	1,0	2,0
II	37	1,0	6,0
III	37	2,0	11
IV	75	66	46
V	27	8,0	95
VI	84	3,0	100
VII	43	3,0	75
VIII	88	2,0	60
IX	29	3,0	43
X	53	3,0	19
XI	90	3,0	8,0
XII	47	2,0	1,0
Рік	640	97	466

Таблиця 15

Водний баланс по місяцях за 2020 календарний рік р. Турунчук

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )	Зміна запасів води в басейні ( $\Delta S$ )
I	30	1,0	2,0	27
II	37	1,0	6,0	30
III	37	2,0	11	24
IV	75	66	46	-37
V	27	8,0	95	-76
VI	84	3,0	100	-19
VII	43	3,0	75	-35
VIII	88	2,0	60	26
IX	29	3,0	43	-17
X	53	3,0	19	31
XI	90	3,0	8,0	79
XII	47	2,0	1,0	44
Рік	640	97	466	77

2. Складемо таблицю 16, в якій виконується послідовне підсумовування місячних сум елементів водного балансу (табл. 16).

Таблиця 16

Інтегральні зведені дані елементів водного балансу (мм) р. Турунчук

Місяць	$\Sigma X$	$\Sigma Y$	$\Sigma E$	$\Sigma (Y + E)$
I	30	1	2	3
II	67	2	8	10
III	104	4	19	23
IV	179	70	65	135
V	206	78	160	238
VI	290	81	260	341
VII	333	84	335	419
VIII	421	86	395	481
IX	450	89	438	527
X	503	92	457	549
XI	593	95	465	560
XII	640	97	466	563

3. По даним цієї таблиці накреслюємо комплексний інтегральний графік (рис. 11) елементів водного балансу (суми елементів відносяться на кінець кожного місяця).

4. Проаналізуємо рівняння водного балансу, тобто розглянемо зміни прибуткових і витратних елементів  $\Sigma X$ ,  $\Sigma Y$ ,  $\Sigma E$ ,  $\Sigma (Y + E)$  за допомогою комплексного інтегрального графіка.

У період з січня по березень відбувається інтенсивне наростання опадів, запасів води в снігу при дуже незначному випаровуванні і стоку. З квітня почалося сніготанення, в зв'язку з чим спостерігалось зменшення запасів води в снігу, зростання стоку і випаровування. З травня по грудень стік поступово зростав і досягнув до кінця періоду 97 мм, сумарне випаровування до кінця року досягнуло 466 мм, що в сумі склало 563 мм.

По кривих можна добре бачити, що зміна запасів вологи в басейні за рік

$$\Delta S = \Sigma X - \Sigma Y - \Sigma E = 640 - 563 = 77 \text{ мм.}$$

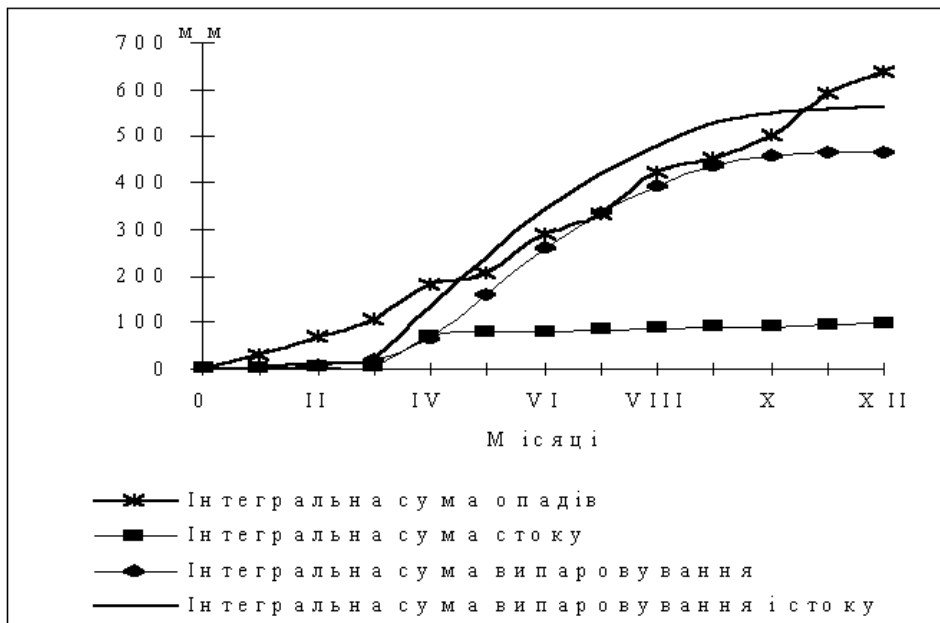


Рис. 11– Комплексний інтегральний графік елементів водного балансу

**Початкові дані для розрахунку практичного завдання № 11 (2)**

Таблиця 17

Варіант 1. Водний баланс по місяцях за 2021 календарний рік р. Балай

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )	Зміна запасів води в басейні ( $\Delta S$ )
I	36	1,0	-	
II	31	2,0	-	
III	31	8,0	16	
IV	38	6,0	29	
V	47	2,0	64	
VI	62	3,0	83	
VII	54	1,0	98	
VIII	54	1,0	94	
IX	34	1,0	63	
X	40	2,0	34	
XI	45	1,0	111	
XII	47	2,0	-	
Рік	519	30	592	

Таблиця 18

Варіант 2. Водний баланс по місяцях за 2020 календарний рік р. Барабой

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )	Зміна запасів води в басейні ( $\Delta S$ )
I	42	2,0	-	
II	38	3,0	-	
III	37	22	-	
IV	41	15	33	
V	54	6,0	73	
VI	64	3,0	102	
VII	63	2,0	108	
VIII	53	1,0	97	
IX	38	2,0	62	
X	46	2,0	32	
XI	50	1,0	10	
XII	52	2,0	-	
Рік	578	61	517	

Таблиця 19

Варіант 3. Водний баланс по місяцях за 2020 календарний рік р. В. Катлабух

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )	Зміна запасів води в басейні ( $\Delta S$ )
I	37	2	-	
II	32	7	-	
III	32	18	12	
IV	39	10	23	
V	49	5	51	
VI	62	3	66	
VII	53	2	78	
VIII	53	1	74	
IX	34	2	51	
X	41	3	27	
XI	45	2	8	
XII	47	3	-	
Рік	524	58	390	

Таблиця 20

Варіант 4. Водний баланс по місяцях за 2019 календарний рік р. Їника

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади (X)	Стік (Y)	Випаровування (E)	Зміна запасів води в басейні ( $\Delta S$ )
I	49	2	-	
II	21	3	-	
III	47	22	18	
IV	46	12	35	
V	60	8	76	
VI	76	4	100	
VII	73	2	118	
VIII	68	1	112	
IX	39	1	79	
X	54	3	41	
XI	72	4	12	
XII	70	3	-	
Рік	675	65	591	

Таблиця 21

Варіант 5. Водний баланс по місяцях за 2018 календарний рік р. Кам'янка

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади (X)	Стік (Y)	Випаровування (E)	Зміна запасів води в басейні ( $\Delta S$ )
I	35	1,0	-	
II	29	3,0	-	
III	30	12	-	
IV	35	6,0	18	
V	45	3,0	64	
VI	66	3,0	93	
VII	63	2,0	97	
VIII	49	1,0	85	
IX	31	1,0	51	
X	41	1,0	25	
XI	39	2,0	6	
XII	36	1,0	-	
Рік	495	36	439	

Таблиця 22

Варіант 6. Водний баланс по місяцях за 2021 календарний рік р. Комишна

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади (X)	Стік (Y)	Випаровування (E)	Зміна запасів води в басейні ( $\Delta S$ )
I	48	2,0	-	
II	21	4,0	-	
III	43	10	17	
IV	45	7,0	35	
V	57	6,0	75	
VI	72	3,0	99	
VII	70	2,0	116	
VIII	65	1,0	110	
IX	37	1,0	76	
X	51	1,0	41	
XI	69	2,0	12	
XII	67	5,0	-	
Рік	645	44	581	

Таблиця 23

Варіант 7. Водний баланс по місяцях за 2018 календарний рік р. Піщанка

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади (X)	Стік (Y)	Випаровування (E)	Зміна запасів води в басейні ( $\Delta S$ )
I	64	6,0	-	
II	59	6,0	-	
III	60	27	18	
IV	66	18	36	
V	76	9,0	79	
VI	89	4,0	103	
VII	76	7,0	122	
VIII	78	3,0	116	
IX	56	4,0	79	
X	68	5,0	43	
XI	72	5,0	12	
XII	74	7,0	-	
Рік	838	101	608	

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 12

**Тема:** Екологічні проблеми гідросфери

**Мета:** Забезпечити майбутніх спеціалістів основами екологічних знань, систематизувати знання про основні наслідки забруднення гідросфери, їх сутність, причини виникнення та шляхи їх розв'язання.

### Поняття та визначення

Існування біосфери і людини зокрема завжди ґрунтувалося на використанні води. Людство постійно збільшувало водоспоживання, піддаючи гідросферу великому різноманіттю впливів. Передусім це стосується таких небезпечних впливів, як забруднення і виснаження поверхневих і підземних прісних вод. На будь-яку водойму впливають умови формування поверхневого або підземного водного стоку, різноманітні *природні* явища, транспорт, промислове і комунальне будівництво, господарська та побутова діяльність людини. Наслідком цих впливів є внесення у водне середовище нових, невластивих йому забруднювачів, що погіршують якість вод.

*Під забрудненням водойм* розуміють потрапляння у значних кількостях і концентраціях забруднювачів, які послаблюють біосферні функції водойм та порушують нормальні умови середовища. Забруднення води проявляється у зміні фізичних, органолептичних властивостей (порушення прозорості, забарвлення, запаху, смаку), збільшенні вмісту сульфатів, хлоридів, нітратів, токсичних важких металів, зменшенні розчиненого у воді кисню повітря, появі радіоактивних елементів, хвороботворних бактерій тощо.

Забруднювачем водойми може бути будь-який фізичний агент, хімічна речовина або біологічний вид, який потрапляє у водне середовище або виникає у ньому в кількостях, які виходять за звичайні межі природних коливань або середнього природного росту.

Серед фізичних агентів забруднювачами можуть бути тепло, радіоактивні речовини. Хімічними забруднювачами водойм є нафта і нафтопродукти, пестициди, важкі метали, діоксини, синтетичні поверхнево-активні речовини. Надзвичайно небезпечними забруднювачами води є біологічні види, наприклад, віруси та інші хвороботворні мікроорганізми.

Під забрудненням океанів та морів розуміють введення людиною безпосередньо чи опосередковано речовин, енергії в морське середовище, що призводить або може призвести до негативних наслідків. Джерел та шляхів такого забруднення дуже багато. Поля забруднення беруть початок, як правило, біля берегів. Найбільша концентрація забруднень спостерігається у прибережних зонах та у відносно малорухомих районах океану – зонах

уповільнення та розпаду течій. Забруднення окремими шкідливими речовинами набуло глобального характеру. Навіть в Антарктиці виявлено деякі канцерогенні речовини.

Запаси прісної води потенційно великі. Однак у будь-якому районі світу вони можуть виснажуватися через нераціональне водокористування або забруднення. Кількість таких територій зростає, охоплюючи цілі географічні райони. Потреба у воді не задовольняється для 20 % міського і 75 % сільського населення світу. Обсяг споживаної води залежить від регіону і рівня життя і становить від 3 до 700 л за добу на одну людину.

Наслідки забруднення гідросфери можуть бути серйозними та широкомасштабними, впливаючи як на навколишнє середовище, так і на здоров'я людини. Забруднення річок, озер і океанів може призвести до забруднення води, що може мати згубний вплив на водну екосистему. Це може призвести до загибелі риби та інших організмів, а також до руйнування місць проживання. Забруднення також може призвести до поширення хвороб, що передаються через воду, таких як холера, дизентерія та черевний тиф. Крім того, забруднюючі речовини можуть поглинатися рослинами, тваринами та людьми, що призводить до проблем зі здоров'ям. У крайніх випадках забруднення води може призвести до загибелі людей і тварин.

**Завдання.** Підготувати доповідь, використовуючи літературні джерела з наведеної теми.

Пропонуються наступні теми доповідей

1. *Хімічне забруднення водою.*
2. *Бактеріальне забруднення водою.*
3. *Радіоактивне забруднення водою.*
4. *Теплове забруднення поверхні водою і прибережних морських акваторій.*
5. *Евтрофікація водних екосистем.*
6. *Заходи та засоби попередження забруднення водою.*
7. *Антропогенний вплив на води Світового океану.*
8. *Екологічні проблеми Чорного моря.*
9. *Способи очищення стічних вод.*
10. *Проблеми антропогенного забруднення гідросфери та заходи щодо покращення її стану.*

#### 4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Підсумковий контроль з дисципліни «Основи екології геосфер» здійснюється у формі екзамену. Екзамен проводиться в усній формі шляхом відповіді на питання екзаменаційного білета.

У таблиці 24 наведено критерії оцінювання навчальних досягнень з дисципліни «Основи екології геосфер».

Таблиця 24

Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів

Оцінка за національною шкалою	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	
Відмінно	у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями	глибоко та всебічно розкриває сутність практичних завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності;; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних завдань при самостійній роботі
Добре	достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки	правильно вирішив більшість тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання

Оцінка за національною шкалою	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	
Задовільно	володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків
Незадовільно з можливістю повторного складання	володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді допускаються суттєві помилки	недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

## 5. ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

1. Назвіть основні геосфери з яких складається планета Земля.
2. Якими двома типами сил створюється фігура Землі?
3. Від яких факторів залежить фігура планети.
4. Сформулюйте закони Кеплера.
5. Що називають ексцентриситетом?
6. Назвіть одиницю вимірювання сили тяжіння.
7. Яка сила називається відцентровою?
8. Де вага тіла легше на полюсі або екваторі?
9. В якому випадку закон інерції дотримується?
10. У якому випадку закон інерції не дотримується?
11. Які системи відліку називаються інерційними?
12. Чому зоряна доба нерівна сонячній?
13. Що є причиною зміни тривалості дня і ночі на всіх широтах, крім екватора?
14. Що приймають за астрономічну одиницю?
15. Чи однакові за часом пори року?
16. Що називається в астрономії прецесією?
17. Чи надає вплив на клімат нахил земної осі?
18. Що визначає ексцентриситет орбіти?
19. Хто запропонував першим гіпотезу походження магнітного поля Землі як результат процесів, що відбуваються у земному ядрі?
20. Якими параметрами характеризується магнітне поле у земної поверхні?
21. Дайте визначення магнітного нахилу.
22. Збігається чи ні магнітний екватор з географічним?
23. Що показують ізокліни?
24. Що називається магнітним відхиленням?
25. У яких одиницях вимірюється напруженість магнітного поля?
26. Геомагнітне поле Землі складається з яких полів?
27. У результаті яких процесів формується магнітосфера Землі?
28. Від яких процесів залежить стиснення магнітосфери?
29. Що таке сонячний вітер?
30. Які пояси називаються радіаційними поясами Землі або поясами Ван Аллена?
31. Які явища пов'язані з магнітним полем Землі?
32. Вкажіть природу магнітних бур.
33. Яке значення геомагнітного поля Землі?

34. У земної поверхні сухе повітря складається з яких газів?
35. На які шари і за якими ознаками поділяється атмосфера по вертикалі?
36. Що таке атмосферний тиск і від яких параметрів він залежить?
37. Назвіть одиниці виміру атмосферного тиску, що використовуються в метеорології.
38. Якими приладами вимірюють атмосферний тиск?
39. Що називається висотою однорідної атмосфери?
40. Яка величина називається баричним градієнтом?
41. Наведіть основне рівняння статичної атмосфери.
42. Що розуміють під поняттям «наведена висота» ?
43. В результаті яких процесів Земля втрачає воду?
44. В результаті яких процесів утворюється озон?
45. У яких одиницях виражається вміст озону в атмосфері?
46. Назвіть цикли руйнування озону.
47. Назвіть головний антропогенний вплив, що руйнує озон?
48. Назвіть гіпотези утворення озонових дір.
49. В результаті яких причин в тропосфері розвинена турбулентність?
50. Як розподіляється температура повітря в тропосфері?
51. Назвіть особливості приземного шару повітря.
52. Як змінюється температура в стратосфері?
53. Як розподіляється температура в мезосфері?
54. Які частини розрізняються в термосфері?
55. Найбільш характерна особливість іоносфери.
56. Від яких факторів залежить електропровідність атмосфери?
57. Який газ є домінуючим газом в найбільш високих шарах екзосфери?
58. Які позитивні температурні «аномалії» існують в узагальненому вертикальному розрізі атмосфери?
59. Чому дме вітер?
60. Назвіть головну причину планетарної системи вітрів.
61. Сформулюйте закон Бера.
62. Вкажіть походження циркумполярних вихорів.
63. Які потоки повітря називаються пасатами?
64. Що називається осередками Феррела?
65. Дайте визначення баричного поля.
66. Чим відрізняються карти абсолютної і відносної баричної топографії?
67. Що називається циклонами і антициклонами?
68. На карті абсолютної баричної топографії до центру антициклону значення ізогіпс збільшуються або зменшуються?
69. Що таке баричний ступінь?

70. Від чого залежить величина баричного ступеня?
71. Що таке ізобари?
72. Як графічно зображується горизонтальний баричний градієнт?
73. Що називається баричними системами?
74. Назвіть основні типи баричних систем.
75. Яка величина називається баричною тенденцією?
76. Від яких факторів залежить діапазон змін тиску протягом року?
77. Чим обумовлена термічна турбулентність?
78. У яких одиницях вимірюється швидкість вітру?
79. Як будують розу вітрів?
80. Назвіть способи графічного представлення вітру.
81. Що називається вологістю повітря?
82. Що таке транспірація?
83. Що називається конденсацією?
84. Що означає поняття точка роси?
85. Які процеси називаються адіабатичними?
86. Що таке сухоадіабатичний градієнт?
87. Що називається вологадіабатичним градієнтом?
88. Що називається аерологічною діаграмою?
89. Назвіть основні джерела надходження води в сучасну гідросферу?
90. Опишіть механізм безповоротної втрати Землею океанічної води.
91. Що таке «критична температура» і «критичний тиск» хімічної речовини?
92. Яке співвідношення прісних і солоних вод в гідросфері Землі?
93. Як «влаштована» молекула води?
94. Чому дипольний момент води принципово відрізняється від дипольного моменту двоокису вуглецю?
95. Перерахуйте основні сліdstва малої стисливості води.
96. Яким чином температура кипіння води залежить від тиску?
97. Намалюйте фазову діаграму чистої води і прокоментуйте її.
98. Чому в Сахарі днем жарко, а вночі холодно?
99. Що таке «прихована теплота пароутворення»?
100. Що таке «питома теплоємність» ?
101. Перерахуйте кліматичні сліdstва аномально великою питомою теплоємності води.
102. Яку кліматичну роль грає велика величина прихованої теплоти пароутворення води?
103. В межах яких широтних поясів Землі потік тепла від екватора до полюсів має максимальну потужність?
104. Що таке «мусони» ?

105. Що таке «бризи» ?
106. Охарактеризуйте процеси, які виникають, коли холодна повітряна маса знаходиться над теплим океаном.
107. Від чого залежить висота конвективних осередків в атмосфері, що виникають в результаті розташування холодного повітря над теплою морською водою?
108. Чому при розташуванні холодного повітря над теплою морською водою густина води в поверхневому шарі зростає?
109. Доки триватиме процес перенесення тепла з океанічної води в атмосферне повітря?
110. Опишіть характер процесів, які виникають коли тепла повітряна маса знаходиться над холодним океаном.
111. В результаті яких процесів утворюється туман над морем?
112. За рахунок теплопровідності або за рахунок випаровування океан втрачає більше тепла?
113. Яке повітря важче – сухе або вологе?
114. В яких регіонах земної кулі існують найкращі умови для потужного теплового потоку з океану в атмосферу?
115. В результаті чого відбувається хвилювання води?
116. Перерахуйте основні елементи хвилі?
117. Що таке «рефракція хвиль», в чому її причина і які її наслідки?
118. Як виражається енергія хвилі через її довжину і висоту?
119. Чому енергія вітрового хвилювання згасає з глибиною?
120. Що таке «прибій» ?
121. Що таке «евапоріти» ?
122. Який середній вміст солей в океанічній воді?
123. Що таке «сольватовані іони» ?
124. Назвіть вісім основних консервативних елементів сольового складу океанічної води.
125. Які з консервативних елементів відносяться до катіонів?
126. Які з консервативних елементів відносяться до аніонів?
127. В результаті яких процесів катіони потрапляють в Океан?
128. Від яких процесів залежить швидкість видалення катіонів з води?
129. До яких пір зростає концентрація солі у воді?
130. Назвіть основні джерела надходження аніонів в океан.
131. Що таке «надлишкові летючі» елементи?
132. Перерахуйте біогенні елементи океанічної води.
133. Які складові морської води називаються мікроелементами?

134. Як змінюється концентрація мікроелементів в океанічній воді по вертикалі?
135. Сформулюйте правило сталості концентрацій.
136. Як на практиці використовується правило сталості концентрацій?
137. Якими методами вимірюється солоність океанічної води?
138. Поясніть, чому в верхніх горизонтах океанічних вод вміст азоту і фосфору надзвичайно низький.
139. Як залежить концентрація розчиненого у воді газу від температури води?
140. Чому в Чорному морі нижче деякого рівня в морській воді немає кисню?
141. Які хімічні елементи використовують для будівництва панцирів такі організми, як діатомеї (фітопланктон) і радіолярії (зоопланктон)?
142. Що таке «сейші» ?
143. Від яких параметрів замкнутого басейну залежить період сейшей, що виникають в ньому?
144. Назвіть найбільш загальні причини виникнення сейшів?
145. За який час місячна припливна хвиля «обходить» Землю? Поясніть, чому цей час не збігається з тривалістю земної доби.
146. Чому дорівнює відношення припливоутворюючих сил, створюваних Сонцем і Місяцем
147. Чим відрізняються сізігійний і квадратурні припливи?
148. Що таке цунамі?
149. Від яких факторів залежить ступінь небезпеки цунамі?
150. Які дві сили, що відносяться до типу об'ємних, грають ключову роль у формуванні океанічних течій?
151. Які причини можуть викликати горизонтально спрямовані сили тиску в товщі океанічних вод?
152. Поясніть, чому нахил поверхні води створює горизонтальний тиск в товщі води.
153. Поясніть, за рахунок чого нерівномірна густина морської води створює горизонтальний тиск в товщі води.
154. Поясніть сутність теорії Екмана і сформулюйте її основні положення.
155. Перерахуйте особливості регіону Саргасове моря.
156. Поясніть механізм виникнення апвелінгу в центрі потужного тропічного циклону.
157. Перерахуйте необхідні умови і поясніть механізм виникнення апвелінгу і даунвелінгу в береговій зоні моря.
158. Що таке Ель-Ніньо?
159. Що називається стоком річки?
160. Що називається руслом річки?

161. Що називається живим перетином річки?
162. Що називається гідрографічною мережею тої чи іншої території?
163. Що називається річковою системою?
164. Що називається притоками першого, другого порядку?
165. Яким показником визначається ступінь звивистості річки?
166. Що називається басейном річкової системи або її водозбором?
167. Дайте визначення поздовжньому профілю річки.
168. Що таке «витрата води» в річці і за якою формулою вона обчислюється?
169. Що таке «гідрограф стоку»?
170. Що таке «розчленування гідрографа»?
171. За якою формулою визначається «обсяг стоку» річки?
172. Що таке «шар стоку» і «коефіцієнт стоку»?
173. Напишіть рівняння водного балансу замкнутої водойми.
174. Назвіть основні джерела живлення річок; яке співвідношення цих джерел живлення в різних кліматичних умовах.
175. Надайте коротку характеристику явищ, які називаються: «повінь», «паводок», «межень».
176. Перерахуйте шість зональних типів водного режиму річок і дайте їх коротку характеристику.
177. Сформулюйте закон Ері і напишіть відповідну формулу.
178. Як визначити довжину, середню і максимальну ширину озера?
179. Як обчислити середню глибину озера?
180. У яких умовах виникають болота. Назвіть і охарактеризуйте три стадії формування (три типи) боліт, що виникають на місці водойм.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонов В. С. Короткий курс загальної метеорології: навчальний посібник. – Чернівці: рута, 2004. – 336 с.
2. Белоус Г. М. Вплив господарської діяльності на водні ресурси України. – К.: Наукова думка, 1999. – 211 с.
3. Волощук В. М. Основні закономірності сучасного потепління клімату на території України та його екологічні наслідки. Зб. праць "Україна та глобальні процеси: географічний вимір". Київ-Луцьк. – 2000. Т. 3. С. 202–208.
4. Гор Альберт. Земля у рівновазі. Екологія і людський дух. К.:Інтелсфера, 200. 393 с.
5. Задачі з фізичної географії: практикум: навч.-метод посіб. / автор уклад. О. Д. Лаврик. – Умань : ВПЦ «Візаві», 2019. 111 с.
6. Методичні вказівки до виконання практичних завдань з дисципліни «Методи та засоби гідрометеорологічних вимірювань (в океанах і морях)» для студентів 1 курсу спеціальності 103 «Науки про Землю» денної/заочної форми навчання, освітня програма «Гідрометеорологія», рівень вищої освіти – бакалавр / Укладач: П'ятакова В.Ф. – Одеса, ОДЕКУ, 2021. 24 с.
7. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Т. А. Сафранов. – Львів: «Новий світ-2000», 2003. 248 с.
8. Сніжко С. І., Паламарчук Л. В., Затула В. І. Метеорологія : підручник для студ. – К.: Київський університет, 2010. 592 с.
9. Степаненко С. М. Метеорологія і кліматологія. – Одеса, 2008. – 533 с.
10. Термена Б. К., Літвіненко С. Г. Охорона та раціональне використання природних ресурсів: навч. посібник. - Чернівці: Рута, 2004. 175 с.
11. Чернюк Г. В., Лихолат В. М. Метеорологія і кліматологія: навч. посіб. для географічних фак. вищих навч. закладів. – Т.: Підручник і посібник, 2005. 112 с.
12. Хільчевський В. К. Основи океанології: підручник. – 2-ге вид., доп. і перероб. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2008 – 255 с.

### Інформаційні ресурси

1. Планета Земля.т URL: <http://www.myplanet-earth.com>.
2. Наукова бібліотека імені В. Вернадського. URL: [www.nbuv.gov.ua](http://www.nbuv.gov.ua)
3. Національний атлас України. URL: <http://wdc.org.ua/atlas/>
4. Офіційний сайт Українського гідрометеорологічного центру. URL: <http://www.meteo.gov.ua>
5. Офіційний портал Всесвітньої метеорологічної організації. URL : <http://www.wmo.int>

*Навчальне видання*

# **ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ГЕОСФЕР**

**ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до практичних занять  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
спеціальності Е4 Науки про Землю  
освітньо-професійної програми  
«Морська геологія, гідрогеологія та інженерна геологія»

**Електронне практичне видання**

***Укладач:***

**Козлова Тетяна Віталіївна**

*В авторській редакції*

Затв. авт. 10.08.2025. Шрифт Times New Roman.  
Системні вимоги: операційна система сумісна з програмним забезпеченням  
для читання файлів формату PDF.  
Обсяг 1,5 МБ. Зам. № 2995.

Видавець і виготовлювач  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.  
вул. Університетська, 12, м. Одеса, 65082, Україна  
Тел.: (048) 723 28 39, e-mail: druk@onu.edu.ua