

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

Географічний факультет

Кафедра фізичної географії

**І. М. НЕТРОБЧУК**

**МЕТЕОРОЛОГІЯ ТА КЛІМАТОЛОГІЯ**

методичні рекомендації до лабораторних робіт

Луцьк  
Вежа-Друк  
2019

УДК 551.58 (072)

Н 57

Рекомендовано до друку науково-методичною радою Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки (протокол № 6 від 20 лютого 2019 р.)

**Рецензенти:**

**Федонюк В. В.** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології і агрономії Луцького національного технічного університету.

**Тарасюк Н. А.** – кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.

**Нетробчук І. М.**

**Н 57** Метеорологія та кліматологія: методичні рекомендації до лабораторних робіт / Ірина Марківна Нетробчук . – Луцьк : Вежа-Друк, 2019. – 60 с.

Методичне видання містить завдання до лабораторних робіт. Подано теоретичні відомості та порядок виконання завдань. Лабораторні роботи складено відповідно до нової робочої програми. У ньому зміст лабораторних робіт тісно пов'язаний із матеріалом основного курсу. Передбачено виконання завдань самостійної роботи.

Рекомендовано студентам освітнього ступеня бакалавр спеціальності 103 «Науки про Землю», 106 «Географія» та 014 «Середня освіта» денної та заочної форми навчання вищих навчальних закладів.

**УДК 551.58 (072)**

© Нетробчук І. М., 2019

© Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, 2019

## ПЕРЕДМОВА

Курс «Метеорологія та кліматологія» є складовою частиною фундаментальних дисциплін географічних факультетів вищих навчальних закладів. Вона знайомить студентів з основними фізичними процесами та явищами, що виникають і розвиваються в земній атмосфері як одному з найважливіших природних компонентів геосфери.

Невід'ємною частиною курсу є виконання лабораторних робіт, під час яких у студентів закріплюються теоретичні знання, виробляються навички й уміння роботи з основними метеорологічними приладами для проходження навчальної природничо-наукової практики, для підготовки географів, екологів та менеджерів будь-якої спеціальності.

Навчальне видання укладено відповідно до нової робочої навчальної програми. Крім виконання лабораторних робіт, значну увагу приділено самостійній роботі, що виконується під керівництвом викладача. Більшість завдань розроблені в кількох варіантах, що забезпечує індивідуальний підхід. Значна увага приділена розв'язуванню розрахункових задач, які дають змогу пояснити закономірності розвитку атмосферних процесів.

Результатом проведення лабораторних і самостійних робіт є формування у студентів вмінь та навичок:

- проведення метеорологічних спостережень;
- робота з основними метеорологічними приладами;
- аналіз отриманих результатів та їх пояснення;
- побудова графіків ходу метеовеличин;
- розв'язування задач для оцінки метеорологічних величин;
- пояснення основних кліматичних закономірностей Землі;
- складання кліматичного опису регіону і читання кліматичних карт.

Теми лабораторних робіт розроблені до основних розділів теоретичного курсу. Основа й структура методичних рекомендацій до лабораторних робіт ґрунтується на раніше поданому матеріалі практикуму із курсу «Метеорологія та кліматологія» І М. Нетробчук (Луцьк, 2010). Запропонована автором праця доповнена новими розробленими завданнями, статистикою, рисунками, інформаційним матеріалом.

Навчальне видання укладено за єдиною структурою. Для кращого засвоєння матеріалу для окремих тем подано теоретичні відомості, завдання лабораторних робіт, кожне з яких охоплює його стислий зміст, методичні поради щодо виконання, що сприяє реалізації поставленої мети на розкриття конкретної теми. Для більшості завдань пропонується кілька варіантів, що дає можливість студентові, залежно від його теоретичного рівня підготовки, а також забезпеченості навчального закладу літературними й картографічними матеріалами, виконати завдання самостійно. Кожна тема містить контрольні запитання для самоперевірки своїх знань. Окремі теми вміщують виконання самостійної роботи. Практикум містить рисунки, значну кількість формул, які пояснюють закономірності протікання атмосферних процесів і уміння застосовувати їх на практиці, а також загальний список використаних джерел.

# Лабораторна робота № 1

## Тема: ОСНОВНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ВЕЛИЧИНИ ТА АТМОСФЕРНІ ЯВИЩА

*Мета:* ознайомитись з основними метеорологічними величинами та їхніми особливостями й класифікацією атмосферних явищ.

*Обладнання:* калькулятори, наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин».

### Теоретичні відомості

Стан атмосфери у визначений момент часу характеризується відповідними фізичними параметрами, які називаються **метеорологічними** величинами, і видимим проявом фізико-хімічних процесів, що відбуваються в атмосфері та іменуються **атмосферними явищами** або явищами погоди.

До метеорологічних величин належать: *тиск повітря, його температура, вологість, густина повітря, напрям та швидкість вітру* та ін., а до атмосферних явищ: *хмари, опади, туман, гроза, гало, ожеледь* та ін.

### Атмосферний тиск

*Атмосферний тиск* – сила, із якою повітря тисне на всі предмети і земну поверхню, віднесена до одиниці площі. Абсолютною одиницею виміру тиску в **Міжнародній системі** одиниць (СІ) є **Паскаль**. Паскаль (Па) – невеликий тиск, що чинить сила в 1 Н на одиничну поверхню площею в 1 м<sup>2</sup>:  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ . Тому для зручності в метеорології використовують величину в сто разів більшу за Па й називають її **гектопаскалем** (1 гПа = 100 Па). На практиці атмосферний тиск вимірюється також в умовних **позасистемних** одиницях – **мм рт. ст.** Між мм рт. ст. і гПа існує перехід. Тиск в 1 мм рт. ст. – це вага стовпа ртуті висотою 1 мм на 1 м<sup>2</sup> на рівні моря й географічній широті 45° при температурі 0° С. Отже,  $1 \text{ гПа} = 0,75 \text{ мм рт. ст.}$ ;  $1 \text{ гПа} = 3/4 \text{ мм рт. ст.}$ ;  $1 \text{ мм рт. ст.} = 4/3 \text{ гПа}$ .

Звідси **нормальний атмосферний тиск** – 760 мм рт. ст. на широті 45°.  $760 \text{ мм рт. ст.} = 760 \cdot 1,3333 \text{ гПа} = 1013,3 \text{ гПа} = 101330 \text{ Па}$ . Середній атмосферний тиск на рівні моря становить 1013,3 гПа (або 760 мм рт. ст.). **Нормальний (стандартний) атмосферний тиск** – це тиск, який дорівнює тиску ртутного стовпа висотою 760 мм на площу 1 см<sup>2</sup> при температурі 0° С на рівні моря та широті 45°.

У метеорології до недавнього часу використовували ще одну позасистемну одиницю тиску, названу **мілібаром**, що дорівнює 10<sup>3</sup> дин/см<sup>2</sup>, одна тисячна частка бара. Тиск в 1 мб = 100 Па = 1гПа. **Обов'язково** показники тиску, виміряні в міліметрах ртутного стовпа й у мілібарах, необхідно переводити в гектопаскалі. Для цього існує перехід від однієї системи одиниць виміру тиску до іншої, який здійснюється за співвідношеннями:

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 1,33 \text{ мб} = 133,3 \text{ Па} = 1,33 \text{ гПа};$$
$$1 \text{ мб} = 0,75 \text{ мм рт. ст.} = 100 \text{ Па} = 1 \text{ гПа}.$$

Зі зміною висоти атмосферний тиск зменшується пропорційно густині повітря.

### Температура повітря

Температура повітря характеризує тепловий стан атмосфери та є виміром середньої кінетичної енергії руху молекул, які складають атмосферу.

**Температура** повітря – це температура, яку показує термометр в умовах його повного теплового контакту й рівноваги з атмосферним повітрям і захисту від дії прямих сонячних променів. Для її визначення в різні історичні періоди запропоновано низку **температурних шкал**. Усі вони були відносними та розроблені на основі авторських методик, що ґрунтуються на різних підходах [8].

У повсякденному житті ми найчастіше використовуємо температурну шкалу **Цельсія**. О. Цельсій – шведський вчений, вперше запропонував свою температурну шкалу у 1742 р. У стоградусній шкалі Цельсія за реперні точки прийнято температури: *танення льоду або замерзання льоду* – 0° та *кипіння води й переходу її в газоподібний стан* – +100°. Інтервал між 0° і 100° С було розбито на 100 рівних поділок, кожна з яких відповідала зміні температури на 1° С.

Відомі й інші температурні шкали. В англійських країнах, зокрема в США, Англії, Британії, широко використовується температурна **шкала Фаренгейта**. За  $0^{\circ}\text{F}$  у цій шкалі прийнято *температуру суміші снігу та нашатирного спирту* (вона становила  $-17,8^{\circ}\text{C}$ ), а за  $100^{\circ}\text{F}$  – *нормальна температура людського тіла* ( $+36,6^{\circ}\text{C}$ ). Діапазон між цими значеннями розбито на  $100^{\circ}\text{C}$ . За шкалою Фаренгейта,  $0^{\circ}\text{C}$  відповідає  $+32^{\circ}\text{F}$ , а  $100^{\circ}\text{C}$  –  $+212^{\circ}\text{F}$ . Таким чином,  $100^{\circ}\text{C} = 180^{\circ}\text{F}$ , звідси  $1^{\circ}\text{C} = (9/5)^{\circ}\text{F}$ ,  $1^{\circ}\text{F} = (5/9)^{\circ}\text{C}$ .

Перехід від шкали Фаренгейта до шкали Цельсія й навпаки виконується за формулами:

$$t^{\circ}\text{C} = (5/9) \cdot (t^{\circ}\text{F} - 32), \quad (1.1)$$

$$t^{\circ}\text{F} = (9/5) \cdot t^{\circ}\text{C} + 32. \quad (1.2)$$

Звідси можна визначити, що  $0^{\circ}\text{F}$  відповідає приблизно  $-17,8^{\circ}\text{C}$ . В обох шкалах, Цельсія й Фаренгейта, існує температура, нижча за нуль, тобто від'ємна.

У теоретичних дослідженнях зазвичай застосовують абсолютну шкалу температур, або **шкалу Кельвіна (К)**. Нуль шкали Кельвіна відповідає повному припиненню теплового хаотичного руху молекул, тобто найнижчій температурі. За шкалою Цельсія це буде  $-273,15^{\circ}\text{C}$  (на практиці за абсолютний нуль приймають  $273^{\circ}\text{C}$ ). Зауважимо, що ціна поділки за абсолютною шкалою Кельвіна дорівнює ціні поділки за шкалою Цельсія ( $1\text{K} = 1^{\circ}\text{C}$ ). За абсолютною шкалою температура може бути тільки додатною, тобто вище нуля.

У формулах температура за абсолютною шкалою позначається  $T$ , а температура за Цельсієм – через  $t$ . Температури за шкалою Кельвіна й шкалою Цельсія пов'язані співвідношеннями:

$$t^{\circ}\text{C} = TK - 273,15 \quad (1.3)$$

$$TK = t^{\circ}\text{C} + 273,15. \quad (1.4)$$

Звідси можна визначити, що  $0^{\circ}\text{C}$  відповідає  $273,15\text{K}$ , а  $100^{\circ}\text{C}$  –  $373,15\text{K}$ .

### **Вологість повітря**

Усесвітня метеорологічна організація рекомендує такі визначення характеристик вологості повітря [2].

**1. Парціальний тиск, або пружність водяної пари ( $e$ )** – це тиск водяної пари в повітрі, пропорційний її густині (масі в одиниці об'єму) та її абсолютній температурі. Одиниці вимірювання ті ж, що й одиниці вимірювання тиску повітря, тобто в гПа ( $1\text{гПа} = 1\text{мб}$ ). Для стану насичення повітря:  $e = E$  розрізняють фактичну (тобто реальну на час спостереження) пружність ( $e$ ) і пружність насичення водяної пари ( $E$ ).

**2. Пружність насичення водяної пари ( $E$ )** – максимальна пружність водяної пари, яка можлива при даній температурі повітря [мм рт. ст., або гПа]. Повітря стає насиченим при збільшенні в ньому водяної пари, або при охолодженні. Чим вища температура повітря, тим більше водяної пари воно може вмістити (табл.1.1). При низьких температурах повітря погано утримує водяну пару, тому що зниження температури викликає процеси конденсації (перехід водяної пари в рідкий стан) чи сублімації (перетворення водяної пари в твердий стан).

Таблиця 1.1

Густина насиченої водяної пари

Температура, $^{\circ}\text{C}$	Густина, $\text{г/м}^3$	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Густина, $\text{г/м}^3$
– 15	1,6	10	9,4
– 10	2,4	15	12,9
– 5	3,4	20	17,3
0	4,9	25	23,1
5	6,8	30	30,4

**3. Абсолютна вологість повітря, або густина водяної пари ( $a$ )** – маса водяної пари, що міститься в одиниці об'єму вологого повітря. Визначається в грамах (кілограмах) на кубічний метр ( $\text{г}$ ,  $\text{кг/м}^3$ ).

4. **Відносна вологість (f)** – відношення фактичного парціального тиску  $e$ , або маси  $a$  водяної пари в атмосферному повітрі, до тиску насичення водяної пари  $E$ , або до тієї ж маси водяної пари  $Q$ , яка могла б вміститись у ньому при тій же температурі повітря, виражене у відсотках:

$$f = e/E \cdot 100, [\%]. \quad (1.5)$$

5. **Точка роси ( $t_d$ )** – температура, при якій водяна пара, що є в повітрі, досягає стану насичення при постійному тиску повітря в масовій частці.

6. **Дефіцит точки роси ( $\Delta$ )** – різниця між температурою повітря  $t$  й точкою роси  $t_d$ :

$$\Delta = t - t_d. \quad (1.6)$$

7. **Дефіцит тиску вологи (d)** – різниця між тиском насичення водяної пари при даній температурі повітря й фактичним тиском водяної пари в повітрі:

$$d = E - e, [\text{гПа}]. \quad (1.7)$$

### **Атмосферні явища**

Атмосферні явища, за якими здійснюються спостереження на метеорологічних станціях, поділяють на такі групи:

**1. Гідрометеори** – це скупчення рідких і твердих або тих та інших разом частинок води, завислих у повітрі (*хмари, тумани*); що випадають в атмосфері (*опад*); що осідають на предметах біля земної поверхні або в атмосфері (*роса, іній, ожеледь, паморозь*); або піднятих вітром із поверхні землі (*хуртовини*).

**2. Літометеори** – скупчення твердих (не водних) частинок, які піднімаються вітром із земної поверхні та переносяться на деяку відстань або зависають у повітрі (*курний поземок, пилова буря* й ін.).

**3. Електричні явища**, до яких належать прояви дії атмосферної електрики, які ми бачимо або чуємо (*блискавка, грім*).

**4. Оптичні явища** в атмосфері, що виникають у результаті відбиття, заломлення, розсіювання та дифракції сонячного або місячного світла (*гало, міраж* й ін.).

**5. Некласифіковані** (різні) явища в атмосфері, які важко віднести до будь-якого виду, указанного вище (*шквали, вихор, смерч*) [2].

### **Завдання**

1. Вивчіть основні поняття й характеристики метеорологічних величин та атмосферних явищ.

2. Розв'яжіть задачі на взаємопереведення тиску й температури.

1. Переведіть атмосферний тиск 750; 843; 637; 955 мм ртутного стовпа в гектопаскалі.
2. Переведіть атмосферний тиск 1023; 1035; 996; 978 гПа в міліметри ртутного стовпа.
3. Максимальна температура повітря на стандартній висоті метеорологічних спостережень (2 м від поверхні) спостерігалась 11 серпня 1933 р в Сан-Луїсі (Мексика) і становила  $57,8^\circ \text{C}$ , а у Ваді-Хальфа (Судан) вона досягла  $61^\circ \text{C}$ . Виразіть ці температури в К.
4. Максимальний тиск на рівні моря (812,9 мм. рт. ст. ) спостерігався 31 грудня 1968 р. на ст. Агата (Красноярський край), а мінімальний (641,1 мм. рт. ст.) – у вересні 1961 р. в тайфуні Ненсі над Тихим океаном. Виразіть ці значення в гПа.
5. Переведіть температуру за шкалою Кельвіна у температуру Цельсія:  $T_K = 345; 450; 289$ . Знайдіть  $t^\circ \text{C}$ .
6. Переведіть температуру за шкалою Цельсія в температуру до шкали Фаренгейта:  $t^\circ \text{C} = +46; +29; +5$ . Знайдіть  $t^\circ \text{F}$ .
7. Переведіть температуру за шкалою Цельсія в температуру Кельвіна:  $t^\circ \text{C} = +18; (-5); +25$ . Знайдіть  $T_K$ .
8. Переведіть температуру від шкали Фаренгейта в температуру до шкали Цельсія:  $t^\circ \text{F} = 212; 195; 289$ . Знайдіть  $t^\circ \text{C}$ .

3. Обчисліть показники вологості повітря, використовуючи формули (1.5; 1.7).

**Знайдіть:**

1. Фактичну пружність водяної пари ( $e$ ):
2. Максимальну пружність водяної пари ( $E$ ):

- а)  $f = 40\%$ ;  $E = 38,9$  гПа;  
 б)  $f = 34\%$ ;  $E = 33,6$  гПа;  
 в)  $f = 100\%$ ;  $E = 13,6$  гПа.

- а)  $f = 73\%$ ;  $e = 11,6$  гПа;  
 б)  $f = 32\%$ ;  $e = 7,2$  гПа;  
 в)  $f = 92\%$ ;  $e = 13,2$  гПа.

3. Відносну вологість повітря ( $f$ ):

- а)  $e = 7,1$  гПа;  $E = 14,0$  гПа;  
 б)  $e = 7,9$  гПа;  $E = 13,1$  гПа;  
 в)  $e = 22,1$  гПа;  $E = 27,7$  гПа.

4. Дефіцит тиску вологи повітря ( $d$ ):

- а)  $E = 26,0$  гПа;  $e = 8,4$  гПа;  
 б)  $E = 13,9$  гПа;  $e = 12,9$  гПа;  
 в)  $E = 4,5$  гПа;  $e = 4,5$  гПа.

4. Використовуючи наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин» [9, с 11–15], ознайомтесь з облаштуванням метеорологічного майданчика та вимогами щодо організації спостережень.

### *Аудиторна самостійна робота під керівництвом викладача*

#### **Розв'яжіть задачі**

1. При температурі  $+ 30^\circ \text{C}$  повітря має абсолютну вологість  $17,3 \text{ г/м}^3$ . Визначте дефіцит вологи. Максимальний уміст водяної пари в повітрі при температурі  $+ 30^\circ \text{C}$  становить  $30,4 \text{ г/м}^3$ .
2. Відносна вологість повітря при температурі  $+ 20^\circ \text{C}$  становить  $50\%$ . Який буде дефіцит вологи? Максимальний уміст водяної пари в повітрі при температурі  $+ 20^\circ \text{C}$  становить  $17,3 \text{ г/м}^3$ .
3. При температурі  $+ 30^\circ \text{C}$  в  $1 \text{ м}^3$  повітря утримується  $15 \text{ г}$  водяної пари. Визначте відносну вологість повітря. Максимальний уміст водяної пари в повітрі при температурі  $+ 30^\circ \text{C}$  становить  $30,4 \text{ г/м}^3$ .
4. Установіть відносну вологість повітря, якщо відомо, що при температурі  $+ 20^\circ \text{C}$  у його  $1 \text{ м}^3$  міститься водяної пари: а)  $15 \text{ г}$ ; б)  $12,5 \text{ г}$ ; в)  $16 \text{ г}$ . Максимальний уміст водяної пари в повітрі при температурі  $+ 20^\circ \text{C}$  становить  $17,3 \text{ г/м}^3$ .
5. Визначте відносну вологість повітря при температурі  $0^\circ \text{C}$ , якщо абсолютна вологість повітря становить: а)  $3 \text{ г/м}^3$ ; б)  $4,1 \text{ г/м}^3$ ; в)  $2,5 \text{ г/м}^3$ ; г)  $1,7 \text{ г/м}^3$ . Максимальний уміст водяної пари в повітрі при температурі  $0^\circ \text{C}$  становить  $4,9 \text{ г/м}^3$ .
6. При відносній вологості повітря  $70\%$  уміст водяної пари в  $1 \text{ м}^3$  повітря становить  $5,2 \text{ г/м}^3$ . На скільки грамів має збільшитись кількість водяної пари в повітрі, щоб воно стало насиченим при цій температурі?
7. Установіть, яка кількість води може вміститися в повітрі класної кімнати при температурі  $+ 25^\circ \text{C}$ , якщо її довжина –  $5 \text{ м}$ , ширина –  $4,5 \text{ м}$ , а висота –  $3,0 \text{ м}$ .
8. Один кубічний метр повітря містить  $30,4 \text{ г}$  водяної пари. При якій температурі його відносна вологість дорівнювала б  $100\%$ ?
9. При якій температурі буде насиченим повітря з абсолютною вологістю: а)  $1,6 \text{ г/м}^3$ ; б)  $23,1 \text{ г/м}^3$  ?

#### **Контрольні запитання:**

1. У чому відмінність між поняттями метеорологічна величина та атмосферне явище?
2. Дайте визначення атмосферного тиску. У яких одиницях він вимірюється?
3. Як здійснюється переведення одиниць вимірювання атмосферного тиску?
4. Якими величинами характеризується вологість повітря.
5. Дайте визначення абсолютної й відносної вологості, дефіциту тиску вологості, точки роси, дефіциту точки роси, парціального тиску, тиску насичення водяної пари. Який зв'язок існує між цими величинами?
6. Дайте визначення температури повітря та її видам.
7. Які температурні шкали використовують у метеорології?
8. Укажіть формули переходу температури від шкали Фаренгейта до шкали Цельсія.
9. Якими співвідношеннями пов'язані температури за шкалою Кельвіна та шкалою Цельсія?
10. Дайте класифікацію атмосферних явищ?

## Лабораторна робота № 2

### Тема: АНАЛІЗ СКЛАДНИКІВ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ

*Мета:* повторити основні складники сонячної радіації та формули для визначення її показників; проаналізувати географічний розподіл добового та річного ходу показників сонячної радіації; закріпити вміння розв'язувати задачі.

*Обладнання:* чотиризначні математичні таблиці, таблиця схилення Сонця, навчальне видання «Загальне землезнавство».

#### Завдання

1. Використовуючи методичні рекомендації до практичних занять з курсу «Загальне землезнавство» (практична робота «Сонячна радіація. Радіаційний і тепловий баланс»), повторіть визначення, одиниці вимірювання в різних системах одиниць, формули для визначення показників сонячної радіації та радіаційного балансу.

2. Використовуючи дані табл. 2.1, порівняйте добові суми сонячної радіації біля поверхні Землі при абсолютно чистій атмосфері на різних географічних широтах у дні рівнодення й сонцестояння:

а) в програмі «Excel» побудуйте графік залежності добових сум сонячної радіації від широти для днів весняного рівнодення, літнього та зимового сонцестояння. Добові суми радіації у день осіннього рівнодення майже збігаються з весняними, тому немає доцільності будувати для них окрему криву. На горизонтальній осі відкладіть географічну широту в градусах, а на вертикальній – добові суми сонячної радіації в МДж/м<sup>2</sup>.

б) проаналізуйте, на яких широтах спостерігаються найбільші і найменші добові суми сонячної радіації;

в) поясніть, чому в день літнього сонцестояння на Північному полюсі більші добові суми сонячної радіації, ніж на екваторі;

г) поясніть невідповідність між кількістю сонячної радіації та тепловим режимом полярних й екваторіальних районів.

*Таблиця 2.1*

**Добові суми сонячної радіації біля поверхні Землі при абсолютно прозорій атмосфері (МДж/м<sup>2</sup>)**

Широта,°	21.03	6.05	22.06	8.08	23.09	8.11	22.12	4.02
90 пн. ш.		34	46	33				
80	7	33	46	33	7			
70	13	32	44	32	13	1		1
60	19	35	42	35	19	6	2	6
50	25	37	43	37	25	13	8	13
40	30	39	43	39	29	18	14	19
30	34	40	42	40	33	24	20	25
20	36	40	40	39	36	30	26	30
10	38	39	38	38	38	34	32	37
0	39	36	34	36	38	38	36	38

3. Порівняйте річний хід добових сум сонячної радіації при абсолютно чистій атмосфері на різних географічних широтах, користуючись табл. 2.1:

а) побудуйте в програмі «Excel» графік річного ходу добових сум сонячної радіації для екватора й 50° північної широти. На горизонтальній осі відкладіть місяці року. На вертикальній осі – величини добових сум сонячної радіації в МДж/м<sup>2</sup> для днів, зазначених у табл. 2.1.

б) поясніть, чим відрізняються добові суми сонячної радіації протягом року на 50° північної широти й на екваторі;

в) поясніть, у які дні року спостерігаються найбільші й найменші величини сонячної радіації.

4. Розв'яжіть задачі на визначення показників сонячної радіації.



1. Визначте інсоляцію в Києві 20 вересня, якщо схилення Сонця ( $\delta$ ) становить  $+1^{\circ}15'$  і 10 грудня ( $\delta$ ) –  $22^{\circ}53'$  опівдні при коефіцієнті прозорості ( $P$ ) 0,77.
2. Порівняйте інсоляцію за 2 січня, якщо схилення Сонця ( $\delta$ ) становить  $-23^{\circ}2'$  і 18 липня ( $\delta$ ) –  $+21^{\circ}06'$  у Києві при інтенсивності сонячної радіації на перпендикулярну поверхню ( $S_1$ )  $710 \text{ Вт/м}^2$ .
3. Визначте альbedo й поглинуту радіацію для поверхні снігу, якщо сумарна радіація на горизонтальну поверхню дорівнює 690, а відбита ( $U$ ) – 610 і  $360 \text{ Вт/м}^2$ . Який сніг свіжіший?
4. Інсоляція прямої радіації дорівнює 450, а розсіяна радіація –  $40 \text{ Вт/м}^2$  при альbedo зеленої трави 26 % , а волого чорнозему – 9 %. Визначте кількість поглинутої радіації для цих поверхонь. Яка поверхня швидше нагрівається?
5. У ясну літню ніч температура поверхні ґрунту дорівнює  $22^{\circ} \text{C}$ , а температура повітря –  $15^{\circ} \text{C}$ . Визначте ефективне випромінювання земної поверхні. Як воно зміниться при збільшенні хмарності?

#### **Контрольні запитання:**

1. Дайте визначення сонячної радіації. У яких одиницях вона вимірюється?
2. Що таке сонячна стала та її величина?
3. Дайте визначення прямої сонячної радіації й інсоляції.
4. Як розподілена добова інсоляція по земній кулі й від чого вона залежить?
5. Дайте визначення розсіяної сонячної радіації. Від яких чинників залежить розсіювання потоку прямої радіації?
6. Що розуміємо під потоком сумарної сонячної радіації? Формула її визначення.
7. Охарактеризуйте річний та добовий хід сумарної радіації. Від чого він залежить?
8. Дайте визначення альbedo. Від чого залежить альbedo земної поверхні?
9. Що таке коефіцієнт прозорості атмосфери? Від чого він залежить?
10. Як записується формула Бугера й для чого вона служить?
11. Які перетворення відбуваються із сонячною радіацією біля поверхні Землі?
12. Що таке поглинута й відбита сонячна радіація?
13. Які чинники впливають на величину відбитої та поглинутої радіації?
14. Від чого залежить випромінювання Землі та її атмосфери?
15. Сформулюйте закон Стефана-Больцмана.
16. Дайте визначення власне випромінювання Землі й зустрічного випромінювання атмосфери.
17. Дайте визначення ефективного випромінювання та формулу його визначення.

### **Лабораторна робота № 3**

#### **Тема: РАДІАЦІЙНИЙ БАЛАНС ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ**

*Мета:* повторити відомості про радіаційний баланс земної поверхні; проаналізувати географічний розподіл на земній кулі радіаційного балансу; закріпити уміння розв'язувати задачі; ознайомитись з будовою й принципами роботи актинометричних приладів.

*Обладнання:* атлас вчителя, чотиризначні математичні таблиці, таблиця схилення Сонця, навчальне видання «Довідкові дані з клімату України», наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин».

#### **Завдання**

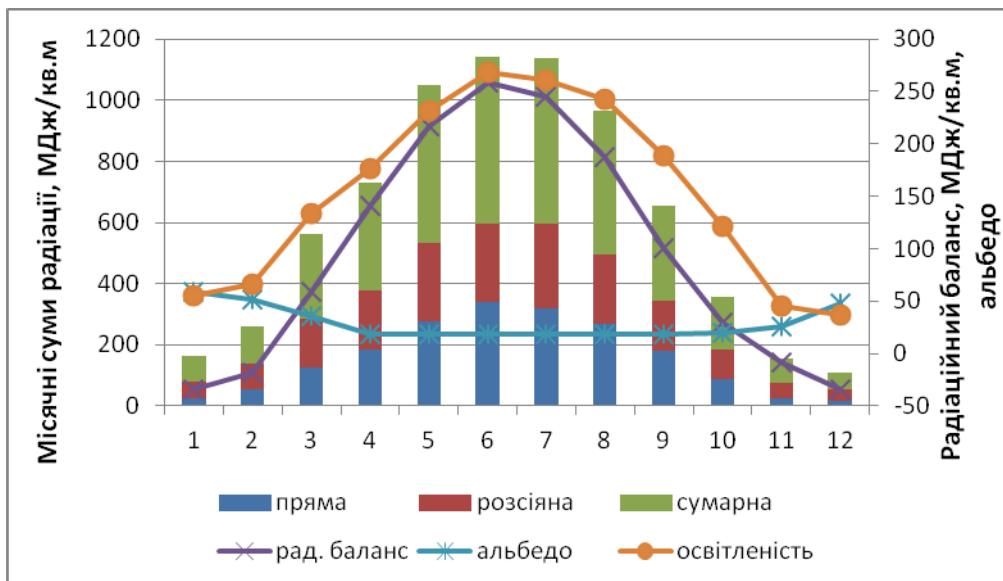
1. Використовуючи навчальне видання «Довідкові дані з клімату України», розділ «Сонячна радіація та радіаційний баланс» [6, с. 6-13], в програмі «Excel» побудуйте діаграму річного ходу місячних величин складників сонячної радіації та радіаційного балансу діяльної поверхні для однієї з метеорологічних станцій України згідно з варіантом, запропонованим викладачем (рис. 3.1).

Дайте відповіді на поставлені запитання:

1) Як змінюються упродовж року середні місячні величини прямої й розсіяної радіації, які чинники викликають ці зміни?

- 2) Порівняйте зміни упродовж року величин сумарної радіації та радіаційного балансу?
- 3) Поясніть особливості річного розподілу альбедо та тривалості сонячного сйва.

*Зразок діаграми*



*Рис. 3.1.* Річний хід складників сонячної радіації та радіаційного балансу на метеостанції Ковель Волинської області

2. Користуючись картою атласу [1, с. 46] та рисунками [4, с. 46-48; 6, с. 17-20], згідно з варіантом, запропонованим викладачем, опишіть географічний розподіл на земній кулі радіаційного балансу за грудень, червень і за рік:

а) визначте (письмово) найбільші й найменші величини радіаційного балансу на земній кулі, причини їх формування;

б) визначте (письмово) на яких територіях та акваторіях він максимальний, на яких – мінімальний?

в) які загальні закономірності поширення радіаційного балансу залежно від географічної широти, впливу суходолу та океану?

г) де спостерігаються найбільші зміни радіаційного балансу упродовж року, де – найменші?

д) розкрийте значення радіаційного балансу як енергетичної бази кліматотворення.

3. Користуючись матеріалами «Вимірювання метеорологічних величин» [9, с. 17–39], ознайомтесь із будовою та принципами роботи приладів для вимірювання параметрів сонячної радіації.

4. Розв'яжіть задачі на визначення показників сонячної радіації.

Прилади, що вивчають характеристики сонячної, земної та атмосферної радіації називаються **актинометричними**.

### *Аудиторна самостійна робота під керівництвом викладача*

#### **Розв'яжіть задачі**

1. Визначте інсоляцію біля поверхні Землі, якщо відомо, що в цій місцевості та в цей момент часу коефіцієнт прозорості атмосфери становить 0,6, сонце стоїть у зеніті.

2. Визначте інсоляцію біля поверхні Землі, якщо відомо, що в цій місцевості та в цей момент часу коефіцієнт прозорості атмосфери становить 0,5, а маса атмосфери дорівнює 3.

3. Обчисліть величину сумарної радіації біля поверхні Землі, якщо відомо, що в цій місцевості та в цей момент альbedo становить 45 %, при цьому відбивається  $0,5 \text{ кВт/м}^2$  сонячного потоку.

4. Визначте величину альbedo біля поверхні Землі, якщо відомо, що в цій місцевості та в цей момент часу відбита сонячна радіація становить  $0,6 \text{ кВт/м}^2$ , а сумарна – удвічі більша.

5. Визначте інсоляцію біля поверхні Землі, якщо відомо, що в цій місцевості та в цей момент часу коефіцієнт прозорості атмосфери становить 0,8, кут падіння сонячних променів дорівнює  $90^\circ$ .

6. Визначте інсоляцію біля поверхні Землі, якщо відомо, що в цій місцевості та в цей момент часу коефіцієнт прозорості атмосфери становить 0,75, а маса атмосфери дорівнює 1.

7. Обчисліть величину сумарної радіації біля поверхні Землі, якщо відомо, що в цій місцевості та в цей момент часу альbedo становить 55 %, при цьому відбивається  $0,45 \text{ кВт/м}^2$  сонячного потоку.

8. Визначте величину альbedo біля поверхні Землі, якщо відомо, що в цій місцевості та в цей момент часу відбита сонячна радіація становить  $0,35 \text{ кВт/м}^2$ , пряма сонячна радіація  $0,52 \text{ кВт/м}^2$ , розсіяна сонячна радіація дорівнює 50 % від прямої.

9. Визначте альbedo водної поверхні, якщо сумарна радіація становить  $1,2 \text{ кал/см}^2$  за 1 хв ( $840 \text{ Вт/м}^2$ ), а відбита –  $0,5 \text{ кал/см}^2$  за 1 хв ( $350 \text{ Вт/м}^2$ ).

10. Визначте кількість сонячної радіації, яку отримає земна поверхня за хвилину, якщо висота Сонця над горизонтом  $40^\circ$ , а інтенсивність прямої сонячної радіації –  $8,3 \text{ Дж/см}^2 \cdot \text{хв}$ .

11. Визначте кількість прямої сонячної радіації, якщо кут падіння сонячного проміння на поверхню становить  $30^\circ$ , а інтенсивність сонячної радіації –  $0,8 \text{ кал/см}^2$  за 1 хв ( $560 \text{ Вт/м}^2$ ).

12. Людина приймає сонячну ванну. Площа поверхні її тіла, оберненої до Сонця, –  $0,8 \text{ м}^2$ . Скільки сонячного тепла дістане вона за 30 хв, якщо інсоляція дорівнює  $730 \text{ Вт/м}^2$ , а альbedo шкіри – 35 %?

13. Скільки тепла вбере в себе поверхня, укрита снігом, якщо інтенсивність сонячної радіації становить  $0,8 \text{ кал/см}^2$  за 1 хв ( $560 \text{ Вт/м}^2$ ), висота Сонця над горизонтом –  $20^\circ$ , а альbedo снігу – 62 %?

14. Дах будинку має два схили – на північ і південь – під кутом  $18^\circ$ . Який схил дістане більше тепла опівдні 14 березня ( $\delta -2^\circ 41'$ ) на широті  $55^\circ 20'$ , якщо коефіцієнт прозорості (P) дорівнює 0,70?

#### **Контрольні запитання:**

1. Дайте визначення радіаційного балансу земної поверхні.
2. Проаналізуйте складники радіаційного балансу земної поверхні.
3. Охарактеризуйте добовий хід радіаційного балансу земної поверхні.
4. Охарактеризуйте річний хід радіаційного балансу земної поверхні.
5. Охарактеризуйте географічний розподіл на земній кулі радіаційного балансу за грудень, червень і за рік.
6. Назвіть прилади для вимірювання величин сонячної радіації.

#### **Лабораторна робота № 4**

#### **Тема: ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ Й ВОДНОГО БАСЕЙНУ. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ**

*Мета:* ознайомитися з основними показниками теплового режиму ґрунту й водного басейну; складниками теплового балансу земної поверхні; приладами для вимірювання температури ґрунту.

*Обладнання:* комплект колінчастих термометрів Савінова, вимірювач для ґрунту, цифрові термометри, наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин».

## Теоретичні відомості

**Підстильна поверхня, або діяльний шар** – поверхневий шар ґрунту та води, що безпосередньо отримує та втрачає тепло. На суші товща діяльного шару знаходиться в межах 8-13 м, а на морі вона становить 200-300 м. Процеси нагрівання підстильної поверхні та теплообміну залежать від **теплоємності, теплопровідності й температуропровідності** ґрунту. Тепловий стан діяльного шару визначається **температурою**. Її визначають на поверхні ґрунту та води й на різних глибинах.

**Теплоємність ґрунту ( $c$ )** – величина, що дорівнює кількості тепла, яка потрібна для підвищення температури одиничного об'єму (чи одиниці маси) ґрунту на  $1^\circ\text{C}$ . Відповідно розрізняють теплоємність: *питому* (за масою), яка вимірюється в одиницях тепла на одиничну масу,  $1\text{ кг}$  та *об'ємну* (за об'ємом) – на одиничний об'єм,  $1\text{ м}^3$ .

Середні значення показника теплоємності ( $\text{кДж/кг}\cdot\text{К}$ ) для різних типів поверхонь: *торф* – 2,2; *гумус* – 1,8; *чорнозем* – 1,3; *пісок* – 0,8; *глина* – 0,9; *вода* – 4,2; *повітря* – 1,0.

**Теплопровідність ґрунту ( $\lambda$ )** – кількість тепла, що проходить за одиницю часу ( $1\text{ с}$ ) через одиницю площі ( $1\text{ м}^2$ ) ґрунту на глибину  $1\text{ м}$  при різниці температур на нижній та верхній межах цього шару в  $1^\circ\text{C}$ .

Середні значення показника теплопровідності ( $\text{Вт/м}^2\cdot\text{с}\cdot\text{К}$ ) для різних типів поверхонь: *повітря* – 0,023; *вода* – 0,5; *пісок* – 1,0; *глина* – 2,1; *граніт* – 4,2; *ґрунт* – від 1,0 до 2,5 (залежно від типу ґрунту та його зволоження).

**Температуропровідність** – відносна швидкість проникнення коливань температури вглиб ґрунтового шару, визначається у  $\text{К}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ .

Нагрівання та охолодження ґрунту обернено пропорційні його об'ємній теплоємності, а швидкість поширення тепла вглиб ґрунту прямо пропорційна коефіцієнту теплопровідності. Відношення коефіцієнта теплопровідності ґрунту ( $\lambda$ ) до його об'ємної теплоємності ( $c$ ) називається **коефіцієнтом температуропровідності ( $k_t$ )**:

$$k_t = \lambda/c. \quad (4.1)$$

Із формули (4.1) випливає, що коефіцієнт температуропровідності чисельно відповідає підвищенню температури одиниці об'єму ґрунту в результаті надходження до нього  $\lambda$  кількості тепла й показує, наскільки швидко відбувається вирівнювання температури шарів ґрунту, що розміщені вище й нижче [2; 8].

Загалом: чим більші густини й вологість ґрунту, тим краще він проводить тепло, тим швидше проникають у нього коливання температури та тим глибше вони поширюються.

**Амплітуда температури** – різниця між найвищою (максимальною) і найнижчою (мінімальною) температурами за певний період. Амплітуда коливань температури з глибиною зменшується, при цьому спостерігається запізнення часу настання максимальної й мінімальної температури.

**Поширення теплоти вглиб ґрунту відбувається за законами Фур'є**. За цими законами добові максимуми й мінімуми на кожні  $10\text{ см}$  глибини запізнюються на **3 год**, а річні – на кожен  $1\text{ м}$  глибини на **20-30 днів**.

Добові коливання поширюються у воді (також із запізненням) до **15–20 м** глибини, а річні – до **150–400 м**.

На певній глибині в ґрунті досягається сталий показник температури, що не змінюється упродовж доби (або року). Це так звані **шари сталої добової (річної) температури ґрунту** [2].

Для помірного кліматичного поясу характерно: глибина шарів сталої добової температури ґрунту в середньому становить  $1\text{ м}$ , глибина шарів сталої річної температури ґрунту –  $20\text{ м}$ .

Шар сталої температури ґрунту характеризується постійними (сталими) показниками температурного режиму упродовж визначеного періоду. За даними температурного зондування ґрунту будують графік річного ходу температур у ґрунті на певних глибинах, для яких загалом використовують **систему термоізоплет**. Лінії, що

з'єднують однакові значення температури ґрунту на певній глибині називають **термоізоплетами**.

**Тепловий баланс** земної поверхні – алгебраїчна сума потоків тепла, що надходять на земну поверхню та втрачаються нею. Він завжди за рік дорівнює нулю:

$$B = - (P_T + LE_e + G_n), \quad (4.2)$$

де  $B$  – радіаційний баланс земної поверхні;  $P_T$  – турбулентний потік тепла між земною поверхнею й атмосферою;  $LE$  – витрати тепла на випаровування або виділення тепла при конденсації водяної пари ( $L$  – прихована теплота випаровування;  $E_e$  – шар води, що випарувалась або сконденсувалась);  $G_n$  – потік тепла від підстильної поверхні до нижніх шарів ґрунту й води, що лежать нижче (у середньому за рік верхні шари ґрунту не нагріваються й не охолоджуються, тому для суші  $G_n$  можна не враховувати). З формули 4.2 випливає, що радіаційний баланс земної поверхні врівноважується нерадіаційною передачею тепла.

Отже, Земля як планета постійно перебуває у радіаційній і тепловій рівновазі.

### Завдання

1. Вивчіть характеристики основних показників теплового режиму діяльного шару.
2. Ознайомтесь із будовою та принципами роботи приладів для вимірювання температури на поверхні ґрунту і глибинних його шарів, користуючись наочним посібником «Вимірювання метеорологічних величин» [9, с. 55-62].
3. Під час заняття (на подвір'ї біля входу в лабораторний корпус) виміряйте температуру повітря, температуру ґрунту на його поверхні та на глибині 5, 10 см, вологість ґрунту, освітленість території на ділянках з рослинним покривом і оголеним ґрунтом, на відкритій місцевості та в затінку, використовуючи цифрові термометри, вимірювач для ґрунту. Отримані результати запишіть у таблицю. Порівняйте їх й поясніть.

Таблиця

**Результати вимірювання температури і вологості ґрунту на різних ділянках**

Типи ділянок	t° С повітря	t° С на поверхні ґрунту	t° С на глибині ґрунту 5 см	t° С на глибині ґрунту 10 см	вологість ґрунту, %	освітленість території, люкс
з рослинним покривом						
без рослинного покриву						
відкрита						
затінена						

4. Розв'яжіть задачі на визначення амплітуди температури ґрунту та на закон Фур'є.

1. Унаслідок багаторічних літніх спостережень у Фінляндії одержано екстремальні температури поверхні сусідніх ділянок із гранітним ґрунтом: 34,8° С і 14,5° С, із сухим піщаним ґрунтом: 42,3° і 7,8° С. Обчисліть амплітуду температури ґрунту на кожній ділянці й укажіть причину їх відмінностей.

2. Визначте, коли настане максимум і мінімум температури на глибинах 40, 80 і 100 см, якщо на поверхні ґрунту максимальна температура буває о 14 год, а мінімальна – о 3 год.

3. На поверхні ґрунту максимальна температура була в липні, а мінімальна – у січні. Коли настануть відповідні екстремуми температури на глибинах 1, 3, 5 і 7 м.

5. За даними табл. 4.1 порівняйте складники теплового балансу континентів і океанів:

а) в програмі «Excel» побудуйте стовпчикові діаграми складників теплового балансу для континентів і океанів;

б) виявіть залежність між витратами тепла на випаровування і загальним зволоженням материків;

в) проаналізуйте складники теплового балансу для всіх материків і океанів та порівняйте їх між собою.

На осі абсцис відкладіть континенти або океани, а на осі ординат – складники теплового балансу, МДж/(м<sup>2</sup>·рік).

Таблиця 4.1

**Тепловий баланс континентів і океанів, МДж/(м<sup>2</sup>·рік)**

Складники теплового балансу	Континент					
	Європа	Азія	Африка	Північна Америка	Південна Америка	Австралія
<b>B</b>	1634,1	1969,3	2849,2	1676,0	2933,0	2933,0
<b>LE<sub>B</sub></b>	1005,6	921,8	1089,4	963,7	1885,5	921,8
<b>P<sub>T</sub></b>	628,5	1047,5	1759,8	712,3	1047,5	2011,2

Складники теплового балансу	Суша	Океан			Вода	Земля
		Атлантичний	Тихий	Індійський		
<b>B</b>	2053,1	3435,8	3503,4	3561,5	3435,8	3016,8
<b>LE<sub>B</sub></b>	1047,5	3016,8	3268,2	3226,3	3100,6	2514
<b>P<sub>T</sub></b>	1005,6	335,2	335,2	293,3	335,2	502,8

**Контрольні запитання:**

1. Дайте визначення теплопровідності, теплоємності, температуропровідності ґрунту.
2. Порівняйте тепловий режим поверхні суші й води в теплий і холодний періоди року, удень та вночі?
3. Чим відрізняється нагрівання водних басейнів від нагрівання ґрунту?
4. Дайте визначення шару постійної добової та річної температур ґрунту й укажіть їх значення для помірної кліматичної поясу?
5. Що таке термоізоплеті? Як змінюється температура ґрунту з глибиною в різні пори року?
6. Що таке амплітуда добового й річного ходу температури поверхні ґрунту?
7. Які чинники впливають на амплітуду добового й річного ходу температури поверхні ґрунту?
8. Де більша амплітуда у добовому й річному ході температури на поверхні: суші чи водойми?
9. За якими законами поширюється теплота вглиб ґрунту?
10. Чому в глибокому колодязі вода влітку холодна, а взимку тепла?
11. Які ґрунти сильніше нагріваються вдень і охолоджуються вночі: сухі чи вологі?
12. Як впливає рослинний і сніговий покрив на температуру ґрунту?
13. Якими приладами користуються для вимірювання показників температури поверхневих та глибинних шарів ґрунту?
14. Дайте визначення теплового балансу земної поверхні. Назвіть складники теплового балансу.
15. Проаналізуйте складники теплового балансу для всіх материків.
16. Проаналізуйте складники теплового балансу для океанів та порівняйте їх із материками.

**Лабораторна робота № 5**

**Тема: ВИМІРЮВАННЯ ТА ОБЧИСЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ  
ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ**

*Мета:* набути навичок у вимірюванні та обчисленні температурних показників повітря; ознайомитися із будовою приладів для вимірювання температури повітря; закріпити знання про географічний розподіл температури повітря.

*Обладнання:* комплект метеорологічних термометрів: капілярний рідинний, психрометричний ртутний, цифровий; посібник «Вимірювання метеорологічних величин», навчальне видання «Загальне землезнавство», атлас вчителя.

### *Теоретичні відомості*

#### **Типи річного ходу температури**

За величиною амплітуди й часу настання екстремальних значень температур виділяють 4 типи річного ходу температури повітря: 1) *екваторіальний*; 2) *тропічний*; 3) *помірного поясу*; 4) *полярний*.

В *екваторіальному типі* відзначається дуже мала амплітуда, оскільки відмінності в надходженні сонячної радіації протягом року невеликі, а час найбільшого притоку радіації на границю атмосфери збігається з часом найбільшої повторюваності збільшеної кількості балів хмарності та дощів. В екваторіальній зоні протягом року простежуються два максимуми температури: перший – після *весняного рівнодення* й другий – після *осіннього рівнодення*, коли, як відомо, у цих районах Сонце знаходиться в *зеніті*, і два мінімуми температури: перший – після *зимового* та другий – після *літнього сонцестояння*. У цей час Сонце тут перебуває на найменшій висоті ( $23,5^\circ$ ).

Для екваторіального типу характерні такі річні амплітуди: у середині материків до  $5^\circ \text{C}$ , на узбережжях менше –  $3^\circ \text{C}$ , на океанах близько  $1^\circ \text{C}$ , на острові Молден –  $0,5^\circ \text{C}$  [2].

Для *тропічного типу* характерний простий річний хід температури повітря з максимумом після *літнього сонцестояння* та мінімумом після *зимового сонцестояння*. У мусонних районах головний максимум простежується перед початком літнього мусону. Хмарність і дощі літнього мусону приносять деяке зниження температури. Після закінчення цього мусону можливим є другий максимум температури. У тропічних широтах річна амплітуда температури повітря більша, ніж в екваторіальній зоні: над материками вона становить  $10 - 15^\circ \text{C}$ , а над океанами  $5 - 10^\circ \text{C}$ .

У типі річного ходу температури повітря *помірного поясу* теж відзначається простий річний хід температури з максимумом після *літнього сонцестояння* та мінімумом після *зимового сонцестояння*, причому екстремальні значення температури в морському кліматі запізнюються порівняно з континентальним. Так у північній півкулі мінімальна середньомісячна температура над сушею відзначається в *січні*, а над морем – у *лютому* або в *березні*, а максимальна над сушею – у *липні*, а над морем – у *серпні*, а іноді навіть у *вересні*. Такі відхилення в термінах настання середньомісячних екстремумів температур пояснюються різницями в нагріванні та тепловіддачі суші й моря.

Континентальному клімату в помірному поясі особливо притаманні холодна зима та жарке літо. Перехідні сезони виділяються в самостійні пори року, причому в морському кліматі весна холодніша за осінь, а в континентальному – тепліша. Річні амплітуди над океанами в середньому становлять  $10 - 15^\circ \text{C}$ , над континентами вони досягають  $25 - 40^\circ \text{C}$ , а в Азії їх величини можуть перевищувати  $60^\circ \text{C}$ .

В помірному поясі виділяють підзони: *субтропічну, власне помірну, субполярну* [13].

Для *полярного типу* річного ходу температури повітря характерні є довга холодна зима й порівняно коротке прохолодне літо. Мінімум середньомісячних температур повітря в річному ході переміщується на час появи Сонця над горизонтом: у північній півкулі на – *лютий–березень*, а в південній – на *серпень–вересень*. Максимум відзначається, як і в помірному поясі, у північній півкулі в *липні* або в *серпні*, а в південній півкулі – у *січні* або *грудні*. Річні амплітуди над океанами та узбережжями полярних морів коливаються в межах  $20 - 40^\circ \text{C}$ , а на суші (Гренландія, Антарктика)  $30 - 40^\circ \text{C}$ , але в деяких районах може перевищувати  $65^\circ \text{C}$ .

#### **Завдання**

1. Ознайомтесь із будовою та принципами роботи приладів для вимірювання температури повітря, користуючись наочним посібником «Вимірювання метеорологічних величин» [9, с.40-54].

2. Виміряйте температуру повітря в аудиторії, в коридорі та на сходах через кожні 25 хв, тобто тричі. Знайдіть середнє значення температурних показників за академічну пару.

Вимірювання проведіть капілярним рідинним і електронним термометрами. Результати подайте у таблиці.

Таблиця

**Показники температури повітря в приміщенні**

Температура повітря, °С	Години, хвилини			Середнє
в аудиторії				
Строковий термометр				
Рідинний				
Електронний				
Різниця				
в коридорі (біля ліфтів 6 поверху)				
Рідинний				
Електронний				
Різниця				
на сходах				
Рідинний				
Електронний				
Різниця				

**Дайте відповіді на запитання:**

1. Чи змінювалась температура упродовж заняття?
2. На скільки градусів змінилась температура? Чому?
3. Яка похибка або різниця у показниках температури повітря між рідинним, електронним і строковим термометрами?
4. Який термометр на Вашу думку є точнішим?
5. Як змінювалась температура повітря у коридорі та на сходах? Поясніть відмінності у температурних показниках на вище вказаних об'єктах спостереження та в аудиторії.
6. Чи була зафіксована різниця у показниках рідинного і електронного термометра на вище вказаних об'єктах спостереження?

3. Використовуючи методичні рекомендації до практичних занять з курсу «Загальне землезнавство» (практична робота «Тепловий режим підстилаючої поверхні та атмосфери», повторіть теоретичні відомості цієї практичної роботи.

За даними строкових спостережень метеостанції Луцьк (таблиці Гідрометцентру) виконайте розрахунки температури повітря:

а) обчисліть середню добову температуру за основні строки спостереження упродовж доби та середню місячну згідно з варіантом, запропонованим викладачем;

б) виберіть зі строкових температур за кожну добу найвищу (максимальну) і найнижчу (мінімальну) температури та обчисліть їх добову амплітуду;

в) виберіть із середньодобових температур максимальну і мінімальну температури за місяць і обчисліть місячну амплітуду;

г) з таблиці выпишіть показники максимальної й мінімальної температури повітря за добу;

д) результати подайте у таблиці;

е) порівняйте та визначте відхилення середньої місячної температури повітря свого варіанту з **кліматичною нормою** (табл. 5.1). Для цього потрібно від середньої місячної температури повітря відняти температуру кліматичної норми відповідного місяця і різницю запишіть у таблицю (див. зразок табл.).



**Обчислення середньодобової та місячної температури повітря  
за квітень 2014 р. на метеостанції Луцьк**

Число	Строк, год								Серед. добова темп.	Макс. темп.	Мін. темп.	Добова ампл.
	00	03	06	09	12	15	18	21				
01.04.	1,9	1,7	1,0	1,7	1,7	1,9	0,5	-2,0	1,05	1,9	-2,0	3,9
02.04.	-3,0	-4,2	-2,6	1,6	2,8	3,7	0,7	-0,2	-0,15	3,7	-4,2	7,9
<b>Середньомісячна температура, місячна амплітуда та відхилення від норми</b>												

Таблиця 5.1

**Кліматична норма середньої місячної й річної температури повітря (° C) за 1961-1990 рр. на МС Луцьк**

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Середня місячна t° C	-5,1	-3,8	0,3	7,8	13,5	17,1	18,4	17,5	13,4	7,6	2,7	-2,0	7,3

4. У програмі «Excel» за даними середньодобових температур повітря згідно свого варіанту побудуйте графік «Добового ходу температури повітря за квітень на метеостанції Луцьк». На горизонтальній осі відкладіть дні місяця, а на вертикальній – температуру повітря, °C. На ньому також відобразіть значення показників максимальної і мінімальної температури повітря та добової амплітуди. Письмово проаналізуйте графік. Як змінювалась температура повітря упродовж місяця, коли спостерігались найвищі і найнижчі температури повітря? Як змінювалась добова амплітуда і які чинники впливали на неї? Чи спостерігалась інверсія, ізотермія серед даних строкових спостережень, зокрема в нічні години? Запишіть їх дати.

5. За даними табл. 5.2 в програмі «Excel» побудуйте графік річного ходу середньомісячних температур повітря для заданого пункту згідно з варіантом, запропонованим викладачем й на основі наведеної вище інформації визначте тип річного ходу температури (*екваторіальний – Е, тропічний – Т, помірний – ПМ, полярний – ПЛ*).

Для виконання цього завдання спочатку обчисліть середню температуру за рік і річну амплітуду температури.

6. Використовуючи карту атласу [1, с. 47], опишіть розподіл січневих і липневих температур повітря на земній кулі. Проаналізуйте хід ізотерм від екватора до полюсів у північній і південній півкулях. Знайдіть на всіх материках абсолютну максимальну і абсолютну мінімальну температуру повітря, відзначаючи приблизно їх місцезнаходження. Виявіть «полоси тепла» і «полоси холоду» на Землі.

Таблиця 5.2

**Типи річного ходу температури повітря, °C [7; 8]**

Пункт	Місяць												Річ на, t° C	Річна амплітуда	Тип
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	19,7	20,2	21,8	23,3	25,2	26,8	27,6	27,8	27,2	25,3	22,6	20,3			
2	1,7	2,2	3,9	6,7	8,9	11,7	13,4	14,4	12,2	8,3	5,6	2,2			
3	-26,4	-28,4	-26,3	-17,7	-7,4	1,3	4,5	3,7	0,8	-8,4	-17,6	-23,3			
4	-27,4	-22,3	-12,4	0,0	7,9	15,7	18,7	15,4	8,2	-1,7	-14,5	-24,1			
5	26,2	26,4	26,3	26,5	26,8	26,3	26,2	26,1	25,9	25,9	25,7	25,8			
6	-2,3	-0,4	4,4	10,5	15,0	18,7	20,9	20,1	16,0	10,3	4,0	-1,0			
7	26,0	27,2	27,5	27,2	26,4	26,0	25,2	25,4	25,6	25,7	25,7	25,8			
8	24,5	24,2	23,7	22,6	19,5	16,7	16,5	19,4	24,1	27,2	26,4	24,8			
9	-34	-44	-55	-63	-63	-67	-67	-71	-67	-59	-44	-32			
10	-49,4	-51,0	-39,3	-31,9	-21,7	-18,9	-13,7	-18,2	-24,5	-35,3	-41,5	-41,5			

11	25,8	25,8	26,2	26,7	26,8	26,5	26,3	26,8	26,8	26,8	26,5	26,1			
12	22	22	22	23	24	25	25	26	26	25	24	23			
13	17	18	17	16	14	13	12	12	12	13	14	16			
14	-16	-18	-20	-14	-5	2	5	5	0	-6	-11	-14			
15	5	5	6	8	12	15	17	16	14	10	6	5			
16	-10	-10	-5	4	12	15	18	16	10	4	-2	-8			
17	22	24	28	33	35	32	28	27	28	27	23	21			
18	-20	-18	-10	0	8	14	17	15	8	0	-11	-18			
19	-12	-12	-8	-1	6	12	15	13	8	1	-5	-10			
20	28	28	24	20	15	12	12	14	18	23	26	27			
21	-50	-44	-30	-13	2	13	15	11	2	-15	-37	-46			
22	9	12	16	22	28	32	35	35	32	25	18	11			
23	-1	-1	-1	1	5	9	11	10	8	4	1	-1			
24	23	22	20	17	14	11	10	11	13	15	18	21			

**Контрольні запитання:**

1. Як вимірюють мінімальну й максимальну температури повітря?
2. Як визначити середню добову, місячну та річну температури повітря?
3. Дайте визначення добового й річного ходу температури повітря?
4. Чим зумовлений добовий та річний хід температури повітря?
5. Як визначити амплітуду температури?
6. Як змінюються добова й річна амплітуди температури повітря залежно від географічної широти?
7. Як хмарність впливає на добову амплітуду температури повітря?
8. Де будуть більшими добові амплітуди температури в одному пункті – на поверхні ґрунту чи в повітрі?
9. Як змінюються добові й річні амплітуди температури повітря в разі переміщення його від екватора до полюсів?
10. Укажіть головні типи річного ходу температури повітря.
11. Опишіть головні риси географічного розподілу температури повітря на земній кулі в січні та липні.
12. Де на земній кулі відзначаються найвищі й найнижчі температури повітря?
13. Порівняйте температури найтеплішого місяця в полярних широтах Північної та Південної півкуль та поясніть їх розбіжності.
14. Чи можливо помітити вплив океанічних течій на формування ліній ізотерм?

**Лабораторна робота № 6**

**Тема: ТЕРМІЧНА СТРАТИФІКАЦІЯ В НИЖНІХ ШАРАХ ТРОПОСФЕРИ**

*Мета:* ознайомитись з адіабатичними процесами та його градієнтами; вертикальним градієнтом стратифікації; типами стратифікації атмосфери; удосконалити практичні уміння визначати температуру повітря на різних атмосферних рівнях.

*Обладнання:* калькулятори.

*Теоретичні відомості*

Атмосферне повітря нагрівається від земної поверхні шляхом конвекції, турбулентного перемішування та конденсації водяної пари, що містить приховану теплоту.

**Конвекція** – перенесення тепла вгору або вниз потоками повітря. Горизонтальні переміщення повітря називаються **адвективними**. **Турбулентне перемішування** зумовлене виникненням у повітрі неупорядкованих завихрень.

**Адіабатичним** називають процес, в якому зміна температури повітря з висотою відбувається без обміну тепла з довкіллям, за рахунок перетворення внутрішньої енергії в роботу і навпаки, роботи – в енергію, завдяки внутрішнім змінам тиску, вологості й температури.

Однією з характеристик теплового режиму атмосфери є **вертикальний температурний градієнт ( $\gamma$ ), або градієнт стратифікації** – величина зміни температури повітря на 100 м висоти в атмосфері. Він обчислюється за формулою:

$$\gamma = (\Delta t / \Delta z) \cdot 100, \text{ } ^\circ\text{C} / 100 \text{ м}, \quad (6.1)$$

де  $\Delta t = t_2 - t_1$  – різниця температур повітря між верхнім  $z_2$  і нижнім  $z_1$  рівнями,  $^\circ\text{C}$ ;  $\Delta z = z_2 - z_1$  – різниця висот, м.

Температура сухого повітря, ненасиченого водяною парою, з підняттям на кожні 100 м висоти знижується на  $1^\circ\text{C}$ , а при опусканні – підвищується на  $1^\circ\text{C}$ . Цей градієнт називають **сухоадіабатичним ( $\gamma_a$ )**. Він дорівнює  $1^\circ/100 \text{ м}$ .

Адіабатичний процес, який відбувається у вологому повітрі, насиченому водяною парою, називається **вологоадіабатичним процесом**. Коли вологе повітря піднімається вгору, досягаючи точки роси, відбувається конденсація і виділення прихованої теплоти пароутворення. У зв'язку з цим зниження температури відбувається значно повільніше на  $0,5-0,8^\circ\text{C}$  на 100 м висоти, ніж при сухоадіабатичному процесі. Отже, зміна температури повітря, насиченого водяною парою, при піднятті на кожні 100 м висоти називається **вологоадіабатичним градієнтом ( $\gamma_b$ )**. Він залежить від атмосферного тиску і температури повітря (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

**Вологоадіабатичний градієнт температури повітря**

Тиск, Па	Температура, $^\circ\text{C}$								
	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40
1000	0,32	0,37	0,44	0,54	0,66	0,78	0,88	0,94	0,98
500	0,26	0,30	0,34	0,41	0,52	0,66	0,78	0,87	0,95

Насичене водяною парою повітря при опусканні нагрівається спочатку за вологоадіабатичним градієнтом ( $\gamma_b < 1^\circ\text{C}/100 \text{ м}$ ). Потім воно швидко стає ненасиченим і далі нагрівається за сухоадіабатичним градієнтом ( $\gamma_a = 1^\circ/100 \text{ м}$ ). Отже, кінцева температура є вищою, ніж початкова. Цей процес називається **псевдоадіабатичним**.

Залежно від величини вертикального температурного градієнта при адіабатичних процесах розрізняють три типи стратифікації (стану) атмосфери: **нестійкий, стійкий і байдужий**. При **нестійкому** стані вертикальний температурний градієнт більший за сухоадіабатичний ( $\gamma > \gamma_a > 1^\circ/100 \text{ м}$ ). Це сприяє вертикальному перемішуванню повітря шляхом **термічної турбулентності** – вихороподібних безладних рухів і **термічної конвекції** – потужних упорядкованих вертикальних рухів повітря. При **стійкому стані** ( $\gamma < \gamma_a < 1^\circ/100 \text{ м}$ ) повітря позбавлене можливості підніматися. **Байдужий стан** ( $\gamma = \gamma_a = 1^\circ/100 \text{ м}$ ) часто буває перехідним від стійкого до нестійкого і навпаки.

Відомо, що у тропосфері температура на кожні **100 м** з висотою знижується на  **$0,6^\circ\text{C}$** . Висота в метрах, на яку потрібно піднятися, щоб температура знизилася на  **$1^\circ\text{C}$** , називається **термічним ступенем**.

### Завдання

1. Визначте температуру на вершині гірського хребта висотою 2000 м, якщо повітря насичене водяною парою й біля підніжжя хребта його температура дорівнює  $20^\circ$  і  $-10^\circ\text{C}$ . Яка температура буде за хребтом після опускання цього повітря до Землі?

2. Під час радіозондування у Львові в лютому отримано такі температури повітря:

Висота, м	Температура, $^\circ\text{C}$	Висота, м	Температура, $^\circ\text{C}$	Висота, м	Температура, $^\circ\text{C}$
330	-4,0	2000	-6,6	4110	-17,7
500	-2,9	2480	-8,3	5000	-24,5
950	-6,6	2950	-11,5	5460	-28,0
1500	-6,6	3240	-13,3	11600	-62,6

Користуючись формулою (6.1) і цими даними:

а) обчисліть вертикальні температурні градієнти і вкажіть тип стратифікації атмосфери у

кожному шарі повітря;

б) виявіть шари інверсії й ізотермії та їх висоти;

в) визначте температуру біля поверхні Землі за умови, коли сухе повітря опускається з висот 500, 1500, 3240, 5000 і 11600 м.

3. Біля поверхні Землі температура насиченого повітря водяною парою становить  $20^{\circ}\text{C}$ . Над невеликою ділянкою повітря нагрілося до  $24,8^{\circ}\text{C}$  і почало підніматися. Визначте, на якій висоті припиниться це піднімання.

4. Приведіть до рівня моря середню місячну температуру повітря ( $t^{\circ}\text{C}$ ), якщо висота пункту ( $h, \text{м}$ ):

$t^{\circ}\text{C}$	$h, \text{м}$	$t^{\circ}\text{C}$	$h, \text{м}$	$t^{\circ}\text{C}$	$h, \text{м}$
-0,8	1250	-17,5	1973	1,7	1500
12,2	380	-25,6	4726	-5,5	2000

### *Аудиторна самостійна робота під керівництвом викладача*

#### **Розв'яжіть задачі**

1. На скільки градусів підвищиться температура повітря при його опусканні на 480 м?
2. Визначте, яка буде температура повітря на вершині гори висотою 1600 м, якщо біля підніжжя вона становить: а)  $+22^{\circ}\text{C}$ ; б)  $0^{\circ}\text{C}$ ; в)  $-5^{\circ}\text{C}$ ; г)  $+10^{\circ}\text{C}$ ; д)  $-18^{\circ}\text{C}$ .
3. Установіть висоту гори, якщо відомо, що на її вершині температура становить  $-18^{\circ}\text{C}$ , а біля підніжжя  $+(+6^{\circ}\text{C})$ .
4. На яку висоту потрібно піднятися, щоб температура повітря зменшилась на: а)  $25^{\circ}\text{C}$ ; б)  $17^{\circ}\text{C}$ ; в)  $8^{\circ}\text{C}$ ; г)  $12^{\circ}\text{C}$ ?
5. Визначте вертикальний градієнт температури повітря за таких умов: на висоті 2 м температура повітря становила  $+24^{\circ}\text{C}$ , а на висоті 3000 м  $+6^{\circ}\text{C}$ .
6. На висоті 11 км термометр показав  $-47^{\circ}\text{C}$ . Яка температура була в цей момент на поверхні Землі?
7. Випущений у повітря радіозонд у верхній точці зафіксував температуру  $-42^{\circ}\text{C}$ . Визначте, на яку висоту (в км) піднявся радіозонд, якщо в приземному шарі температура повітря становила  $0^{\circ}\text{C}$ .
8. На якій висоті (в км) летить літак, якщо температура біля поверхні Землі  $+18^{\circ}\text{C}$ , а за бортом літака температура повітря  $(-36^{\circ}\text{C})$ ?
9. Визначте температуру на вершині Джомолунгми, якщо в долині Гангу на висоті 230 м термометр показував  $+22^{\circ}\text{C}$ ?
10. Яка температура повітря на вершині Ельбрусу, якщо біля підніжжя на висоті 650 м вона становить  $+18^{\circ}\text{C}$ ?
11. На яку висоту (в м) піднявся літак, якщо температура повітря біля земної поверхні становила  $+21^{\circ}\text{C}$ , а за бортом після набору висоти  $(-30^{\circ}\text{C})$  морозу?
12. Визначте температуру на вершині гори, якщо біля підніжжя температура повітря дорівнює  $+32^{\circ}\text{C}$ , а висота гори  $-5 \text{ км}$ .
13. На якій висоті гори Кіліманджаро (5895 м) температура повітря дорівнюватиме  $0^{\circ}\text{C}$ , якщо біля підніжжя вона становить  $+22^{\circ}\text{C}$ ?

#### **Контрольні запитання:**

1. Якими шляхами здійснюється передача тепла від діяльного шару до атмосфери?
2. Що таке адіабатичний процес?
3. Яка різниця між сухо- і вологоадіабатичними градієнтами температури? Чому вона виникає?
4. Що таке псевдоадіабатичний процес?
5. Що таке вертикальний температурний градієнт? Як його визначити?
6. Дайте визначення інверсії, ізотермії, термічного ступеня.
7. Назвіть типи стратифікації атмосфери та за яких умов вони формуються?
8. Яке значення має температурний стан (стратифікація) атмосфери для розвитку атмосферних процесів?
9. Де бувають більшими вертикальні температурні градієнти – біля поверхні Землі чи на висотах?

## Лабораторна робота № 7

### Тема: МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ

*Мета:* ознайомитись із будовою приладів та основними методами вимірювання вологості повітря; навчитись вимірювати відносну вологість повітря; удосконалити практичні уміння визначати пружність водяної пари, відносну вологість, дефіцит вологості, максимальну пружність насичення й точку роси за психрометричними таблицями; закріпити знання про випаровування і випаровуваність; удосконалити навички розв'язувати задачі.

*Обладнання:* психрометр Асмана, гігрометр побутовий, психрометричні таблиці, атлас вчителя, наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин», навчальне видання «Довідкові дані з клімату України».

#### Теоретичні відомості

У сучасній метеорологічній практиці для вимірювання вологості повітря використовують два основних методи – *гігрометричний* з використанням *гігрометра* і *психрометричний* – *психрометра*.

#### Психрометричний метод

Цей метод ґрунтується на знаходженні різниці між показниками двох термометрів: *сухого та змоченого (зволоженого)*. Сухий (звичайний, чи строковий) термометр показує фактичну (реальну) температуру повітря. Змочений термометр відрізняється тим, що його резервуар обмотується зволоженою тканиною (гігроскопічним батистом, який опускається в ємкість з дистильованою водою). Із поверхні батисту безперервно відбувається випаровування води. Процес випаровування супроводжується витратою тепла, тому резервуар змоченого термометра охолоджується, і прилад завжди показує температуру, дещо нижчу, ніж сухий термометр. Різниця у їх показниках буде тим більшою, чим сухіше повітря (і, відповідно, інтенсивніше йде процес випаровування з поверхні батисту).

Показники сухого й змоченого термометра зрівнюються лише в тому випадку, коли повітря стане повністю насиченим (відносна вологість досягне 100 %), і випаровування з поверхні тканини припиниться [8; 12].

Саме за різницею показників сухого та змоченого термометрів психрометра визначають пружність водяної пари з урахуванням атмосферного тиску й швидкості вітру (*психрометричний метод*).

#### Завдання

1. Повторіть визначення основних характеристик вологості повітря, використовуючи теоретичні відомості лабораторної роботи № 1.
2. Користуючись наочним посібником «Вимірювання метеорологічних величин» [9, с. 63–73], ознайомтесь з основними приладами і методами для вимірювання вологості атмосферного повітря: а) гігрометричний; б) психрометричний.
3. Використовуючи побутовий гігрометр і електронний термометр виміряйте відносну вологість і температуру повітря на початку та в кінці заняття в аудиторії, в коридорі і на сходах. Порівняйте їх значення з нормами оптимального співвідношення температури та вологості повітря в житловому приміщенні, що подані в наочному посібнику «Вимірювання метеорологічних величин» на с. 72. Результати вимірювання запишіть у таблицю. Як змінилась температура і вологість повітря упродовж заняття на різних об'єктах спостереження? Чи впливає температура повітря на показники вологості?

*Зразок таблиці*

Приміщення	Початок заняття				Кінець заняття			
	t, °C	Різниця від норми	f, %	Різниця від норми	t, °C	Різниця від норми і початку заняття	f, %	Різниця від норми і початку заняття
Аудиторія								
Коридор								
Сходи								

4. Користуючись «Психрометричними таблицями» [12], визначте основні показники вологості повітря: парціальний тиск водяної пари, пружність насичення, відносну вологість, точку роси, дефіцит вологості згідно з варіантом, запропонованим викладачем, якщо відомо:

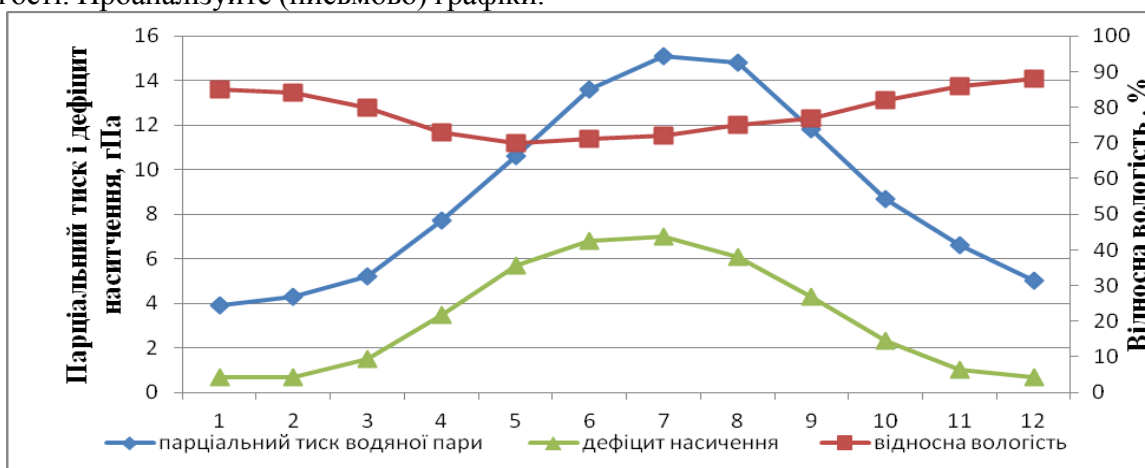
Варіант	t, °C	t', °C	p, мб	Варіант	t, °C	t', °C	p, мб
1	20,2	8,0	1000	11	38,7	18,8	1100
2	24,4	9,8	900	12	39,1	19,5	1000
3	30,7	14,0	1020	13	40,0	21,2	1040
4	29,1	12,6	1010	14	40,8	22,2	950
5	26,7	11,3	970	15	41,5	22,0	870
6	34,3	16,0	1050	16	42,4	21,1	1000
7	35,8	17,9	1090	17	43,7	23,6	890
8	34,7	15,9	850	18	43,9	24,4	1090
9	35,2	16,6	840	19	45,5	25,0	970
10	37,9	20,0	1030	20	46,7	26,0	1050

**Приклад.** Температура за сухим термометром дорівнює 44,3° С, за змоченим – 20,6° С, атмосферний тиск 820 мб. Визначте парціальний тиск водяної пари, відносну вологість, дефіцит вологості й точку роси для станційного психрометра, скориставшись «Психрометричними таблицями».

**Розв'язання.** Спочатку в табл. 1 [Психрометричні таблиці] у колонці знаходимо температуру за сухим термометром ( $t = 44,3^\circ \text{C}$ ). Для неї в рядку температура змоченого термометра ( $t' = 20,6^\circ \text{C}$ ). Потім відшукаємо значення  $e = 5$  мб. У табл. 2 [Психрометричні таблиці] за різницею  $(t - t') = 44,3 - 20,6 = 23,7 \approx 24^\circ \text{C}$  і  $p = 820$  мб знаходимо поправку на атмосферний тиск:  $\Delta e = 3,4$  мб, тоді  $e_{\text{випр.}} = 5,0 + 3,4 = 8,4$  мб. Поправка  $\Delta e$  додається до отриманого значення  $e$  з табл. 1 [Психрометричні таблиці], якщо тиск менше 1000 мб, і віднімається якщо тиск більше 1000 мб. У табл. 1 у колонці з  $t = 44,3^\circ \text{C}$  знаходимо в графі  $e$  найближче значення до  $e_{\text{випр.}}$ . Тоді значення  $e = 8,3$  мб (наступне 8,5 мб; рекомендується брати значення  $e$  із нестачею, якщо поправка  $\Delta e$  додавалась, а із надлишком, якщо поправка  $\Delta e$  віднімалась). Із цього рядка випишуємо всі виправлені значення вологості:  $t_d = 4,3^\circ \text{C}$ ,  $e = 8,3$  мб,  $f = 9\%$ ,  $d = 84,2$  мб [12].

5. Використовуючи навчальне видання «Довідкові дані з клімату України», розділ «Вологість повітря» [6, с. 51-61], в програмі «Excel» побудуйте графіки річного ходу парціального тиску ( $e$ ) водяної пари, відносної вологості та дефіциту насичення (рис.7.1) для однієї з метеорологічних станцій України згідно з варіантом, запропонованим викладачем.

На горизонтальній осі графіка відкладіть місяці, а на вертикальній (зліва) – парціальний тиск і дефіцит насичення (гПа), а на вертикальній допоміжній осі (справа) показники відносної вологості. Проаналізуйте (письмово) графіки.



**Рис.7.1.** Графік річного ходу показників парціального тиску, відносної вологості та дефіциту насичення на метеостанції Луцьк Волинська область

## *Аудиторна самостійна робота під керівництвом викладача*

### **Розв'яжіть задачі**

1. Обчисліть відносну вологість повітря при температурі  $15^{\circ}\text{C}$  і парціальному тиску  $10,4$  гПа. Пружність насичення водяної пари  $E = 17$  гПа.
2. Температура повітря становить  $20,5^{\circ}\text{C}$ , а точка роси дорівнює  $17,5^{\circ}\text{C}$ . Визначте дефіцит точки роси й висоту рівня конденсації в атмосфері.
3. На якій висоті розпочнеться утворення хмар в атмосфері, якщо приземна температура повітря становить  $9,5^{\circ}\text{C}$ , а точка роси дорівнює  $7,0^{\circ}\text{C}$ ?
4. Обчисліть відносну вологість повітря, якщо відомо, що пружність водяної пари дорівнює  $10,5$  гПа, а дефіцит вологості –  $2,5$  гПа.
5. При температурі  $20^{\circ}\text{C}$  парціальний тиск водяної пари становить  $15,8$  гПа. Чи є повітря повністю насиченим? Пружність насичення водяної пари  $E = 23,4$  гПа.
6. Температура повітря становить  $12,8^{\circ}\text{C}$ , а дефіцит точки роси дорівнює  $20\%$  від цього значення. Визначте величину точки роси та висоту рівня конденсації.
7. Парціальний тиск водяної пари дорівнює  $6,0$  гПа, а максимальна пружність водяної пари більша на  $25\%$ . Обчисліть відносну вологість атмосферного повітря.
8. Повітря з температурою  $+30^{\circ}\text{C}$  і абсолютною вологістю повітря  $9,4$  г/м<sup>3</sup> перевалює через хребет висотою  $1000$  м. Визначте, чи досягне воно межі конденсації (насичення). Максимальний уміст водяної пари при  $t + 30^{\circ}\text{C}$  становить  $30,4$  г/см<sup>3</sup>.
9. Повітря, що має температуру  $+10^{\circ}\text{C}$  і відносну вологість  $70\%$ , піднялося до вершини хребта на висоту  $450$  м, перевалило його і опустилось на  $200$  м. Якою стала відносна вологість повітря? Максимальний уміст водяної пари в повітрі при  $t + 10^{\circ}\text{C}$  становить  $9,4$  г/м<sup>3</sup>.
10. Повітря з температурою  $+20^{\circ}\text{C}$  і відотною вологістю  $9,4$  г/м<sup>3</sup> піднімається на висоту  $2000$  м. Визначте, на якій висоті повітря стане насиченим. Яка буде температура повітря на вершині гори? Максимальний уміст водяної пари в повітрі при  $t + 20^{\circ}\text{C}$  становить  $17,3$  г/м<sup>3</sup>.
11. При відносній вологості повітря  $70\%$  уміст водяної пари в  $1$  м<sup>3</sup> становить  $5,2$  г/м<sup>3</sup>. На скільки грамів має збільшитись кількість водяної пари в повітрі, щоб воно стало насиченим при даній температурі?
12. На скільки відсотків повинна зрости відносна вологість повітря, що має температуру  $+10^{\circ}\text{C}$  й абсолютну вологість  $5$  г/м<sup>3</sup>, щоб воно стало насиченим? Максимальний уміст водяної пари при  $t + 10^{\circ}\text{C}$  становить  $9,4$  г/см<sup>3</sup>.
13. Біля підніжжя хребта температура повітря дорівнює  $8,9^{\circ}\text{C}$ , пружність водяної пари –  $6,7$  гПа,  $t_d = 1,3$ ,  $E = 11,4$  гПа. Визначте висоту рівнів конденсації й сублімації повітря, температуру та відносну вологість на вершині хребта висотою: а)  $300$  м; б)  $680$  м і за хребтом.
14. Визначте висоту рівнів конденсації і сублімації повітря, яке адіабатично піднімається по гірському схилу, якщо біля поверхні Землі його температура  $12^{\circ}\text{C}$ , а відносна вологість –  $71\%$ . На якій висоті повітря матиме температуру  $0^{\circ}\text{C}$ ? Чи випадатимуть опади на вершині хребта висотою  $1350$  м?
15. Повітря з температурою  $22^{\circ}\text{C}$  і відотною вологістю  $60\%$  піднімається по гірському схилу. На вершині хребта температура знизилась до  $8,5^{\circ}\text{C}$ . Яка висота хребта? На якій висоті лежить рівень конденсації? Яка температура й відносна вологість за хребтом, якщо відомо:  $e = 15,9$ ,  $t_d = 13,9^{\circ}\text{C}$ ? Максимальний уміст водяної пари при  $t + 30^{\circ}\text{C}$  становить  $30,4$  г/м<sup>3</sup>.
16. Яка температура й відносна вологість повітря на вершині г. Роман – Кош, якщо повітря прийшло з півночі з температурою  $25^{\circ}\text{C}$  і пружністю водяної пари  $19,8$  гПа? Яка температура та відносна вологість у районі м. Ялта, коли повітря перевалить через гірський хребет? Якою буде висота хмар на навітряному схилі, якщо відомо:  $t_d = 17,4^{\circ}\text{C}$ ;  $d = 11,9$ . Максимальний уміст водяної пари в повітрі при  $t + 30^{\circ}\text{C}$  становить  $30,4$  г/м<sup>3</sup>.

### **Контрольні запитання:**

1. Охарактеризуйте суть психрометричного методу визначення вологості повітря.
2. Які елементи вологості повітря можна визначити за допомогою психрометричних таблиць?
3. Охарактеризуйте суть гігрометричного методу визначення вологості повітря.
4. Якими приладами вимірюють вологість повітря?
5. Дайте визначення рівня конденсації й сублімації. За якою формулою їх визначають?
6. Яка різниця між випаровуванням і випаровуваністю?
7. Коли більше випаровування над полярними районами – влітку чи взимку?
8. Чому в пустелях випаровуваність більша, ніж випаровування, а над океанами вони майже однакові?
9. Який добовий і річний хід абсолютної та відносної вологості повітря на різних широтах?

### **Лабораторна робота № 8**

#### **Тема: ХМАРИ ТА ХМАРНІСТЬ**

*Мета:* ознайомитись з міжнародною класифікацією хмар; закріпити навички та вміння визначити за зовнішнім виглядом різновиди хмар та хмарність.

*Обладнання:* атлас хмар, синоптичний код, методичні рекомендації «Польова практика з метеорології та кліматології».

#### *Теоретичні відомості*

Хмари – це система завислих у повітрі продуктів конденсації й сублімації водяної пари. За сучасною міжнародною класифікацією за висотою виділяють 4 яруси хмар, а за зовнішнім виглядом – 10 родів:

1. **Верхній ярус:** *перисті* Cirrus (Ci), *перисто-шаруваті* Cirrostratus (Cs), *перисто-купчасті* Cirrocumulus (Cc).
2. **Середній ярус:** *високошаруваті* Altostratus (As), *висококупчасті* Altocumulus (Ac).
3. **Нижній ярус:** *шарувато-купчасті* Stratocumulus (Sc), *шаруваті* Stratus (St), *шарувато-дощові* Nimbostratus (Ns).
4. **Хмари вертикального розвитку:** *купчасті* Cumulus (Cu), *купчасто-дощові* Cumulonimbus (Cb).

За фазовим станом розрізняють *водяні*, *льодяні* та *мішані* хмари. У хмарах спостерігаються оптичні (світлові) явища, пов'язані із заломленням та дифракцією сонячних променів (*гало*, *вінці*, *несправжні сонця*, *гларія*, *райдуга* й ін.) та електричні (*блискавка*).

**Хмарність** (кількість хмар) – ступінь укриття неба хмарами в десятих частках. За 10 бальною системою обчислюють загальну хмарність і окремо – хмарність нижнього ярусу. Спостереження за хмарами складаються у визначенні кількості хмар (хмарності), форми хмар та висоти їх нижньої межі [2; 3; 8].

#### **Завдання**

1. За даними табл. 8.1–8.2 проаналізуйте хмарність земної кулі за кількістю балів і дайте відповіді на поставлені запитання:

- а) виявіть райони з найбільшою й найменшою середньорічною хмарністю та поясність причини їх виникнення;
- б) порівняйте умови формування хмарності в полярних і екваторіальних районах;
- в) простежте за змінами середньорічної хмарності під час переходу від океану до суші тропічних і помірних широт.
- г) порівняйте хмарність на різних широтах в літній і зимовий періоди.

2. Попередньо ознайомившись із зображенням хмар в «Атласі хмар», опишіть хмари за міжнародною класифікацією:

- а) вивчіть основні форми хмар за ярусами й родами;



б) користуючись підручниками, інтернет-ресурсами, мет. рек. «Польова практика з метеорології та кліматології» [10, с. 46-59], складіть таблицю хмар. Для прикладу в табл. 8.3 описані перисті хмари.

3. Використовуючи синоптичний код та методичні рекомендації «Польова практика з метеорології та кліматології» [10, Додаток Н, П], ознайомтесь з умовними позначеннями різних родів хмар і загальної кількості хмар й зарисуйте їх символами у табл. 8.3.

4. Використовуючи атлас хмар [3], визначте хмарність (загальну і нижню) й рід хмар на подвір'ї під час заняття і фотографіях, що роздані кожному студенту. Результати оформіть у зошиті.

Таблиця 8.1

**Середні за сезон зональні значення хмарності (у балах) на різних широтах Північної та Південної півкуль над океанами, материками й півкулею загалом**

Ф	Океан				Материк				Півкуля			
	ХІІ- ІІ	ІІІ- У	ІУ- УІІІ	ІХ- ХІ	ХІІ- ІІ	ІІІ- У	ІУ- УІІІ	ІХ- ХІ	ХІІ- ІІ	ІІІ- У	ІУ- УІІІ	ІХ- ХІ
<b>80°</b> пн.ш.	3,7	3,9	5,9	5,4	3,4	3,0	4,5	4,0	3,4	3,7	5,6	5,1
<b>70</b>	4,6	4,7	6,1	6,2	3,9	4,2	5,6	5,7	4,3	4,4	5,8	5,9
<b>60</b>	6,4	6,2	6,7	7,1	5,2	6,4	6,2	6,4	5,7	5,7	6,4	6,7
<b>50</b>	7,5	7,2	7,6	7,3	5,6	5,3	5,4	5,4	6,4	6,1	6,3	6,2
<b>40</b>	6,9	6,3	6,0	6,2	4,9	4,7	3,9	3,7	6,1	5,6	5,1	5,2
<b>30</b>	6,3	5,7	5,3	5,7	3,2	3,4	3,5	2,8	4,9	4,7	4,5	4,4
<b>20</b>	4,9	4,7	5,4	5,0	1,8	2,1	3,1	2,5	4,1	3,9	4,8	4,3
<b>10</b>	5,0	5,0	6,2	5,9	2,4	3,8	4,9	4,5	4,5	4,8	6,0	5,6
<b>0</b>	5,4	5,0	5,4	5,4	5,9	6,2	6,2	6,3	5,5	5,4	5,6	5,6
<b>10°</b> пд. ш.	5,7	5,2	5,4	5,6	6,4	5,6	3,5	5,3	5,9	5,3	5,0	5,5
<b>20</b>	5,8	5,6	5,9	6,0	5,4	4,2	3,1	4,3	5,7	5,3	5,2	5,6
<b>30</b>	5,7	6,1	6,4	6,5	4,3	4,2	4,1	4,3	5,4	5,6	5,8	6,0
<b>40</b>	6,5	6,8	6,8	7,0	4,7	5,1	5,9	4,7	6,4	6,8	6,8	7,0
<b>50</b>	7,1	7,3	7,1	7,4	6,4	6,2	6,5	6,1	7,1	7,3	7,1	7,4
<b>60</b>	7,3	7,5	7,0	7,6	–	–	–	–	7,3	7,5	7,0	7,6
<b>70</b>	5,9	6,5	5,7	5,9	3,1	2,7	3,0	2,8	4,8	4,9	4,6	4,6
<b>80</b>	–	–	–	–	1,8	1,9	1,7	1,6	1,8	1,9	1,7	1,6

Таблиця 8.2

**Середні сезонні і річні значення хмарності в Північній і Південній півкулях на Землі**

Період осереднення	Північна півкуля			Південна півкуля			Земля		
	океани	материки	загалом	океани	материки	загалом	океани	материки	загалом
ХІІ-ІІ	5,7	4,2	5,1	6,3	4,4	5,9	6,0	4,3	5,5
ІІІ-У	5,4	4,4	5,0	6,1	4,1	5,7	5,8	4,3	5,4
ІУ-УІІІ	5,9	4,8	5,5	6,3	4,0	5,8	6,1	4,5	5,6
ІХ-ХІ	5,7	4,6	5,3	6,4	4,3	6,0	6,1	4,5	5,6
<b>Рік</b>	5,7	4,5	5,2	6,3	4,2	5,9	6,9	4,4	5,5

## Хмари та їх особливості

Ярус	Висота	Рід хмар			Фазовий стан	Опади	Оптичні явища, прозорість	Загальний вигляд
		укр. назва	латин. назва	умовний символ				
Верхній	>6 км	Перисті	Cirrus	Сі, 	льодяні кристали	Немає	прозорі	окремі нитки, гряди або смуги волокнистої структури

**Контрольні запитання:**

1. Які процеси зумовлюють утворення хмар?
2. Що таке хмарність та як вона оцінюється?
3. Які світлові явища спостерігаються в хмарах? Поясніть природу їх утворення.
4. Які хмари виділяють за фазовим станом?
5. Опишіть морфологічну класифікацію хмар.
6. Викладіть короткий опис хмар верхнього, середнього, нижнього ярусів та хмар вертикального розвитку.
7. Поясніть добовий та річний хід хмарності залежно від умов її походження.
8. Назвіть райони з найбільшою й найменшою середньорічною хмарністю та поясніть причини їх виникнення.
9. Порівняйте умови формування хмарності в полярних й екваторіальних районах.
10. Як змінюється середня річна хмарність під час переходу від океану до суші тропічних і помірних широт.
11. Порівняйте хмарність на різних широтах в літній та зимовий періоди.

**Лабораторна робота № 9****Тема: ХАРАКТЕРИСТИКА АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ**

*Мета:* ознайомитися з різновидами опадів та будовою приладів для фіксації їхньої кількості; навчитись обчислювати добову, місячну, річну кількість опадів і визначати типи річного ходу опадів; режим зволоження територій.

*Обладнання:* таблиці з Гідрометцентру, наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин».

*Теоретичні відомості*

**Атмосферні опади** - це вода у рідкому чи твердому стані, яка випадає з хмар або відкладається на поверхні Землі й на її предметах.

Розрізняють такі **види опадів**: дощ, злива, мряка, сніг, град, льодова й снігова крупа, льодові голки.

**Дощ** складається із крапель діаметром понад 0,5 мм, а **мряка** – із краплин діаметром від 0,5 до 0,05 мм. Мряка за рахунок цього може повільно переноситись вітром.

**Сніг** – тверді опади у вигляді кристалічних утворень (сніжинок). Форма всіх сніжинок шестипроменева, діаметр кожної з них кілька міліметрів.

**Мокрий сніг або сніг із дощем** випадають із підвищенням температури до 0° С і вище, коли сніжинки злипаються в пластівці [2].

**Снігова й льодяна крупа** (білі або прозорі дрібні округлі крупинки діаметром до 1 мм) випадають із шарувато-дощових чи купчасто-дощових хмар, якщо температура від'ємна. Під час дуже сильних морозів із хмар нижнього ярусу можуть випадати

**голки льоду** – кристали у вигляді шестикутних призм. Якщо відбувається інверсія температури, краплі дощу замерзають у повітрі і на земну поверхню можуть випадати **кульки льоду** діаметром 1–3 мм (**льодяний дощ**).

**Град** – невеликі шматки льоду неправильної форми та шаруватої будови. Випадає влітку, у жарку погоду з великою нестійкістю атмосфери та при значних запасах вологи в хмарі з купчасто–дошових конвективних хмар. Градинки утворюються внаслідок багаторазових конвективних піднімань та опускань кристаликів льоду, унаслідок чого в нижній частині хмари на градинки осідає вода, а у верхній частині (з від’ємними температурами) вона замерзає.

Опади характеризуються за товщиною шару (у мм), сезонним розподілом, тривалістю (часом) випадання, інтенсивністю, імовірністю випадання.

Опади вимірюють у міліметрах шару води на горизонтальній поверхні. Випадають вони з різною інтенсивністю. **Інтенсивність опадів** – це така їх кількість, що випала за одиницю часу (мм/хв.). На картах розподіл опадів зображають **ізогієтами** – лініями однакових сум опадів за певний період (місяць, рік).

Географічний розподіл опадів на земній кулі визначається їх кількістю (сумою) за місяць, сезон або рік та сезонним розподілом упродовж року.

У **річному ході опадів** розрізняють такі типи:

- **екваторіальний** – із максимумом опадів близько до днів весняного й осіннього рівнодення, річна сума опадів становить від 1540 до 2500 мм;
- **тропічний** – із максимумом улітку, річна сума опадів становить від 1430 до 1800 мм;
- **тип тропічних мусонів** – із максимумом улітку, річна сума опадів становить від 520; 1570 до 3990 мм, а на ст. Черапунджі – 11020 мм;
- **субтропічний (середземноморський)** – із вологою зимою й сухим літом, річна сума опадів становить від 390 до 870 мм; цей тип можна віднести і до пустинь Середньої Азії (у Ташкенті – 350 мм);
- **континентальний помірних широт** – із максимумом улітку, річна сума опадів становить від 650 до 840 мм;
- **морський помірних широт** – із максимумом узимку, річна сума опадів становить від 1430 до 2160 мм;
- **мусонний тип помірних широт** – із максимумом улітку, річна сума опадів становить від 670 до 630 мм;
- **полярний** – із максимумом улітку, річна сума опадів становить 170 мм, однак у прибережних районах Арктики й Антарктики максимум може припадати на зиму внаслідок більш сильної циклонічної діяльності – від 320 до 626 мм [2; 13].

Шар снігу на поверхні землі чи криги, що утворився під час випадання снігу з хмар, називається **сніговим покривом**. Він характеризується висотою (у сантиметрах), щільністю й запасами води, тривалістю влягання (в днях).

**Щільність снігу ( $d$ )** – відношення об’єму (або маси) води, отриманої від розтоплення проби снігу, до об’єму (маси) снігу в цій пробі. Вимірюють її об’ємним або масовим снігоміром:

$$d = m/V, \quad (9.1)$$

де  $m$  – маса снігу, кг;  $V$  – об’єм снігу, м<sup>3</sup>. Якщо щільність снігу вимірюють масовим снігоміром, то

$$d = n/10 \cdot h, \quad (9.2)$$

де  $n$  – кількість поділок ваги;  $h$  – висота стовпа снігу, см.

Величина щільності снігу кількісно дорівнює товщині шару води в см, який утворився після танення шару снігу висотою 1 см.

**Запас води в снігу ( $w$ )** – висота шару води в мм, що утворилася під час повного танення снігового покриву:

$$w = 10 \cdot h \cdot d. \quad (9.3)$$

Висоту снігового покриву визначають стаціонарними і переносними снігомірними рейками. Для вивчення розподілу снігового покриву на місцевості проводять снігомірні зйомки. На їх підставі визначають середню висоту і середню щільність снігового покриву й середні запаси води в ньому. Середні величини обчислюють із суми результатів спостережень, поділеної на їх кількість.

Для характеристики *режиму зволоження* різних районів користуються *коефіцієнтом зволоження* ( $k_{зв.}$ ) (за М. М. Івановим) – відношення кількості опадів ( $R$ ) за певний період до величини випаровуваності ( $E_{вип.}$ ) за той самий період:

$$k_{зв.} = R/E_{вип.} \quad (9.4)$$

Величину випаровуваності  $E_{вип.}$  визначають за формулою:

$$E_{вип.} = 0,0018 \cdot (25 + t)^2 \cdot (100 - f), \quad (9.5)$$

де  $t$  – температура повітря за відповідний період;  $f$  – середня відносна вологість повітря за цей самий період.

За класифікацією М. М. Іванова, у лісовій зоні  $k_{зв.} > 1$  (клімат місцевості постійно вологий), у лісостеповій –  $k_{зв.} = 0,6 - 1$  (клімат місцевості постійно помірно-вологий), у степовій –  $k_{зв.} = 0,3 - 0,6$  (клімат місцевості не постійно вологий), у напівпустелі –  $k_{зв.} = 0,1 - 0,3$  (клімат місцевості не постійно засушливий) і в пустелі –  $k_{зв.} < 0,1$  (клімат місцевості постійно засушливий).

### Завдання

1. За даними таблиці Гідрометцентру, раніше обраного місяця згідно з варіантом, запропонованим викладачем у лаб. роб. № 5, обчисліть сумарну добову кількість опадів серед строкових спостережень (00, 06, 12, 18 год), а потім їх сумарну місячну кількість опадів (мм). Також визначте відхилення місячної кількості опадів свого варіанту від **кліматичної норми**, користуючись нижче поданою таблицею 9.1.

Результати подайте у таблиці (див. зразок). В програмі «Ексел» побудуйте кліматичну діаграму ходу середньодобової температури повітря і добової кількості опадів (див. зразок рис. 9.1). Якщо у варіантах є зимові місяці, то додайте в таблицю окрему колонку з добовими значеннями висоти снігового покриву ( $h$ , см). Проаналізуйте вплив опадів на зміни температури повітря в строки спостереження.

Таблиця 9.1

**Кліматична норма місячної й річної кількості опадів (мм)  
за 1961-1990 рр. на МС Луцьк**

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Кількість опадів, мм	31	31	31	41	58	77	84	72	56	43	38	38	600

Зразок таблиці

**Обчислення сумарної добової та місячної кількості опадів  
за квітень 2014 р. на метеостанції Луцьк**

Число	Серед. добова темп. °С	Строк, год				Добова кількість, мм	Висота снігу, см
		00	06	12	18		
01.04.	1,05	2,0	2,0			4,0	9,0
02.04.	-0,15					0,0	6,0
<b>Місячна кількість опадів (мм) та відхилення від місячної норми</b>							<b>Середня висота</b>



**Рис. 9.1.** Кліматична діаграма місячного ходу середньодобової температури повітря і добової кількості опадів за червень 2014 р. на метеостанції Луцьк

2. За даними табл. 9.2 в програмі «Excel» побудуйте стовпчикову діаграму річного ходу опадів згідно з варіантом, запропонованим викладачем. Обчисліть річну суму опадів й на основі наведеної вище інформації визначте тип річного ходу опадів для цього пункту.

На горизонтальній осі відкладіть місяці року, а на вертикальній – суми опадів, мм.

*Таблиця 9.2*

**Типи річного ходу опадів (мм) на різних географічних широтах**

Пункт	Місяць												За рік	Тип
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1	5	5	7	24	65	98	129	125	49	34	115	8		
2	42	38	34	36	43	50	62	72	66	59	54	42		
3	0	0	0	0	5	10	40	60	10	10	0	0		
4	113	84	74	41	46	15	2	4	40	78	129	136		
5	3	1	0	1	14	522	624	379	278	45	12	1		
6	23	16	19	19	40	57	77	83	52	40	31	25		
7	34	42	29	28	15	10	16	21	26	28	27	42		
8	340	277	289	364	305	324	276	341	416	492	506	476		
9	160	170	141	94	69	70	56	50	52	63	94	121		
10	90	72	65	78	56	35	13	21	73	122	103	113		

3. Користуючись формулою 9.3 і нижче поданими значеннями середньої висоти й середньої щільності снігу, визначте середній запас води в сніговому покриві на 2 метеостанціях України, що розміщені в різних природних зонах, згідно з варіантом, запропонованим викладачем.

Станція	Середня висота снігу, см	Середня щільність снігу, г/см <sup>3</sup>	Станція	Середня висота снігу, см	Середня щільність снігу, г/см <sup>3</sup>
Чернігів	22	0,257	Ізюм	15	0,18
Ромни	26	0,23	Тернопіль	21	0,253
Луцьк	16	0,24	Черкаси	19	0,23
Овруч	17	0,22	Сватове	17	0,21
Київ	19	0,16	Вінниця	20	0,228
Рава-Руська	21	0,22	Пожежевська	88	0,355
Шепетівка	20	0,239	Знам'янка	18	0,232
Лубни	21	0,24	Нікополь	11	0,22
Маріуполь	13	0,25	Плай	55	0,291
Селятин	33	0,18	Ізмаїл	11	0,275
Запоріжжя	15	0,23	Вознесенськ	9	0,22

4. Використовуючи формули (9.2; 9.3), за даними табл. 9.3 обчисліть:

а) щільність снігу в кожній пробі;

б) середню висоту й середню щільність снігового покриву та середні запаси води в ньому.

Таблиця 9.3

Результати снігомірної зйомки

Проба	Висота снігу, см	Відлік на терезах, п	Щільність	Проба	Висота снігу, см	Відлік на терезах, п	Щільність
1	41	111		5	33	86	
2	30	87		6	30	66	
3	40	100		7	37	104	
4	24	67		8	35	100	

5. Обчисліть коефіцієнти зволоження в пунктах, для яких відомі середні місячні значення температури, відносної вологості повітря й суми опадів, користуючись формулами (9.4; 9.5):

а)  $t = 22,4^\circ$ ,  $f = 52\%$ ,  $R = 20,2$  мм; б)  $t = 16,9^\circ$ ,  $f = 69\%$ ,  $R = 28,0$  мм; в)  $t = 12,2^\circ$ ,  $f = 78\%$ ,  $R = 100,2$  мм; г)  $t = 15,7^\circ$ ,  $f = 77\%$ ,  $R = 50,0$  мм; д)  $t = 18,0^\circ$ ,  $f = 71\%$ ,  $R = 172,0$  мм.

Визначте у якій природній зоні знаходиться пункт?

6. Ознайомтесь із будовою та принципами роботи приладів для вимірювання атмосферних опадів, використовуючи наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин» [9, с. 87–101].

#### Контрольні запитання:

1. Дайте визначення атмосферних опадів.
2. Назвіть різновиди опадів, виходячи з їх морфологічної класифікації.
3. Як класифікують опади, виходячи з їх генетичної класифікації?
4. Що розуміють під наземними опадами? Назвіть їх.
5. Назвіть причини утворення тих чи інших наземних опадів?
6. Назвіть необхідні умови для утворення опадів?
7. Які прилади використовують для вимірювання опадів?
8. У чому вимірюють опади? Що таке інтенсивність опадів?
9. Що таке ізогіети?
10. Назвіть типи річного ходу опадів.
11. Назвіть найвологіші та найсухіші місця на земній кулі.
12. Що таке сніговий покрив та якими величинами він характеризується?
13. Як визначити щільність снігу та запас води в ньому?
14. Якими приладами вимірюють висоту снігового покриву?
15. Що таке коефіцієнт зволоження та як його визначити? Назвіть типи зволоження.

#### Лабораторна робота № 10

##### Тема: ЗМІНА АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ З ВИСОТОЮ

**Мета:** виявити закономірності в розподілі змін атмосферного тиску з висотою; ознайомитися з приладами для вимірювання атмосферного тиску; навчитись його вимірювати та аналізувати баричну тенденцію упродовж доби й місяця; закріпити навички та вміння використовувати барометричні формули під час розв'язування задач.

**Обладнання:** побутовий барометр, термометр, таблиці з Гідрометцентру, наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин», методичні рекомендації «Польова практика з метеорології та кліматології», навчальне видання «Загальне землезнавство».

### Теоретичні відомості

Величина баричного ступеня залежить від температури повітря: із підвищенням температури вона збільшується. Збільшується вона також із висотою, тобто зі зменшенням тиску.

Практичним застосуванням закономірностей зміни тиску із зміною висоти є **барометричне нівелювання** як спосіб визначення різниці висот двох пунктів за різницею тисків у цих пунктах в один і той самий фізичний момент. Закономірність зміни тиску з висотою виражається барометричними формулами.

Під час визначення невеликих різниць висот (до 1000 м) та різниць тиску, що не перевищує 120–130 гПа, двох пунктів користуються спрощеною **формулою Бабіне**. Їх застосовують для приведення атмосферного тиску до рівня моря.

**Привести тиск до рівня моря** означає, що до величини тиску на рівні станції ( $p$ ) додати вагу стовпа повітря від рівня станції до рівня моря ( $\Delta p$ ), виражену в одиницях тиску. Приведення тиску до рівня моря використовують задля того, щоб мати можливість порівняти дані атмосферного тиску в пунктах, які розміщені на різній висоті.

Формула Бабіне дає можливість: 1) визначити висоту точки, якщо відомі величини  $P_1$  і  $P_2$  в цій точці та середня температура повітря; 2) визначити баричний ступінь; 3) знайти тиск ( $P_2$ ) на заданій висоті  $h$ , якщо відомо тиск ( $P_1$ ) внизу і середню температуру шару повітря між двома рівнями; 4) визначити тиск на нижньому рівні  $P_1$  (у т.ч. й на рівні моря), якщо відомо тиск на верхньому рівні  $P_2$ , висоту пункту над рівнем моря і середню температуру [8].

### Завдання

1. Ознайомтесь із будовою та принципами роботи приладів для вимірювання атмосферного тиску, використовуючи наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин» [9, с. 102-109].

2. Користуючись побутовим барометром, виміряйте атмосферний тиск і температуру повітря на подвір'ї (біля входу в лабораторний корпус), 1, 6, 8 поверхах і визначте їх висоту (м) та приведіть тиск до рівня моря. Результати вимірювань й обчислень запишіть у таблиці (див. зразок).

Для того, щоб визначити на якій висоті знаходиться поверх від висоти подвір'я, потрібно скористатись формулою Бабіне (див. метод. реком. до практ. занять з курсу «Загальне землезнавство», пр. роб. «Атмосферний тиск. Циркуляція атмосфери»).

Зразок таблиці

Значення	Подвір'я	1 поверх	6 поверх	8 поверх
Тиск на різних рівнях, гПа				
Температура, °C				
Висота пункту, м	192 м			
Привести тиск до рівня моря, гПа				

3. За даними таблиці Гідрометцентру, раніше обраного місяця, згідно з варіантом, запропонованим викладачем у лаб. роб. № 5, в програмі «Excel» побудуйте графік місячного (індивідуально для кожного студента) та річного ходу атмосферного тиску на метеостанції Світязь 2014 р. (колективно, тобто кожен студент за певний місяць подає свої розрахунки для заповнення таблиці і побудови графіку (див. зразок табл., рис. 10.1). Визначте середнє  $P_{сер.}$ , найбільше ( $P_{max}$ ) і найменше ( $P_{min}$ ) значення за місяць і рік, обчисліть місячну та річну амплітуди ( $A$ ). Заповніть таблицю.

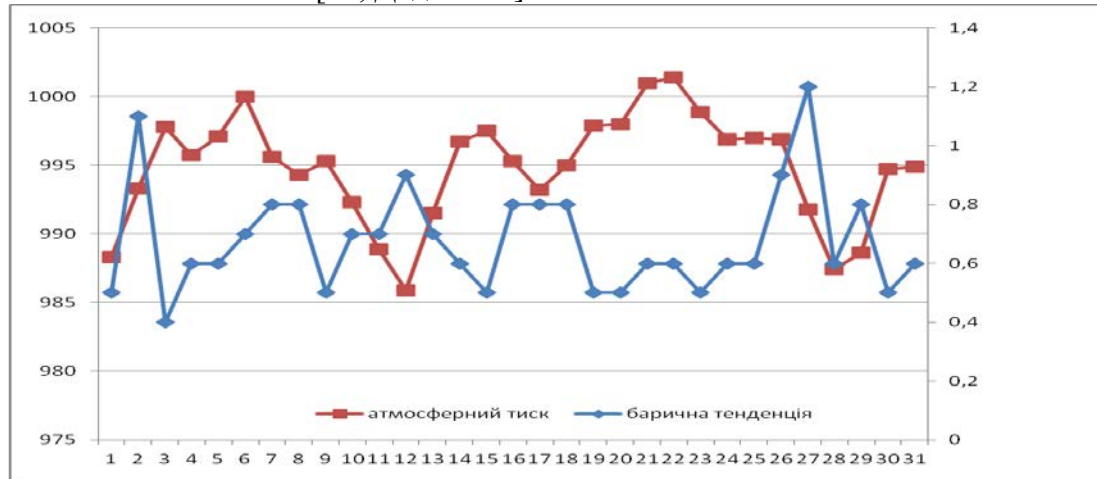
Зразок таблиці

### Показники атмосферного тиску на рівні метеостанції Світязь за 2014 рік

Місяць	$P_{сер.}$	$P_{max}$	$P_{min}$	Амплітуда
Січень				
Грудень				
Рік				

Крім того, визначте міждобову змінність атмосферного тиску в опрацьованому Вами місяці, тобто на скільки в середньому змінювався атмосферний тиск від однієї доби до іншої.

Також на графіку місячного ходу атмосферного тиску (рис. 10.1) на допоміжній вертикальній осі відобразіть значення баричної тенденції (гПа), які подані в таблиці Гідрометцентру в колонці **L**. За виглядом кривої значень баричної тенденції на графіку дайте словесну характеристику баричної тенденції, користуючись мет. рек. «Польова практика з метеорології та кліматології» [10, Додаток P].



**Рис. 10.1.** Графік місячного ходу атмосферного тиску і значень баричної тенденції за квітень 2014 р. на метеостанції Світязь

4. Використовуючи формулу Бабіне, розв'яжіть задачі.

4.1. Приведіть до рівня моря атмосферний тиск для пункту, розміщеного на висоті  $h$  (м), при середній температурі повітря ( $t^{\circ}\text{C}$ ) і атмосферному тиску (гПа):

Висота, м	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Тиск, гПа
660	2,0	1000
1050	-1,5	800
280	21	1013,5

4.2. Під час проведення барометричного нівелювання добуто такі значення температури й атмосферного тиску в семи пунктах:

Пункт	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Тиск, гПа
1	21,2	980,7
2	21,7	979,9
3	22,0	979,4
4	22,0	977,6
5	21,8	975,9
6	21,5	975,6
7	20,3	973,0

Визначте висоту кожного пункту, якщо перший із них розміщений на висоті 78 м над рівнем моря.

### *Аудиторна самостійна робота під керівництвом викладача*

#### **Розв'яжіть задачі**

1. На висоті 2 км над поверхнею землі температура становить  $-5,6^{\circ}\text{C}$ , а тиск 820 гПа. Визначте баричний ступінь і баричний градієнт для цієї висоти.

2. Визначте висоту київської телевежі, якщо відомо: біля її підніжжя атмосферний тиск становить 993 гПа, температура повітря  $-2,5^{\circ}\text{C}$ . На верхньому майданчику тиск  $-945$  гПа, температура  $-7,5^{\circ}\text{C}$ .



3. Біля поверхні землі атмосферний тиск становить 980 гПа, температура повітря – +27°С. Визначте значення тиску на висоті 500 м, якщо вертикальний температурний градієнт становить 0,8° С/100 м.

4. Приведіть тиск до рівня моря, якщо на висоті 11 км  $P = 10$  гПа, температура на цьому рівні (– 50,0° С). На рівні моря температура становить +15,0° С.

5. Приведіть тиск до рівня моря, якщо на висоті 1,5 км  $P = 600$  гПа, температура на цьому рівні (– 10,5° С). На рівні моря температура становить + 14,5° С.

6. Приведіть тиск до рівня моря, якщо на висоті 1000 м  $P = 775$  гПа, температура на цьому рівні (– 5,0° С). На рівні моря температура становить + 3,4° С.

7. Приведіть тиск до рівня моря, якщо на висоті 1,7 км  $P = 975$  гПа, температура на цьому рівні (– 8,5° С). На рівні моря температура становить +1,4° С.

8. На вершині гори атмосферний тиск становить 890 гПа, температура повітря + 17° С, а біля її підніжжя тиск – 995 гПа, температура + 28° С. Визначте висоту гори.

#### **Контрольні запитання:**

1. Яка різниця між вертикальним баричним градієнтом і баричним ступенем?
2. Як змінюється з висотою величина баричного ступеня у теплому й холодному повітрі?
3. Що таке барометричне нівелювання? Назвіть барометричні формули.
4. Що означає привести тиск до рівня моря?
5. Із якою метою приводять атмосферний тиск до рівня моря?
6. Сформулюйте практичне застосування формули Бабіне.
7. Якими приладами вимірюють атмосферний тиск?
8. Чому зі збільшенням висоти атмосферний тиск зменшується?

### **Лабораторна робота № 11**

#### **Тема: РОЗПОДІЛ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ БІЛЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ Й НА ВИСОТАХ**

*Мета:* виявити закономірності в просторовому розподілі атмосферного тиску біля земної поверхні й на висотах; ознайомитись із зображенням замкнутих і незамкнутих систем ізобар та способами зображення баричного рельєфу на приземних і висотних картах; розміщенням центрів дії атмосфери на земній кулі.

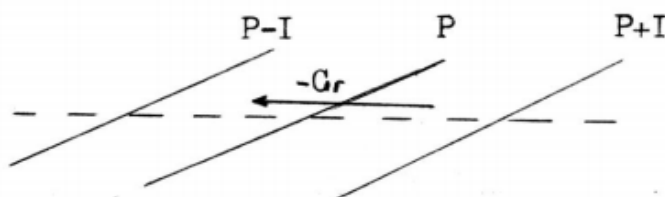
*Обладнання:* навчальні карти баричної топографії, таблиці з Гідрометцентру, навчальне видання «Загальне землезнавство», атлас вчителя.

#### *Теоретичні відомості*

Відображення розподілу тиску на картах за допомогою ізобар називають **баричним рельєфом**. **Горизонтальний баричний градієнт ( $G_r$ )** – різниця тиску у двох пунктах, віднесена до середньої довжини 1° меридіана (111,1 км) або до 100 км. Горизонтальний баричний градієнт – вектор, спрямований у бік низького тиску, приведеного до рівня моря (рис. 11.1):

$$G_r = \Delta P / \Delta n \cdot 100, \quad (11.1)$$

де  $\Delta P$  – різниця тиску між двома пунктами, гПа;  $\Delta n$  – найкоротша відстань між двома сусідніми ізобарами (ізогіпсами), км.



**Рис. 11.1.** Вертикальний розріз ізобаричних поверхонь та напрямок горизонтального баричного градієнта. Пунктирна лінія – рівень моря або будь-який інший рівень

У більшості випадків горизонтальний баричний градієнт поблизу поверхні землі становить 1-3 гПа на кожен градус меридіану.

Географічний розподіл атмосферного тиску біля поверхні Землі можна розглянути на картах ізобар січня і липня [1, с. 48]. На земній кулі виділено 7 зон атмосферного тиску: **екваторіальна** – низького тиску; дві зони **субтропічних широт** – область високого тиску в кожній півкулі з центром до 30–35° широти; дві зони **помірних широт** – область низького тиску в кожній півкулі з центром 60° широти; дві зони **полярних широт** – область високого тиску. Улітку в північній півкулі зони тиску зміщуються на північ відносно екватора, а взимку – на південь.

Середні широти найважливіших **центрів дії атмосфери**:

*Ісландський мінімум* – 65° пн. ш.;

*Алеутський мінімум* – 50° пн. ш.;

*Азорський і Гавайський максимуми* – 34° пн. ш.;

*Зимовий Центрально-Азіатський антициклон* – 50° пн. ш.;

*Канадський антициклон*;

*Літня Південно-Азіатська депресія* – 30° пн. ш.;

*Південно-Атлантичний, Південно-Індійський і Південно-Австралійський максимуми* – 30° пн. ш.;

*Зимовий Австралійський максимум* – 30° пд. ш.;

*Субантарктичний мінімум* – 66° пд. ш.

На практиці для зображення розподілу атмосферного тиску на висотах будують **карти баричної топографії (БТ)** – баричного рельєфу. На картах баричної топографії наносять **геопотенціальні висоти ( $\Phi$ )** ізобаричних поверхонь 850, 700, 500, 300 гПа та ін.

Одиницею геопотенціальної висоти є **геопотенціальний метр (гп. м)** – робота проти сили тяжіння, яку треба затрати, щоб підняти одиницю маси повітря на висоту 1 м при прискоренні сили тяжіння 9,8 м/с<sup>2</sup>:

$$\Phi = gz/9.8, \quad (11.2)$$

де  $\Phi$  – геопотенціальна висота;  $g$  – прискорення сили тяжіння на даному рівні;  $z$  – висота в метрах.

На картах баричної топографії геопотенціальні висоти показують у десятках геопотенціальних метрів – **декаметрах (гп. дкм)**. Лінії однакових геопотенціальних висот ізобаричних поверхонь називають **ізогіпсами**. Їх проводять через кожні 4 декаметри, кратні 4. Наприклад, ізогіпса 920 означає геопотенціальну висоту ізобаричної поверхні 300 гПа 920 гп. дкм, або 9200 гп. м над рівнем моря [8; 13].

На практиці будують карти **абсолютної (АТ)** і **відносної баричної топографії (ВТ)**. За розподілом відносних висот на карті можна мати уявлення про середні температури в шарі між двома ізобаричними поверхнями. Чим більша відносна висота, тим вища температура шару повітря. Отож, карти відносної баричної топографії дають нам уявлення про розподіл температури в атмосфері. У центрі замкнених ізогіпс з найбільшими значеннями геопотенціалу ставлять літеру **Т**, тобто це центр області тепла, а з найменшими – **Х**, тобто це область холоду.

### Завдання

1. Повторіть зміст практичної роботи «Атмосферний тиск. Циркуляція атмосфери» з курсу «Загальне землезнавство».

За відомими значеннями атмосферного тиску, вираженого в гПа, у двох пунктах і формулою 11.1 визначте горизонтальний баричний градієнт  $G_r$ :

Р <sub>1</sub> , гПа – пункт А	Р <sub>2</sub> , гПа – пункт В	Відстань, км
1022,2	1018,4	380
988,4	1005,9	440
992,7	1000,5	125

2. Користуючись рис.11.2, визначте горизонтальний баричний градієнт для розрізів 1–1; 2–2; 3–3; 4–4, відстань між якими п км.

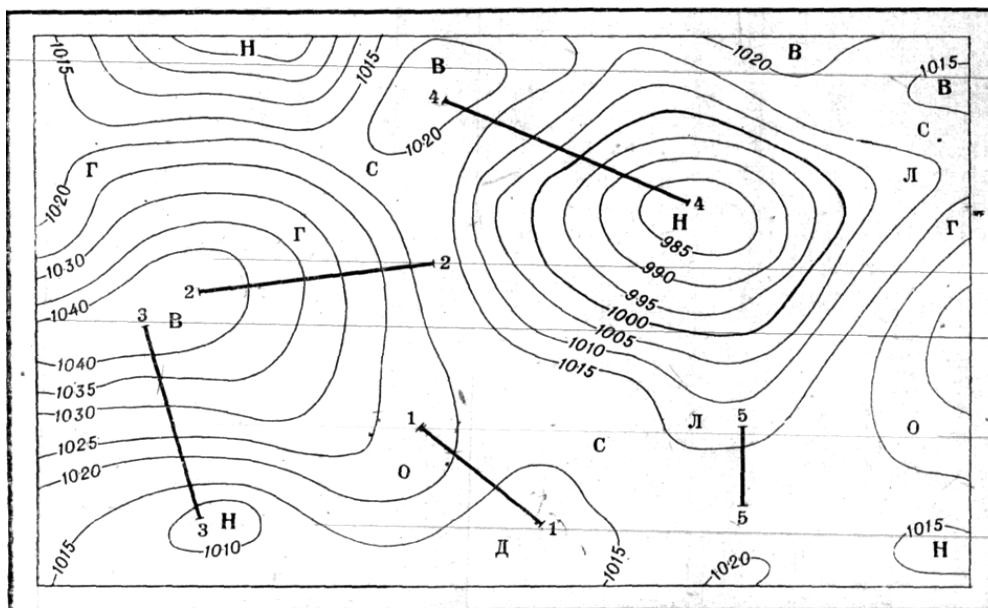


Рис. 11.2. Система ізобар

3. На бланкових картах погоди знайдіть різновиди форм баричного рельєфу (наприклад, циклон, антициклон, гребінь і т.д.) і запишіть їхню кількість у зошиті. Обчисліть горизонтальний баричний градієнт для двох (на вибір) форм баричного рельєфу (наприклад, між циклоном і антициклоном), використовуючи масштаб карти для визначення відстані між ними.

4. За даними таблиці Гідрометцентру «Добові дані за 2014-2016 рр. Волинь» обчисліть горизонтальний баричний градієнт між пунктами Світязь – Володимир-Волинський – Ковель – Маневичі – Світязь. Для цього використовуйте той місяць і рік з яким працювали в попередній лаб. роб. № 10. Серед чисел місяця оберіть будь-яку одну дату, потім в рядку цієї дати з колонки М випишіть значення атмосферного тиску для всіх вище зазначених пунктів, тобто метеостанцій. Для визначення відстані (км) між метеостанціями Волинської області, скористайтесь сайтами в Google для визначення відстані. Результати обчислень оформіть у таблиці.

Зразок таблиці

**Обчислення горизонтального баричного градієнту, гПа/100 км 17.04.2014 р. між метеостанціями (МС) Волинської області**

Р, гПа МС Світязь	Р, гПа МС В.-Волинський	Відстань, км	$G_r$ , гПа/100 км
Р, гПа МС В.-Волинський	Р, гПа МС Ковель	Відстань, км	$G_r$ , гПа/100 км
Р, гПа МС Ковель	Р, гПа МС Маневичі	Відстань, км	$G_r$ , гПа/100 км
Р, гПа МС Маневичі	Р, гПа МС Світязь	Відстань, км	$G_r$ , гПа/100 км

5. Повторіть розміщення постійних і сезонних центрів дії атмосфери на карті ізобар січня і липня, використовуючи атлас вчителя [1, с. 48]. Поясніть їх роль у загальній циркуляції атмосфери та вплив океанів і материків на географічний розподіл атмосферного тиску.

## *Аудиторна самостійна робота під керівництвом викладача*

### **Розв'яжіть задачі**

1. Парашутист стрибнув з висоти, де атмосферний тиск становив 670 мм рт. ст. і приземлився в місцевості, де атмосферний тиск дорівнював 760 мм рт. ст. Із якої висоти (в м) стрибнув парашутист?
2. На яку висоту (в м) піднявся літак, якщо перепад тиску між приземним шаром і висотою польоту становить 560 мм рт. ст.
3. Визначте тиск і температуру повітря на вершині г. Говерли, якщо біля підніжжя (на висоті 400 м над рівнем моря) вони, відповідно, становлять 730 мм рт.ст. і  $+18^{\circ}\text{C}$ .
4. На яку висоту потрібно піднятися, щоб тиск зменшився на: а) 20 мм рт. ст.; б) 33 мм рт. ст.; в) 100 мм рт. ст.; г) 150 мм рт. ст.?
5. Біля підніжжя гори, що лежить над рівнем моря на висоті 150 м, тиск повітря  $-745$  мм рт. ст., а на вершині – 645 мм рт. ст. Яка абсолютна висота гори?
6. Над поверхнею тераси атмосферний тиск дорівнює 745 мм рт. ст., відносна висота тераси – 150 м. Визначте атмосферний тиск на рівні заплави.
7. Тиск повітря біля підніжжя гори на висоті 500 м над рівнем моря – 700 мм рт. ст, а на вершині – 620 мм рт. ст. Визначте абсолютну і відносну висоти вершини гори.
8. Відносна висота горба – 450 м. Атмосферний тиск на його вершині – 720 мм рт. ст., а температура –  $+2^{\circ}\text{C}$ . Визначте атмосферний тиск і температуру повітря біля його підніжжя.
9. Визначте тиск і температуру повітря біля підніжжя гори, якщо на її вершині, яка має висоту 1450 м, температура –  $2^{\circ}\text{C}$ , а тиск – 610 мм рт. ст.
10. Якою буде висота гори, якщо на вершині атмосферний тиск становить 712 мм рт. ст., а біля підніжжя – 752 мм рт. ст.?
11. Який тиск на вершині хмари, якщо її висота – 3 км, висота підосви – 1,5 км, а тиск біля поверхні землі нормальний?
12. На якій висоті (в м) летить літак, якщо атмосферний тиск за бортом дорівнює 480 мм рт. ст, а тиск на рівні моря нормальний?
13. Який тиск на вершині купчастої хмари висотою 1800 м, якщо відомо, що висота підосви хмари 700 м, а тиск на землі 765 мм рт. ст.?
14. Який тиск повітря на підосві хмари заввишки 1800 м, якщо тиск на її вершині 500 мм рт. ст.?

### **Контрольні запитання:**

1. Які чинники сприяють формуванню зонального розподілу атмосферного тиску біля поверхні Землі?
2. Дайте визначення горизонтального баричного градієнту? Із якою метою його визначають?
3. Що таке ізобари, ізогіпси?
4. Як відображаються на приземних картах замкнуті та незамкнуті системи ізобар?
5. Назвіть зони розподілу атмосферного тиску на земній кулі.
6. Назвіть та покажіть центри дії атмосфери.
7. Які способи зображення баричного рельєфу на висотних картах використовують на практиці?
8. Як поділяються карти баричної топографії?
9. Дайте визначення геопотенціальної висоти.
10. Що є одиницею геопотенціальної висоти?
11. У чому показують геопотенціальні висоти на картах баричної топографії?
12. Який зв'язок існує між розподілом атмосферного тиску і температурою повітря біля поверхні землі та на висотах?

## Лабораторна робота № 12

### Тема: ОСОБЛИВОСТІ ВІТРОВОГО РЕЖИМУ

*Мета:* ознайомитись з особливостями вітрового режиму й приладами для вимірювання сили та визначення напрямку вітру; шкалою Бофорта; оволодіти навичками й уміннями будувати розу вітрів й визначати переважаючий напрям вітру.

*Обладнання:* таблиці з Гідрометцентру, наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин», методичні рекомендації «Польова практика з метеорології та кліматології».

#### Теоретичні відомості

**Вітер** – горизонтальний рух повітря над поверхнею Землі. Його характеризують *швидкість, сила, напрям*.

**Швидкість вітру** – відстань, яку проходить частинка повітря за одиницю часу. Вимірюють швидкість вітру в метрах за секунду (**м/с**), кілометрах за годину (**км/год**), **вузлах** (морська міра).

*Для переведення:*  $1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/год}$ ,  $1 \text{ вузол} = 0,5 \text{ м/с}$ . Середня швидкість вітру між двома пунктами орієнтовно дорівнює потроєній величині горизонтального баричного градієнта, вираженого у гПа.

**Сила вітру** – тиск повітряного потоку на предмети:

$$P = 0,25 \cdot v^2, \quad (12.1)$$

де  $P$  – сила вітру,  $\text{кг/м}^2$ ;  $v$  – швидкість вітру,  $\text{м/с}$  [8].

Сила вітру – це його швидкість, виражена в умовних одиницях (*балах*). За шкалою Бофорта встановлено 12 балів сили вітру (див. мет. рек. «Польова практика з метеорології та кліматології», **Додаток С**).

*Емпіричний зв'язок* між числом балів ( $B$ ) і швидкістю вітру ( $v$ ) такий:

$$v = 2B - 1, \quad (12.2)$$

де  $B$  – число балів (до восьми).

**Напрямок вітру** характеризують тією стороною горизонту, звідки він дме. Його записують у *градусах кута* між напрямком географічного меридіана і вектором вітру (*азимутом*) або в *румбах* за 16 – румбовою системою. Розрізняють **8 основних румбів** (напрямів) з одно- й двобуквеними позначеннями (наприклад, північний – Пн, південно-західний – ПдЗ) і 8 проміжних – трибуквеними позначеннями (наприклад, північно-північно-західний – ПнПнЗ, східно-південно-східний – СПдС).

Вітровий режим території залежить від особливостей циркуляції атмосфери й характеру підстильної поверхні Землі: висоти, експозиції схилів відносно напрямку повітряного потоку тощо.

Наочним зображенням вітрового режиму пункту є *роза вітрів* – діаграма повторюваності вітру за напрямками горизонту за певний проміжок часу (добу, декаду, місяць, сезон).

#### Побудова рози вітрів

Вона складається з трьох етапів: 1) обчислення повторюваності (числа випадків) вітру для 8 румбів; 2) побудови діаграми; 3) її аналізу.

На першому етапі потрібно перевести результати спостережень за вітром із 16 румбів на 8. Для цього в таблицю по горизонталі виписують число випадків вітру для 16 напрямів (див. табл. 12.1). Щоб виключити проміжні (трибуквені) румби, їх парну кількість ділять на два та кожну половину додають до сусіднього румба зліва й справа. Якщо число випадків непарне, зайву одиницю додають до того сусіднього румба, який має більше число випадків. Якщо число випадків на сусідніх румбах однаково, зайву одиницю додають до правого румба.

Потім визначають загальну повторюваність вітру кожного румба з рознесеними величинами. Ці характеристики вітру визначають далі в процентах від загального числа випадків із вітром усіх напрямів (без штилів), прийнятого за 100 %.

Повторюваність штилів – безвітря або затишся (при швидкості вітру до 0,2 м/с) обчислюють у процентах від загального числа спостережень за вітром разом зі штилями.

На другому етапі будують діаграму рози вітрів в програмі «Excel» (рис. 12.1). В центральному колі зображають штиль. Розу вітрів будують або за числом випадків, або в процентах для кожного напрямку.

Під час аналізу рози вітрів на третьому етапі виявляють переважаючі напрями вітру для цього пункту, зіставляють вітрові режими в різних пунктах та ін.

#### Приклад для обчислення місячної повторюваності основних напрямів вітру

Обчисліть середню місячну повторюваність (%) основних напрямів вітру за наведеними даними табл. 12.1.

У табл. 12.1 записуємо підраховане раніше число випадків вітру за місяць на 16 румбах. Далі розносимо повторюваність проміжних румбів на сусідні. Так, ПнПнС вітер має 6 випадків. Із них по 3 випадки додаємо до Пн і ПнС вітрів. Із СПнС вітру 4 випадки додаємо до ПнС, а три – до С вітру й т. д. Потім обчислюємо суму числа випадків вітру для 8 основних напрямів.

Повторюваність вітру у відсотках обчислюємо від загальної кількості спостережень за вітром усіх напрямків (131), яку приймаємо за 100 %. Так, повторюваність Пн вітру:  $P = 13 \cdot 100 / 131 = 10\%$ .

Повторюваність штилів обчислюємо від загальної суми спостережень за вітром (140):  $P_{\text{шт}} = 9 \cdot 100 / 140 = 6\%$ .

Таблиця 12.1

#### Обчислення повторюваності напрямів вітру на метеостанції Луцьк за квітень 2014 р.

	Пн	ПнПнС	ПнС	СПнС	С	СПдС	ПдС	ПдПдС	Пд	ПдПдЗ	ПдЗ	ЗПдЗ	З	ЗПнЗ	ПнЗ	ПнПнЗ	Всього	Штиль
<b>n*</b>	6	6	8	7	4	5	7	6	8	13	8	12	14	11	8	8	131	9
	+3		+3		+3		+3		+3		+7		+6		+5			
	+4		+4		+2		+3		+6		+6		+6		+4			
<b>Σ</b>	13		15		9		13		17		21		26		17		131	140
<b>%</b>	10		11		7		10		13		20		20		13		100	6

\* n – число випадків; Σ – разом; % - повторюваність.

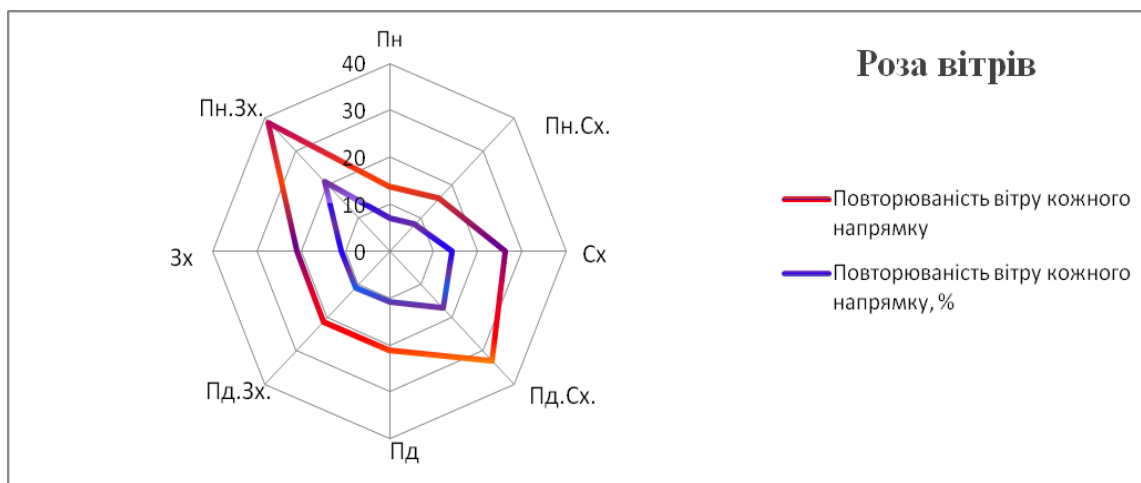


Рис. 12.1. Роза вітрів за даними метеостанції Луцьк за квітень 2014 р.

## Завдання

1. Ознайомтесь із будовою та принципами роботи приладів для вимірювання швидкості та напрямку вітру, використовуючи наочний посібник «Вимірювання метеорологічних величин» [9, с. 110-121].

2. За відповідями завдання 1 лаб. роб. № 11, формулою 12.1 обчисліть:

а) середню швидкість вітру між пунктами А і В й силу вітру  $P$  ( $\text{кг/м}^2$ );

б) переведіть добуті середні швидкості вітру з метрів за секунду в кілометри за годину, у вузли й бали, використовуючи формулу 12.2;

в) дайте назву вітрам за шкалою Бофорта, користуючись мет. рек. «Польова практика з метеорології та кліматології» [10, Додаток С].

3. Використовуючи одиниці переведення й формулу 12.2, розв'яжіть задачі. Визначте, до якої категорії вітрів за шкалою Бофорта належатиме такий вітер?

1. Швидкість вітру дорівнює 1 м/с. Скільки це становитиме км/год?

2. Швидкість вітру дорівнює 1 км/год. Скільки це становитиме м/с?

3. Швидкість вітру дорівнює 12 м/с. Скільки це становитиме в балах?

4. Швидкість вітру дорівнює 45 км/год. Скільки це становитиме м/с?

5. Швидкість вітру дорівнює 20 м/с. Скільки це становитиме км/год?

6. Сила вітру дорівнює 5 балів. Скільки це становитиме км/год?

7. Сила вітру дорівнює 8 балів. Скільки це становитиме м/с?

8. Швидкість вітру дорівнює 6 вузлів. Скільки це становитиме км/год? м/с?

4. Обчисліть середню місячну повторюваність основних напрямів вітру за даними таблиці Гідрометцентру, раніше обраного місяця згідно з варіантом, запропонованим викладачем у лаб. роб. № 5, і в програмі «Excel» побудуйте розу вітрів для метеостанції Луцьк та її проаналізуйте. Для виконання цього завдання дивіться *Приклад для обчислення місячної повторюваності напрямів вітру*. Визначте переважаючі напрями вітру для цього місяця і порівняйте їх з іншим місяцем.

5. За даними таблиці Гідрометцентру проаналізуйте швидкість вітру серед строкових спостережень за місяць (див. завдання 4) й обчисліть середню швидкість вітру за добу, місяць. В програмі «Excel» побудуйте графік добового ходу середньої швидкості вітру за місяць. Порівняйте свої результати з іншим місяцем. Як змінюється швидкість вітру упродовж доби і місяця? Чому?

### Контрольні запитання:

1. Дайте визначення вітру. Якими характеристиками він визначається?

2. Що таке швидкість вітру, сила вітру?

3. Назвіть одиниці вимірювання швидкості вітру.

4. Які сили впливають на вітер біля поверхні землі й на висотах?

5. Що таке геострофічний і градієнтний вітер?

6. Охарактеризуйте шкалу Бофорта.

7. За якою формулою здійснюється емпіричний зв'язок між числом балів і швидкістю вітру.

8. Назвіть напрями вітру, визначте його основи та проміжні румби.

9. Із яких етапів складається побудова рози вітрів?

10. Як обчислити середню місячну повторюваність (%) вітру основних напрямів?

11. Якими приладами вимірюють вітер у стаціонарних та експедиційних умовах?

## Лабораторна робота № 13

### Тема: ПОГОДА ТА АНАЛІЗ СИНОПТИЧНОЇ КАРТИ

*Мета:* ознайомитись із класифікацією погоди; синоптичним кодом; навчитись складати і читати метеорологічні телеграми; а також удосконалити навички та уміння аналізувати фактичний стан погоди на синоптичних картах.

*Обладнання:* синоптичний код, навчальні синоптичні карти, методичні рекомендації «Польова практика з метеорології та кліматології».

### *Теоретичні відомості*

**Погода** – це миттєвий стан атмосфери в певному місці в певний момент або за певний проміжок часу. Метеорологічні величини (*елементи погоди*) – атмосферний тиск, температура і вологість повітря, напрям і швидкість вітру, хмарність, видимість, атмосферні явища. Прогнози погоди бувають **спеціалізовані**, що призначені для спеціальних користувачів (авіація, судноплавство, рибний промисел, сільське господарство тощо); і **загального** користування, тобто для населення. Останні складаються в Гідрометцентрі на ніч (з 21 по 09 год), або день (09 до 21 год).

Прогнози погоди складаються методами синоптичної метеорології. Для цієї мети за даними спостережень метеорологічних і аерологічних станцій складають синоптичні карти погоди для різних рівнів атмосфери, від земної поверхні до висоти 30 км. Вони включають загальні відомості про майбутню погоду: хмарність, кількість та фазовий стан опадів, явища погоди (дощ, грози, туман, тощо), розподіл атмосферного тиску, напрям й швидкість вітру, значення мінімальної та максимальної температури тощо.

**Синоптична карта** – географічна карта, на якій умовними значками зашифровані результати одночасних спостережень на багатьох метеорологічних станціях земної кулі. Відомості про погоду – *метеорологічну інформацію* – передають у зашифрованому вигляді, тобто *синоптичним кодом*. Цифри і значки використовують для складання синоптичних карт і прогнозів погоди. Синоптична карта містить інформацію про стан погоди в певний час, а серія таких карт показує зміни стану атмосфери, рух і еволюцію атмосферних процесів, трансформацію й взаємодію повітряних мас.

*Класифікація погод за метеоелементами [7; 13]*

#### **Класи безморозних погод:**

I. Посушлива, суховійна ( $t > + 22^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість повітря нижче 40 %), без опадів;

II. Сонячна, жарка, помірно посушлива ( $t > + 22^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість повітря 40–60 %), без опадів;

III. Малохмарна, тепла, помірно волога, без опадів;

IV. Хмарна вдень, тепла волога погода, без опадів або з опадами;

V. Хмарна вночі, сонячна вдень, тепла, волога без опадів або з опадами;

VI. Хмарна вдень і вночі, без істотних опадів, тепла або прохолодна;

VII. Похмура вдень і вночі, з опадами (дощова погода);

XVI. Волога тропічна з температурою вище за  $+ 22^{\circ}\text{C}$  і відносною вологістю понад 80 %.

**Класи перехідних погод** (*упродовж доби температура повітря переходить через  $0^{\circ}\text{C}$* ):

VIII. Хмарна вдень, із вітром або без вітру, з опадами або без опадів;

IX. Ясна вдень, без опадів.

#### **Класи морозних погод:**

X. Слабоморозна з температурами від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $- 5,4^{\circ}\text{C}$ ;

XI. Помірно морозна з температурами від  $- 5,5^{\circ}\text{C}$  до  $- 12,4^{\circ}\text{C}$ ;

XII. Значно морозна з температурами від  $- 12,5^{\circ}\text{C}$  до  $- 22,4^{\circ}\text{C}$ ;

XIII. Сильно морозна з температурами від  $- 22,5^{\circ}\text{C}$  до  $- 32,4^{\circ}\text{C}$ ;

XIV. Жорстоко морозна з температурами від  $- 32,5^{\circ}\text{C}$  до  $- 42,4^{\circ}\text{C}$ ;

XV. Украй морозна з температурами нижче  $- 42,5^{\circ}\text{C}$ .

Залежно від циркуляційних процесів ще виділяють генетичні типи погод.

#### **Генетична класифікація погоди**

1 – *внутрішньомасова* – залежить від конвекції, інверсії температури та характеру підстильної поверхні, наприклад, 16-й клас;



2 – фронтальна – пов’язана з підняттям повітря на атмосферних фронтах, утворенням хмар, опадів, вітрів, наприклад, 6–7-й класи;

3 – циклонічна й антициклонічна погоди, наприклад, 1–3-й, 9-й, а також 13–15-й класи.

### Порядок складання і читання фактичної погоди з приземних карт (метеорологічних телеграм)

Складання і читання метеорологічних телеграм, нанесення даних спостережень на синоптичну карту здійснюється за допомогою **синоптичного коду** (КН-01), який був введений в практику 1 січня 1982 р.

Складання метеотелеграм проводиться так [7; 11].

#### 0 Група УУGG

**УУ** – число місяця;

**GG** – строк спостереження в годинах. Місяць і рік не вказують.

*Наприклад*, 19 січня о 03 годині та 9 числа о 21 год провели спостереження за погодою. Їх записують так: **1903; 0921**.

#### 1 група ІІіі

**ІІ** – номер міжнародного регіону, в якому знаходиться метеорологічна станція; **ііі** – міжнародний індексний номер метеорологічної станції.

*Наприклад*, метеорологічна станція Вінниця № 562 розміщена в міжнародному регіоні Європа 33. Цю групу записують так: **33562**.

#### 2 група Nddf<sub>m</sub>f<sub>m</sub>

**N** – загальна хмарність у балах (від 0 до 10 балів кодується цифрами від 0 до 8, а 9 ставлять, коли кількість хмар невідома X (див. мет. рек. «Польова практика з метеорології та кліматології», Додаток П);

**dd** – напрям вітру (звідки дме, в десятках градусів).

*Наприклад*, північно-східний напрям вітру кодується як 04; південно-західний – 22, західний – 27 і т.д.

**f<sub>m</sub>f<sub>m</sub>** – швидкість вітру в цілих метрах за секунду.

*Наприклад*, швидкість вітру 6 м/с кодується як 06, а швидкість 13 м/с – 13.

#### 3 група VVwwW

**VV** – горизонтальна видимість у кілометрах; кодується цифрами від 90 до 99.

*Наприклад*, 2 км – 95; при інструментальних спостереженнях до видимості (в кілометрах) додають 50.

**ww** – погода в строк спостереження або упродовж останнього часу перед спостереженням. Зашифровується цифрами коду від 00 до 99.

*Наприклад*, якщо стан неба загалом не змінився, то кодуємо як 02. Блискавиця кодується 13, дощ – 21, гроза – 29, тощо (див. мет. рек. «Польова практика з метеорології та кліматології», Додаток Т).

**W** – погода між строками, тобто упродовж останніх 6 годин. Кодується від 0 до 9. (див. мет. рек. «Польова практика з метеорології та кліматології», Додаток П).

*Наприклад*, дощ – 6, сніг – 7, гроза – 9.

#### 4 група PPRTT

**PPP** – атмосферний тиск (в гПа) з десятими частками на рівні станції. Записують три останні цифри.

*Наприклад*, атмосферний тиск повітря на станції становить 1005,3 гПа – **053**; 993,4 гПа – **934**.

**TT** – температури повітря в цілих градусах; до від’ємної температури додають 50.

*Наприклад*, на метеостанції Вінниця 5 травня температура повітря була 19,3°C – 19; 19 січня – (– 18,2°C) – 68.

#### 5 група N<sub>h</sub>C<sub>L</sub>C<sub>M</sub>C<sub>H</sub>

**N<sub>h</sub>** – кількість хмар нижнього ярусу; кодується цифрами коду від 0 до 8, як і загальна хмарність;

$C_L$  – форма хмар нижнього ярусу; кодується цифрами коду від 0 до 9.

Наприклад, шаруваті хмари – 6.

$h$  – висота хмар нижнього ярусу в метрах від 0 до 9.

Наприклад, висота 2000-2500 м – 8.

$C_M, C_H$  – форма хмар середнього і верхнього ярусів; кодується цифрами коду від 0 до

9.

Наприклад, тонкі висококупчасті – 3; перисті ниткоподібні – 1.

### 6 група $T_d T_d \text{arr}$

$T_d T_d$  – точка роси в цілих градусах; кодується як температура повітря (ТТ).

**arr** – барична тенденція – зміна тиску за останні 3 години:

**a** – характеристика тенденції – цифри коду від 0 до 3 для підвищення тиску; від 5 до 8 – для зниження.

Наприклад, нерівномірне падіння – 7.

pp – величина баричної тенденції; кодується в гПа з десятими частками.

Наприклад, тиск в строк спостереження на 0,6 гПа був нижчий, ніж 3 години тому назад – 06. Тиск в строк спостереження був на 5,6 гПа вище, ніж 3 години назад – 56.

### 7 група $RRT_e T_e$

Ця група подається в строки, коли проводять спостереження за кількістю опадів і екстремальною температурою повітря (максимальною чи мінімальною).

7 – визначальна цифра групи.

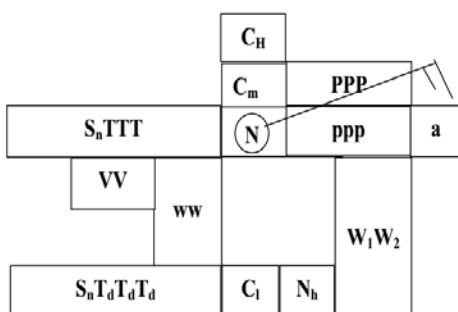
RR – кількість опадів у мм. При опадах менш як 0,6 мм – цифри коду від 91 до 97. (див. Синоптичний код). Кількість опадів від 1 до 55 мм записують в цілих міліметрах цифрами коду від 01 до 55; від 56 до 400 мм – в десятках міліметрів цифрами від 56 до 90 (60, 70, 80, 90 мм і т. д.), причому відкидаємо 0, а до цифри, що залишилась додаємо 50. При кількості опадів понад 400 мм ставлять 98; а якщо їх кількість невідома – 99.

Наприклад, опадів 0,3 мм – 93; 8 мм – 08; 60 мм = 6 десятків +50 = 56; 70 мм – як 57; 100 мм – як 60; 110 мм – як 61; 400 мм – як 90; 421 мм – 98.

$T_e T_e$  – максимальна або мінімальна температура повітря; кодується у цілих градусах як температура повітря в строк (ТТ).

Читання телеграми проводиться в такому ж самому порядку, записуючи усі елементи. Для нанесення даних на синоптичну карту використовують схему (рис 13.1). За індексом (1 група) знаходять на карті відповідну станцію. Розшифровують телеграму, послідовно наносять біля пунсона станції символ або числову характеристику метеорологічного елемента.

N – загальну хмарність позначають різними знаками на пунсоні станції; dd – напрям вітру показують стрілкою, звідки він дме, а  $f_m f_m$  – швидкість вітру – відповідною кількістю штрихів на стрілці напрямку. Ці штрихи потрібно наносити зліва від напрямку швидкості. Атмосферний тиск записують з телеграми на карту. А для його читання потрібно до тризначного числа з телеграми приписати попереду «10», якщо перша цифра менша за 5, і «9» – якщо більша за 5. Останню цифру відокремлюють комою.



$T_e T_e$	$C_H$	
ТТ	$C_M$	PPP
ww	(N)	$\pm \text{arr}$
VV	$C_L N_h$	W
$T_d T_d$	h	RR

Наприклад, «123» читається як 1012,3 гПа; 983 – як 998,3 гПа.

Рис. 13.1. Схема нанесення метеорологічних даних біля пунсона станції на карту погоди

## Завдання

1. За Вашими спостереженнями упродовж тижня визначте клас погоди відповідно до різних класифікацій погоди та тип погоди, використовуючи місцеві ознаки погоди та прогноз погоди із сайтів Інтернету. Скористайтесь для цього мет. рек. «Польова практика з метеорології і кліматології», [10, с. 60-68].

2. Ознайомтесь з умовними значеннями символів синоптичного коду та схемою нанесення метеорологічних даних біля пунсона станції на синоптичній карті (див. Синоптичний код, рис.13.1). Користуючись синоптичним кодом та вище викладеною інформацією у теоретичних відомостях, прочитайте фактичний стан погоди з навчальної приземної синоптичної карти згідно з варіантом, запропонованим викладачем. Письмово його опишіть.

3. Складіть метеорологічну телеграму про фактичний стан погоди в один із строків (на вибір) якогось числа місяця за власними спостереженнями або скористайтесь таблицями з Гідрометцентру метеостанції Луцьк (оберіть той строк спостереження, де фіксувались опади; якщо для складання телеграми не вистачає потрібної інформації з таблиці, то правдоподібно придумайте її самі). Письмово (словесно, див. завд. 4) опишіть стан погоди і цифрами його зашифруйте як телеграму. Умовними символами синоптичного коду зробіть схему нанесення, складеної Вами телеграми, на синоптичну карту (див. рис. 13.1). Обміняйтеся складеними метеорологічними телеграмами один з одним для їх розшифрування.

4. Користуючись синоптичним кодом і теоретичними відомостями, складіть телеграму метеостанції про погоду за даними згідно з варіантом, запропонованим викладачем.

1. Метеостанція Полтава о 15 год 7 липня, коли: загальна хмарність – 10 балів; вітер – південно-східний – 9 м/с; горизонтальна видимість – 10 км; погода в строк – зливовий дощ, помірний, а між строками – гроза; атмосферний тиск – 997,5 гПа; температура повітря – 19,3° С. Хмарність нижнього ярусу – невідома; форма хмар нижнього ярусу – купчасто-дошові, висота їх основи – 300–600 м; хмари середнього ярусу – висококупчасті, а хмари верхнього ярусу відсутні. Точка роси – 17,8° С. Характеристика баричної тенденції – 1,0 гПа, падіння, потім слабше падіння тиску. Випало 43 мм опадів. Максимальна температура + 23° С.

2. Метеостанція Луцьк (33187) о 12 год 15-го числа, коли: загальна хмарність – 6 балів; вітер – східний – 4 м/с; горизонтальна видимість – 2 км; погода в строк – безперервний дощ слабкої інтенсивності, а між строками – мряка; атмосферний тиск – 1002,5 гПа; температура повітря – 7,3° С. Хмарність нижнього ярусу – 8 балів. Форма хмар нижнього ярусу – шаруваті. Висота нижньої межі хмарності – 600–1000 м; хмари середнього ярусу – шарувато-дошові, а хмари верхнього ярусу – перисто-шаруваті під кутом < 45°. Точка роси – (-2,7°С). Характеристика баричної тенденції – 0,5 гПа, падіння, потім зростання. Випало 06 мм опадів. Мінімальна температура +1,5° С.

3. Метеостанція Ковель о 09 год 23-го числа, коли: загальна хмарність – 3 бали, вітер західно-північно-західний, 1 м/с; горизонтальна видимість – 20 км; погода в строк – хмари розвивались, а між строками – хмарність змінюється; атмосферний тиск – 1012,8 гПа; температура повітря 16,3°С. Хмарність нижнього ярусу – 1 бал. Хмари нижнього ярусу відсутні. Висота їх основи – > 2500 м. Хмари середнього ярусу – висококупчасті тонкі. Хмари верхнього ярусу – перисті кігтеподібні. Точка роси – 12° С. Характеристика баричної тенденції – 1,5 гПа, зростання, потім слабше зростання. Мінімальна температура повітря + 13,1° С.

5. Прочитайте телеграми метеостанцій про фактичний стан погоди з синоптичних карт згідно з варіантом, запропонованим викладачем:

а) 2521 29340 83412 96616 15408 67320 05210 70513;

б) 0609 Житомир 71215 94387 33464 66331 67401 71370;

в) 1715 Львів 62804 97105 16316 55400 13107;

г) 0912 30141 82008 98959 06510 69403 08304;

д) 1506 Тернопіль 63205 92545 13118 34605 16508 70705;

е) 3109 Харків 82210 93727 10357 7542X 55720 70863.

**Контрольні запитання:**

1. Що таке погода? Які бувають прогнози погоди?
2. Які методи використовують для складання прогнозу погоди?
3. Що таке синоптична карта?
4. У якому вигляді передається метеорологічна інформація між станціями земної кулі?
5. Яку інформацію містить синоптична карта?
6. З яких груп складається синоптичний код?
7. Назвіть класи погод за метеоелементами.
8. Назвіть класи безморозних погод.
9. Назвіть класи перехідних погод.
10. Назвіть класи морозних погод.
11. Як класифікують погоду за генезисом?
12. Прочитайте складену Вами телеграму.

**Лабораторна робота № 14**

**Тема: КЛАСИФІКАЦІЯ КЛІМАТІВ ЗЕМЛІ**

*Мета:* ознайомитись із різними класифікаціями кліматів Землі за певними ознаками або умовами їх виникнення; навчитись розрізняти різноманітні кліматичні умови та визначити за метеорологічними величинами тип клімату в будь-якій точці земної кулі та співставляти його відповідно до різних класифікацій.

*Обладнання:* атлас вчителя, контурна карта, кольорові олівці, додаткові джерела інформації про класифікацію кліматів.

*Теоретичні відомості*

**Класифікація кліматів** – система різних типів клімату за різними ознаками, умовами виникнення або зв'язками з іншими географічними явищами, яка утворюється для більш чіткого уявлення про *кліматичні зони (області)* тих чи інших районів Землі, що мають однотипні кліматичні умови. Її мета – встановити характерні риси кліматів, які властиві певним районам земної кулі, встановити межі їхнього поширення і тим самим визначити райони з різними, а також із подібними кліматичними умовами.

**Кліматична зона** – це найбільша одиниця кліматичного районування, що має широтну протяжність та виділена за визначеними об'єктивними кліматологічними показниками. **Кліматична область** – це частина кліматичної зони, що характеризується визначеним типом клімату. **Тип клімату** – це клімат з характерними властивостями, що відповідає визначеній кліматичній зоні. У зв'язку з цим існує таке поняття як кліматична межа. Це досить чітко виражена межа між регіонами з різним кліматом [4].

Серед багатьох класифікацій найбільш відома класифікація **В. П. Кеппена**, в основу якої покладено особливості *режиму температури й зволоження*, **Л. С. Берга** – *ландшафтна* (її проведено на основі найхарактерніших ознак ландшафтів) та **Б. П. Алісова** – *генетична* (вона ґрунтується на умовах циркуляції атмосфери, типах повітряних мас та їх переміщенні).

**Класифікація В. П. КЕППЕНА**

Класифікація Кеппена, створена німецьким кліматологом у 1900 р. та удосконалена у 1918 і 1936 рр. Вона ґрунтується на особливостях розподілу ізотерм найтеплішого і найхолоднішого місяців, середньорічної температури повітря й річної кількості опадів із врахуванням їх сезонного ходу.

Залежно від температури повітря найтеплішого і найхолоднішого місяців Кеппен виділяє 5 широтних кліматичних зон, а саме: **A** – волога тропічна зона без зими (**тропічний клімат**); **B** – суха зона (**сухий клімат**); **C** – помірно тепла зона без регулярного снігового покриву (**субтропічний клімат**); **D** – зона бореального (**помірного**) клімату на материках з

різко вираженими відмінностями зимою і літом; *E* – полярна зона снігового клімату(**холодний клімат**).

Залежно від режиму опадів (їхньої кількості та річного ходу) в кліматичних зонах **A**, **C** і **D** виділяє типи клімату: суха зима – тип *w*, сухе літо – тип *s*, рівномірне зволоження упродовж року – тип *f*.

Для визначення меж, зокрема в зоні **B**, Кеппен пропонує критерій **сухості**, який визначається співвідношенням середньої річної температури повітря ( $t_{p,}^{\circ}\text{C}$ ) і річної суми опадів ( $r$ , мм) із врахуванням сезонного розподілу опадів упродовж року: 1) при переважанні зимових опадів –  $r \leq 2t_{p,}^{\circ}\text{C}$ ; 2) при переважанні літніх опадів –  $r \leq 2(t_{p,}^{\circ}\text{C} + 14)$ ; 3) при рівномірному зволоженні –  $r \leq 2(t_{p,}^{\circ}\text{C} + 7)$ .

Отже, В. П. Кеппеном виділено 11 основних типів кліматів Земної кулі, пов'язаних з рослинністю.

**A** – **тропічний і екваторіальний клімат**. Середня температура усіх місяців вище  $+18^{\circ}\text{C}$ , тобто тут немає зими. Річна кількість опадів не менше 750 мм. Ця зона розташована поблизу географічного екватора. Залежно від розподілу опадів упродовж року виділяють два типи клімату: *A<sub>f</sub>* – **клімат тропічних лісів** з рівномірним зволоженням упродовж року; *A<sub>w</sub>* – **клімат саван**, з сухою зимою та дощовим літом або клімат **тропічних мусонів**, наприклад, клімат Індії.

**B** – **сухий клімат, субекваторіальний, тропічний** (в обох півкулях). Середня температура найтеплішого місяця вище  $+10^{\circ}\text{C}$ . Межі цієї зони визначаються співвідношенням середньої річної температури та річної кількості опадів. У зв'язку з цим у цій зоні виділяють типи: *BS* – **клімат степів** ( $r = 250\text{--}500$  мм) і *BW* – **клімат пустинь** ( $r < 250$  мм). У пустинях межа сухості в 2 рази менша, ніж у степах, і співвідношення річної кількості опадів і температури повітря відповідно змінюється: 1)  $r \leq t_{p,}^{\circ}\text{C}$ ; 2)  $r \leq t_{p,}^{\circ}\text{C} + 14$ ; 3)  $r \leq t_{p,}^{\circ}\text{C} + 7$ . Суха зона охоплює земне коло неповним кільцем і займає великі райони Сахари, Австралії, має місце в південно-західних районах Американського континенту, в Середній Азії. Також в кліматі *BW* виділяється клімат морської пустині *BM*, що характеризується незначною кількістю опадів, але високою вологістю повітря.

**C** – **помірний, субтропічний, континентальний клімат** (в обох півкулях). Середня температура повітря найхолоднішого місяця становить від  $-3^{\circ}\text{C}$  (північна межа) до  $+18^{\circ}\text{C}$  (південна межа). Річна кількість опадів  $r$  при цьому повинна бути  $r \geq 2t_{p,}^{\circ}\text{C}$ . У цій зоні виділяють три типи: *C<sub>w</sub>* – **клімат помірно-теплій з сухою зимою**, якщо влітку кількість опадів у 10 разів більша, ніж взимку (**мусонні області**, наприклад, Південний Китай); *C<sub>s</sub>* – **клімат помірно-теплій з сухим літом**, якщо взимку опадів випадає в 3 рази більше, ніж улітку (**середземноморський**); *C<sub>f</sub>* – **клімат помірно-теплій, вологий** з рівномірним зволоженням упродовж року (Франція, Англія тощо).

**D** – **континентальний, бореальний, субарктичний клімат** (в обох півкулях). Для цієї зони характерні різко виражені сніжна зима і коротке достатньо жарке літо, велика річна амплітуда температури повітря. Її межами є: на півдні положення ізотерми  $-3^{\circ}\text{C}$  найхолоднішого місяця, на півночі – положення ізотерми  $+10^{\circ}\text{C}$  найтеплішого місяця, кількість опадів більша за межу сухості, наведеної вище; утворюється стійкий сніговий покрив. Ця зона поширена в Євразії від  $40\text{--}50^{\circ}$  півн. ш. до тундри, а в Північній Америці від широти  $40^{\circ}$  півн. ш. до арктичної зони. Залежно від річного ходу опадів тут виділяють два типи кліматів: *D<sub>w</sub>* – **клімат помірно холодний з сухою зимою** (східний Сибір, мусонні області помірних широт); *D<sub>f</sub>* – **клімат помірно холодний з рівномірним зволоженням** упродовж року [4; 13].

**E** – **полярний, субарктичний, арктичний клімат** (в обох півкулях). Межа цієї зони – положення ізотерми  $+10^{\circ}\text{C}$  найтеплішого місяця, яка разом з тим є і межею поширення лісу. Цю зону поділяють на два типи кліматів: *ET* – **клімат тундри** (середня температура найтеплішого місяця від 0 до  $+10^{\circ}\text{C}$ ); *EF* – **клімат вічного морозу** (середня температура найтеплішого місяця нижче  $0^{\circ}\text{C}$ ).

Клімати **A, C, D** і **E** складають «деревні клімати», тому що в них достатньо тепла і опадів для проростання звичайних порід дерев.

Літерне позначення кліматів В. П. Кеппен вважав головним і не надавав великого значення його назвам. Так, для подальшої деталізації кліматичних зон **C** і **D** додатково були введені індекси (a, b, c, d). Літери в кліматичній формулі ставлять у порядку важливості для позначення ними рис клімату. Формула може складатись з трьох букв, *наприклад: Cfa, Cfb, Cfc*:

літера *a* означає, що температура найтеплішого місяця вище + 22°C;

літера *b* показує температуру найтеплішого місяця нижче + 22°C, але не менше ніж в чотирьох місяцях температура повітря вище + 10°C;

літера *c* показує температуру повітря вище + 10°C лише від 1 до 3 місяців;

літерою *d* користуються, коли потрібно показати, що температура найхолоднішого місяця нижче -38°C, *наприклад, Dwd*. Остання градація випадає із загальної системи, натомість вона виділяє область найбільш холодної зими на північному сході Азії.

### **Класифікація Л. С. БЕРГА**

Він запропонував класифікацію кліматів, яка впливає із розробленої ним класифікації *ландшафтно-географічних зон суші*. Оскільки клімат є одним із визначальних компонентів географічного ландшафту, то кліматичні зони, за Бергом, загалом збігаються з ландшафтно-географічними зонами, хоча є й деякі розбіжності. Для визначення меж кліматичних зон Берг використав деякі *кількісні критерії*, запозичені у В. П. Кеппена, А. А. Каменського, а також характерні ознаки ландшафту, включаючи рослинність і ґрунти. Всі типи кліматів Л. С. Берг поділив на два великих класи:

**А. Клімат низовин:** а) клімат океанів; б) клімат суші.

**Б. Клімат височин:** а) клімат нагір'я і плато; б) клімат гірських систем і окремих гір.

Найбільш розроблені Л. С. Бергом клімат *низовин і високих плато*.

**Клімат низовин** включає 12 типів:

**1) клімат вічного морозу** притаманний Арктиці (на льодяних плато Гренландії, крім її вузької прибережної смуги, і на островах Землі Франца-Йосифа, Північної Землі, частини Нової Землі) і Антарктиці. Клімат цих місць дуже суворий. Найбільш теплою є атлантико-європейська частина Арктики. Середня температура січня на Шпіцбергені - 13,5 °С, середня температура липня від 2 до 10°C. Клімат азійського сектора Арктики відрізняється значною континентальністю. Середня температура січня тут - 30 °С, а липня - 2-8 °С.

**2) клімат тундри.** Температура найтеплішого місяця не вище 10-12°C, але не нижче 0°C. Відносна вологість в 13 год більше 70%. Виділяють два підтипи:

а) тундра північної півкулі з великою річною амплітудою температури (*материкового типу*);

б) тундра Південної півкулі з незначною амплітудою температури (*океанічного типу*);

**3) клімат тайги або Сибірський.** Температура липня вище 10°C, але не більше 20°C, річна амплітуда не менше - 10°C, опадів - 300-600 мм у рік. Відносна вологість в 13 год найтеплішого місяця - 50-70%. Виділяють підтипи:

а) західний із хмарною й сніжною зимою;

б) східносибірський із ясною, сухою, дуже холодною зимою;

**4) клімат лісів помірної зони, або клімат дуба.** Температура чотирьох місяців теплового сезону року від 10 до 22°C. Переважають літні опади й листяні ліси з опадаючим листям, де переважають дуби, а також інші породи - від вічнозелених до бука, дуба; у морських підтипах цього клімату до березового лісостепу;

**5) мусонний клімат помірних широт.** Це різновидність клімату дуба із ясною холодною сухою зимою, дощовим літом і сезонною зміною переважаючих вітрів;

**б) клімат степів.** Літо тепле і жарке, максимум опадів припадає на літо. Виділяють два типи:

а) клімат степів з прохолодними зимами (степи помірною поясу), середня температура кожного із літніх місяців від 20 до 23,5°C; у липні й серпні відносна вологість в 13 год 35–45%, опадів 200–450 мм в рік, суховії;

б) клімат степів з теплими зимами (степи субтропічні і тропічні);

**7) клімат середземноморський** характерний для субтропіків. Літо жарке, сухе, температура літніх місяців 23–28°C, зима тепла, волога; температура найхолоднішого місяця вище 0°C; опади випадають восени, взимку та весною. Різновидності:

а) клімат етезій; б) клімат субтропічних степів; в) середземноморський клімат з прохолодним літом (штати Каліфорнія, Орегон і Вашингтон);

**8) клімат субтропічних лісів.** Температура найхолоднішого місяця вища 2°C. Літо жарке, велика кількість опадів, річна сума опадів більше 1000 мм, із добре вираженим літнім максимумом;

**9) клімат внутріматерикових пустинь** (помірною поясу). Опадів мало у всі сезони (300 мм і менше), особливо мало їх припадає на літо. Тому воно сухе, жарке, безхмарне, бездощове. Температура найтеплішого місяця 25–32°C. Зима прохолодна, температура найхолоднішого місяця – нижче 2°C, випадає, хоча й на короткий час, сніг. Особливу різновидність представляє *пустинний клімат Патагонії* із порівняно прохолодним літом;

**10) клімат субтропічних пустинь** (області пасатів). Опадів дуже мало. Літо жарке, бездощове. Зима також жарка або тепла (температура найхолоднішого місяця – не нижче 10°C), максимум опадів випадає зимою, але їх кількість недостатня, щоб утворити рослинність. Добова амплітуда температури повітря дуже велика. Особливу різновидність клімату субтропічних пустинь становить клімат *пустинного узбережжя Перу, півночі Чилі й західного узбережжя Південної Америки* на північ до 18° пд. ш. Ці пустині розміщуються поблизу холодного океану (наявність холодних течій) і відрізняються частими туманами (особливо зимою), які виносяться на сушу потужним морським бризом [4; 13].

**11) клімат саван, або тропічного лісостепу.** Температура найхолоднішого місяця вища 18°C. Дощів багато, але не більше 2000–2500 мм у рік; є чітко виражений сухий період, який припадає на зиму й весну відповідно до півкуль. Місцями розвинуті мусони, а в період зміни мусонів можуть виникати тропічні циклони;

**12) клімат вологих тропічних лісів.** Дощів багато, не менше 1500 мм у рік, сухого сезону немає; температура найхолоднішого місяця не нижче 18°C. Річна амплітуда мала, від 1 до 6°C. Погода постійна з дня на день. У річному ході спостерігаються два максимуми дощів, які припадають на періоди рівнодень.

**Клімат високих плато.** До високих плато віднесені плоскі височини не менше 1000 м абсолютної висоти. Для нього характерні великі добові амплітуди температури, що пов'язано з їхнім висотним положенням відносно рівня моря. Л. С. Берг включає 6 типів:

**1) тип полярних льодяних плато** (Гренландія, Антарктида, північний острів Нової Землі), тобто клімат вічного морозу (немає місяця з  $t$  вище 0°C);

**2) тип високих степів і напівпустинь** помірною клімату (північно-західна Монголія, Вірменське нагір'я);

**3) тип пустинь помірних широт** (Китайський Туркестан);

**4) тип тибетський** (Тибет, Памір). Літо прохолодне, велика річна й добова амплітуди.

**5) тип субтропічних степів, або іранський,** із жарким літом і помірною зимою. Опадів мало – 130–250 мм, літо бездощове, максимум опадів зимою або весною.

**б) тип тропічних плато, або високих саван,** річна амплітуда мала, максимум дощів у другій половині літа; зимою та частково весною сухий період (високі плато Чилі, Перу, Болівії, Еквадору, Мексики, Ефіопії).

**Класифікація Б. П. АЛІСОВА**

Він запропонував виділяти кліматичні зони і області, виходячи із умов загальної циркуляції. Межі зон визначаються за середнім положенням кліматологічних фронтів. Так, тропічна зона знаходиться між літнім положенням внутрітропічної зони конвергенції та зимовим положенням полярних фронтів. Через це вона весь рік зайнята переважно тропічним повітрям. Субтропічна зона розміщена між зимовим і літнім положенням полярних фронтів. Через це вона зимою зазнає впливу полярного повітря, а влітку – тропічного.

У кожній із широтних зон розрізняються чотири основні типи клімату: *материковий, океанічний, клімат західних берегів і клімат східних берегів*. Відмінності між материковим і океанічним кліматом обумовлені в основному відмінностями у властивостях підстильної поверхні; у першому випадку ці властивості створюють континентальні повітряні маси, у другому – морські. Відмінності між кліматом західних і східних берегів континентів пов'язані переважно з відмінностями в умовах загальної циркуляції атмосфери й частково з розподілом океанічних течій [13].

Межі кліматичних поясів на карті проведені відповідно до кліматичного положення атмосферних фронтів. У внутрітропічних широтах виділяються три кліматичні пояси: *екваторіальний, субекваторіальний (зона тропічних мусонів) і тропічний*.

У класифікації Б. П. Алісова виділено такі клімати:

1. **Екваторіальний.**

2. **Субекваторіальний** (тропічних мусонів): *континентальний та океанічних мусонів, мусонів західних і східних берегів.*

3. **Тропічний:** *континентальний та океанічний, клімат східної й західної периферії океанічних антициклонів.*

4. **Субтропічний:** *континентальний, океанічний, субтропічний західних (середземноморський) і східних (мусонний) берегів.*

5. **Клімат помірних широт:** *континентальний, морський клімат західних частин материків, мусонний клімат східних частин материків та океанічний.*

6. **Субполярний клімат:** *субарктичний і субантарктичний.*

7. **Клімат Арктики.**

8. **Клімат Антарктиди.**

### Завдання

1. На основі розданої додаткової інформації, ознайомтесь і вивчіть класифікацію клімату Б. П. Алісова. Навчіться визначити за метеорологічними величинами (опадами, річним ходом температури повітря, відносною вологістю) тип клімату для різних пунктів Землі, використовуючи атлас вчителя.

2. На контурну карту світу нанесіть кліматичні пояси та області (за Б. П. Алісовим), використовуючи карту атласу [1, с. 50]. Кліматичні пояси зафарбуйте кольоровими олівцями.

3. Користуючись вище поданим інформаційним матеріалом й іншими літературними джерелами, заповніть за зразком таблицю 14.1.

Таблиця 14.1

**Класифікація кліматів Землі за різними авторами  
(Б. П. Алісовим, Л. С. Бергом, В. П. Кеппеном)**

<b>Б. П. Алісов</b>	<b>Л. С. Берг</b>	<b>В. П. Кеппен</b>
<b>Пояс</b>	<b>Клімат</b>	<b>Клімат</b>
Арктичний (антарктичний)	Тундри і вічного морозу	Тундри і вічного морозу

4. За кліматичною картою атласу [1, с. 50] порівняйте кліматичні характеристики материків та їх частин, які містяться в однакових кліматичних поясах згідно з варіантом, запропонованим викладачем.

**Варіанти:** 1) Євразія і Північна Америка; 2) західне і східне узбережжя Євразії; 3) Африка і Австралія; 4) Південна Америка і Австралія; 5) Південна Америка і Африка; 6) Південна Америка і Австралія; 7) західне і східне узбережжя Північної Америки; 8) Північна Америка і Південна Америка.



5. Виходячи з теоретичних знань й практичного використання атласу, зробіть висновки щодо правомірності тієї чи іншої класифікації кліматів. Яка, на Вашу думку, є класифікація більш переконливою? Поясніть, чому.

**Контрольні запитання:**

1. Дайте визначення клімату.
2. Які кліматичні елементи необхідно включати в кліматичну характеристику території?
3. Яку роль відіграє сонячна радіація у формуванні клімату на різних широтах?
4. Яка роль атмосферної циркуляції у формуванні клімату?
5. Які закономірності розподілу температури повітря й опадів на земній кулі?
6. Як впливає на клімат рельєф, розподіл суші і моря, сніговий покрив і рослинний покрив?
7. Що таке макро-, мезо- і мікроклімат?
8. У чому полягають відмінності в класифікації клімату Б. П. Алісова, Л. С. Берга, В. П. Кеппена?
9. Охарактеризуйте класифікацію Б. П. Алісова.
10. Охарактеризуйте класифікацію Л. С. Берга.
11. Охарактеризуйте класифікацію В. П. Кеппена.

**Лабораторна робота № 15**

**Тема: МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ КЛІМАТУ**

*Мета:* ознайомитись з методами дослідження клімату; навчитись будувати кліматичну діаграму та визначити за нею тип клімату; складати кліматичну характеристику; удосконалити навички та вміння аналізувати й обчислювати дані кліматичних показників.

*Обладнання:* кліматична карта, кліматичні діаграми, атлас вчителя.

*Теоретичні відомості*

**Клімат** – багаторічний режим погоди, зумовлений сонячною радіацією, характером підстильної поверхні й циркуляцією атмосфери. Ці чинники називають *кліматотвірними*. Клімат характеризують тими самим метеорологічними величинами, що й погоду, узятими за багаторічний період, – *кліматологічними* величинами.

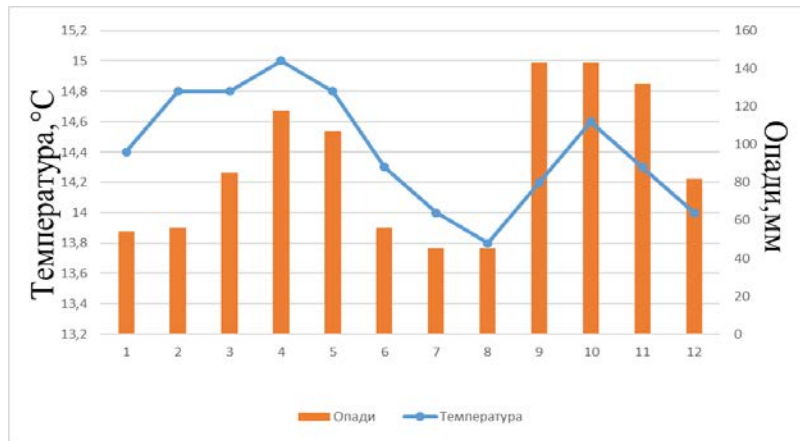
Кліматологічні дослідження ґрунтуються на масових багаторічних спостереженнях метеостанцій. **Методами** кліматологічних досліджень є *статистичний, комплексний, синоптично-динамічний* та ін. *Статистичний* метод ґрунтується на обчисленні середніх багаторічних показників клімату. Його розглянуто на прикладі температури повітря, атмосферного тиску, швидкості вітру. В основу *комплексного* методу покладено комплекси кліматичних величин, об'єднані в типи і класи погоди. *Синоптично-динамічний* метод вивчає клімат залежно від циркуляційних (синоптичних) процесів (повітряні маси та атмосферні фронти, циклони й антициклони).

Застосовуючи методи математичної статистики, обчислювальні та графічні засоби обробки метеорологічної інформації, дістають різноманітні кліматичні показники. Вони є в кліматичних довідниках, атласах тощо [7].

Важливий засіб вивчення клімату – кліматичні діаграми і карти, на яких добре видно закономірності розподілу кліматичних характеристик у просторі й часі та зв'язок між різними кліматичними величинами.

Для визначення типу клімату користуються комплексними графіками, на які наносять різні метеорологічні величини, наприклад: середню місячну температуру і відносну вологість повітря, місячну кількість атмосферних опадів, екстремальні температури тощо (рис.15.1).

Будують також кліматичні карти окремих кліматичних величин: температури повітря, атмосферного тиску, опадів, радіаційного балансу тощо, – та карти кліматичного районування, див. [1, с. 46-49].



**Рис. 15.1.** Кліматична діаграма річного ходу опадів і середньомісячної температури повітря для пункту № 2

### Завдання

1. За даними табл. 15.1 згідно з варіантом, запропонованим викладачем, в програмі «Excel» побудуйте кліматичну діаграму для одного із пунктів. На ній відобразіть графік річного ходу середньої місячної температури повітря (суцільною лінією) та атмосферних опадів (стовпчиковою діаграмою).

2. На основі аналізу даних табл. 15.1 та виконаного завдання 1 згідно зі своїм варіантом визначте тип клімату за різними класифікаціями. Попередньо обчисліть середні річні значення метеорологічних величин. Дайте письмове обґрунтування вашого висновку.

3. Використовуючи літературні джерела й картографічні джерела, виконане завдання 1 згідно свого варіанту, складіть кліматичну характеристику пункту за планом:

а) географічне положення; його віддаленість від океану, або наявність течій; висота над рівнем моря;

б) наявність гір;

в) величина радіаційного балансу;

г) температурний режим (середня температура січня та липня);

д) режим випаровуваності;

е) річна сума опадів;

є) сезонність випадіння опадів;

ж) визначення коефіцієнта зволоження;

з) панування повітряних мас за сезонами і основні циркуляційні процеси.

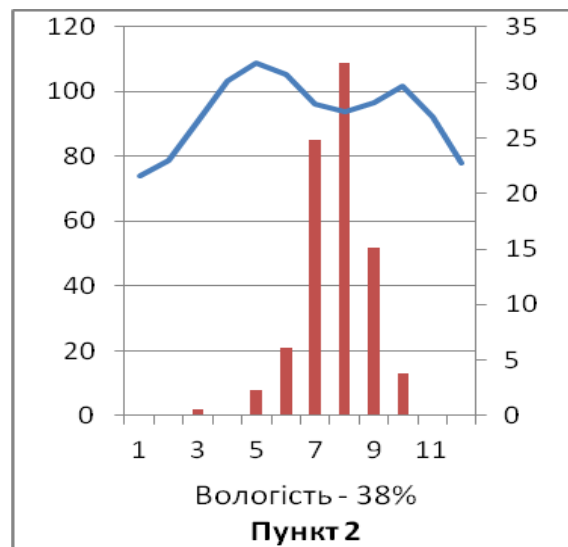
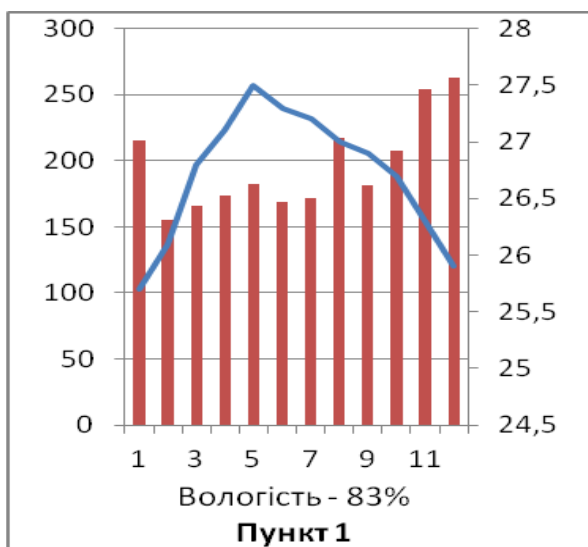
4. На кліматичних діаграмах (рис. 15.2) на основі аналізу річного ходу температури, опадів і відносної вологості повітря визначте, в якому кліматичному поясі знаходиться кожний пункт згідно з варіантом, запропонованим викладачем.

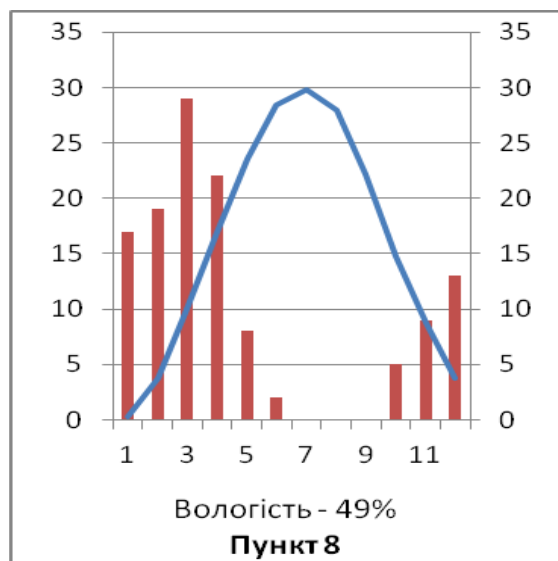
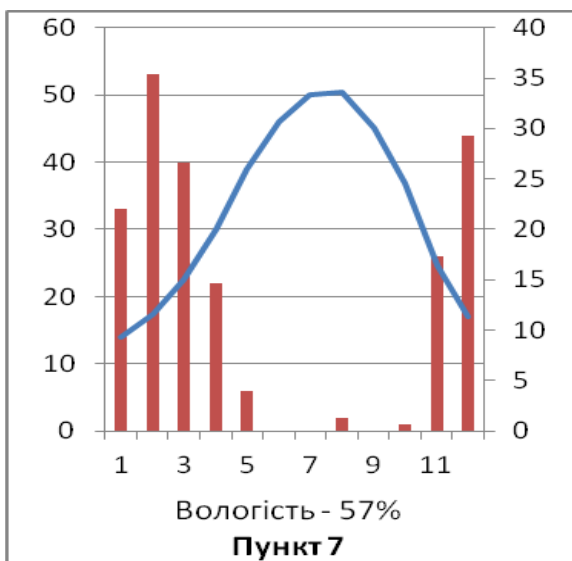
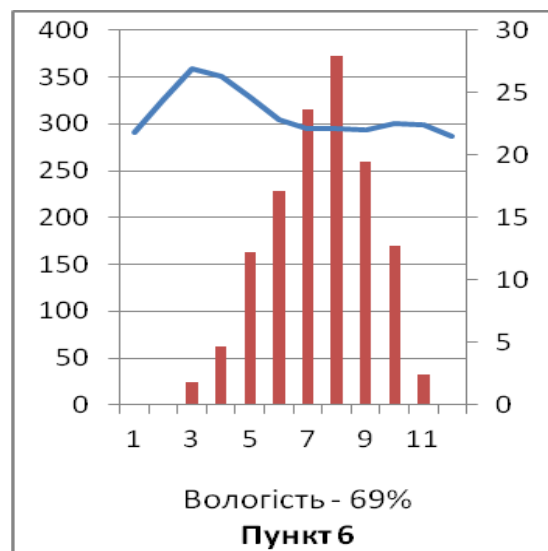
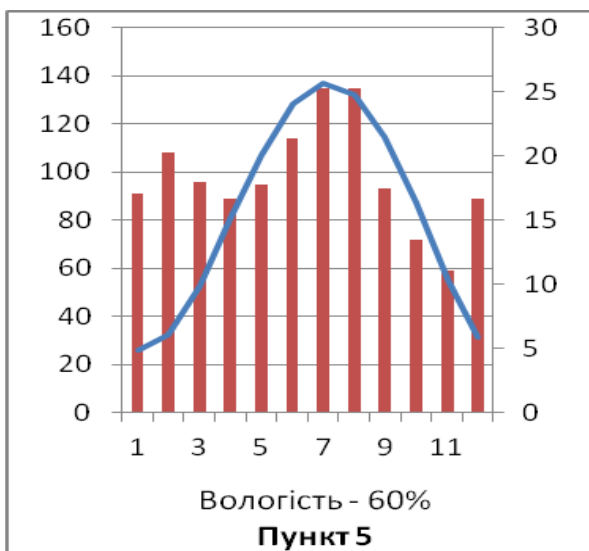
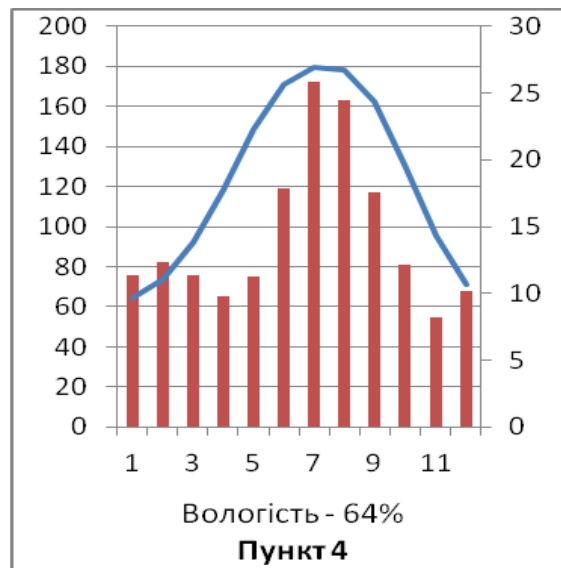
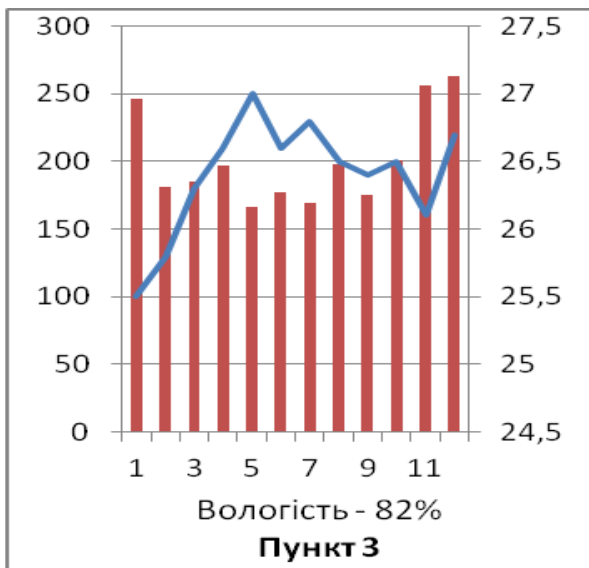
Таблиця 15.1

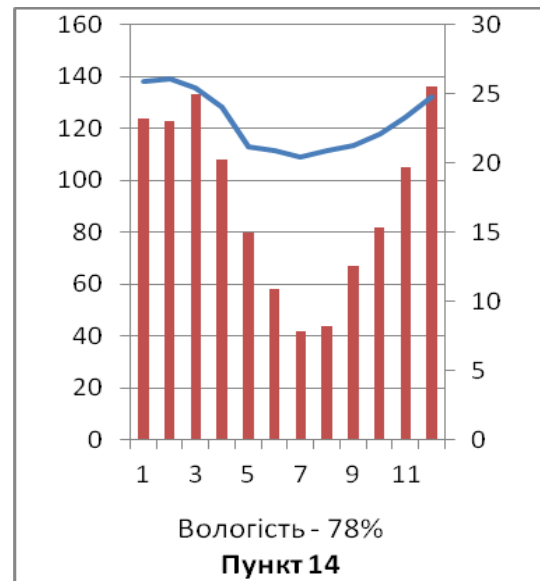
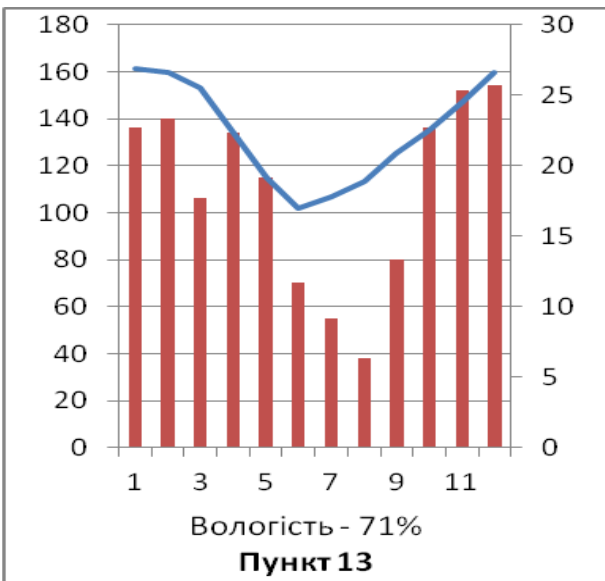
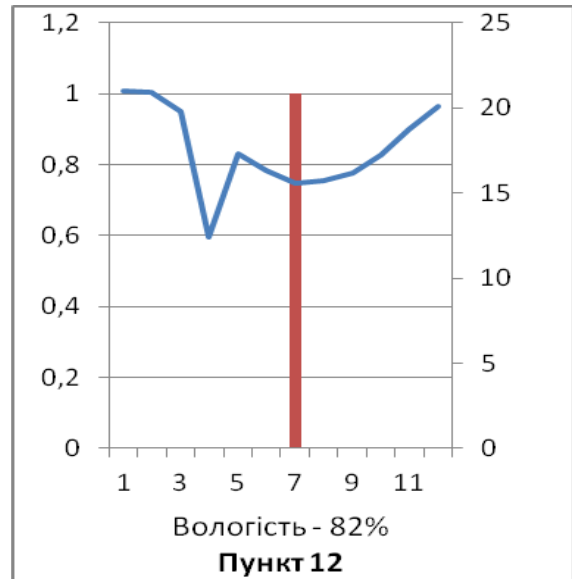
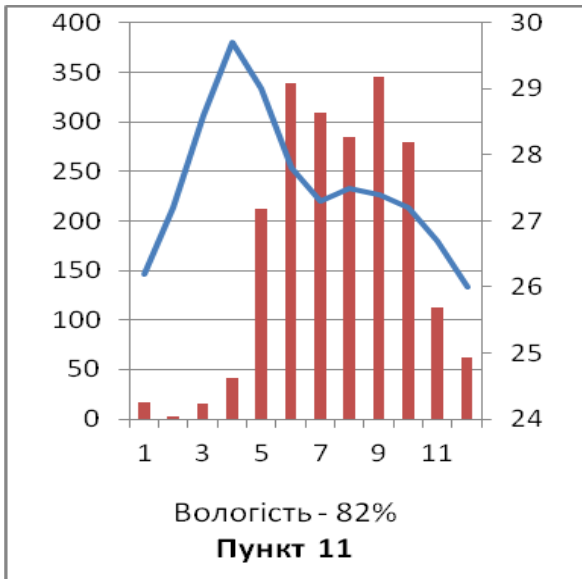
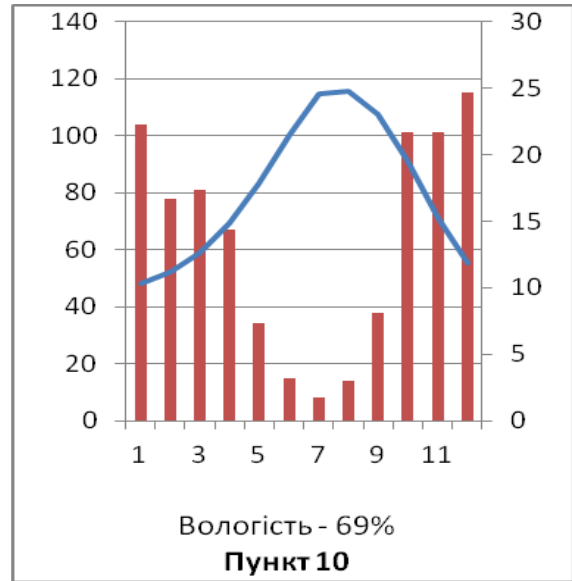
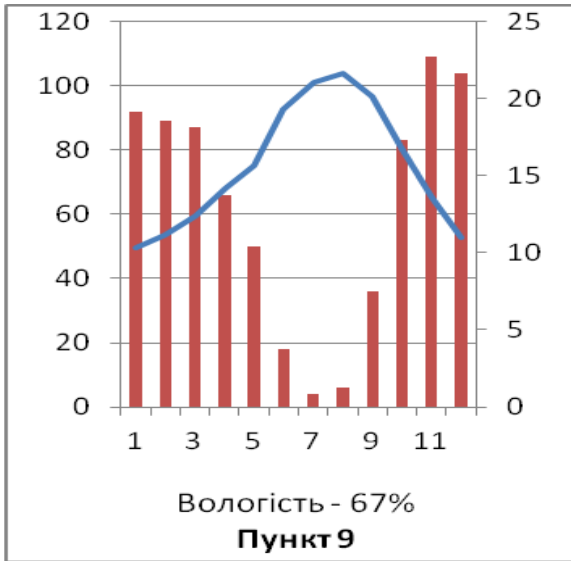
**Річний хід температури (t° C), опадів (R, мм)  
у різних кліматичних поясах [11]**

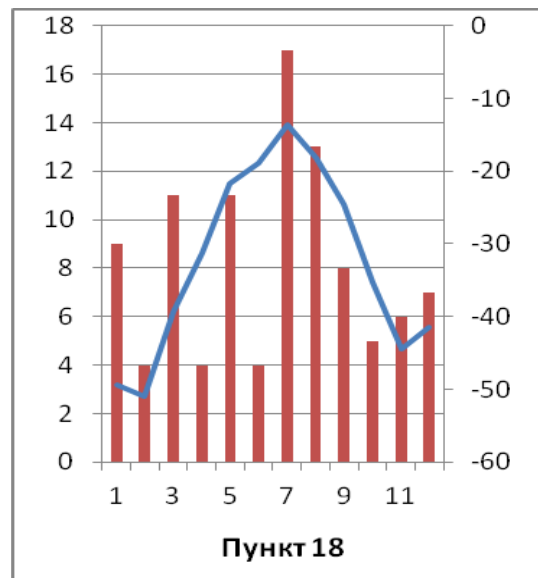
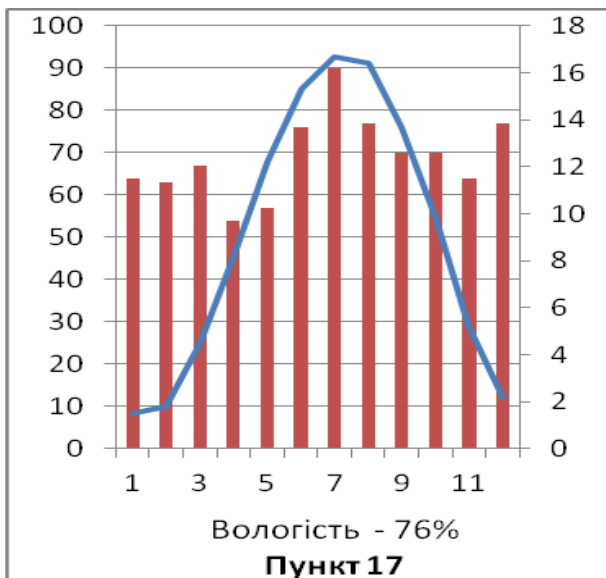
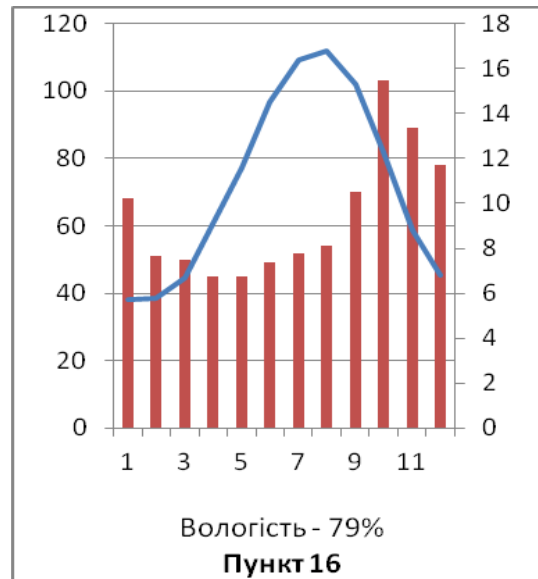
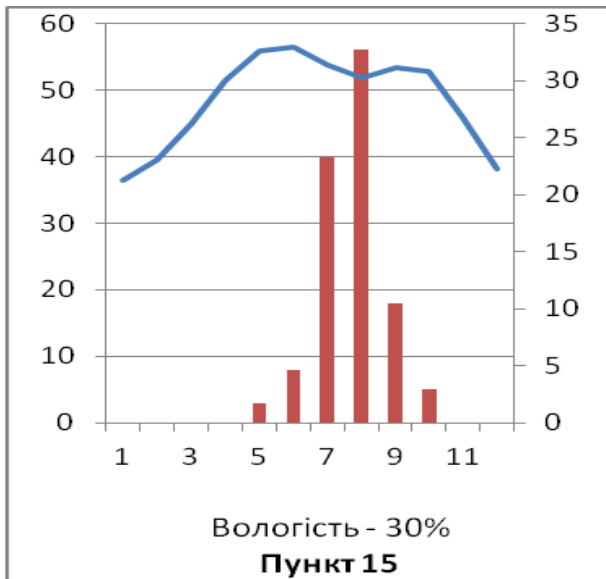
Пункт	Метеоевелічини	Місяць											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	t	-29,2	-25,0	-14,4	-0,7	6,9	15,8	18,3	15,8	7,0	-2,6	-17,4	-28,9
	R	1	1	2	7	13	40	78	57	29	6	4	2
2	t	-0,1	0,7	5,0	11,1	15,9	19,9	23,3	23,3	18,5	12,8	7,2	2,1
	R	35	34	35	33	49	28	13	9	16	22	29	45
3	t	14,2	16,2	21,2	24,9	29,6	33,3	33,6	33,6	30,7	25,9	20,5	15,5
	R	17	19	18	17	10	0	0	0	0	0	4	12

4	t	-38,3	-41,5	-31,1	-24,3	-8,8	0,4	2,8	1,3	-9,7	-22,5	-32,3	-34,4
	R	10	3	11	4	10	5	17	12	9	6	5	8
5	t	25,9	25,8	25,8	25,8	26,4	26,6	26,9	27,5	27,9	27,7	27,3	26,7
	R	265	254	279	265	185	96	61	46	60	114	154	222
6	t	23,5	22,9	20,5	16,9	13,3	10,3	10	11	13,1	15,8	19	21,9
	R	93	78	116	100	77	59	60	68	82	91	93	91
7	t	21,5	24	27,3	30,4	32,4	29	26,2	25,7	25,7	24,9	22,5	2,06
	R	7	11	16	25	29	105	163	149	167	75	30	4
8	t	15,0	16,3	16,9	17,7	18,3	19,4	19,8	20,2	20,5	19,7	18,6	19,9
	R	12	13	12	4	1	0	0	0	6	12	17	18
9	t	-4,1	-3,7	2,0	8,7	14,7	19,8	23,0	24,2	20,8	14,6	5,9	-0,9
	R	2	5	6	17	37	82	191	141	64	19	12	2
10	t	24,0	24,0	26,3	28,3	29,7	28,8	27,4	27,0	27,1	28,0	27,2	25,5
	R	3	2	1	2	18	478	638	366	287	66	14	2
11	t	9,3	11,6	15,	20,0	26,0	30,7	33,4	33,4	30,0	24,6	16,4	11,4
	R	33	53	44	22	6	0	0	2	1	1	26	43
12	t	-23,1	-17,4	-8,8	2,8	10,9	16,7	20,2	19,6	13,6	4,2	-8,3	-19,4
	R	5	5	7	24	65	98	109	125	49	34	15	8
13	t	17,6	17,3	16,3	14,5	13,1	11,3	11,3	11,7	12,3	13,7	15,6	16,9
	R	0	0	9	14	97	145	101	66	33	11	7	4
14	t	-33,6	-44,0	-54,0	-63,1	-63,4	-66,7	-66,9	-70,6	-67,2	-59,0	-43,8	-32,2
	R	0,6	1,0	7,0	4,3	8,6	12,4	5,9	5,4	4,8	1,8	0,6	0,8
15	t	25,9	26,1	25,4	24,0	22,2	20,9	20,4	20,9	21,3	22,1	23,3	24,8
	R	124	123	133	108	80	58	42	44	67	82	105	136
16	t	3,7	2,3	5,5	8,1	11,3	14,4	16,3	15,7	13,5	9,5	6,4	4,5
	R	45	45	41	42	47	58	59	57	44	72	59	62
17	t	-11,0	-10,2	-4,5	7,2	16,2	21,0	23,8	21,8	15,1	6,8	-1,2	-7,5
	R	23	20	19	19	27	31	31	26	24	27	35	29
18	t	-49,4	-51,0	-39,3	-31,2	-21,7	-18,9	-13,7	-18,2	-24,5	-35,3	-44,5	-41,5
	R	9	4	11	4	11	4	17	13	8	5	6	7
19	t	0,3	3,7	10,0	17,0	23,6	28,4	29,8	28,0	22,2	14,8	8,7	3,8
	R	17	19	29	22	8	2	0	0	0	5	9	13
20	t	5,7	5,8	6,7	9,1	11,6	14,5	16,4	16,8	15,3	12,3	8,8	6,8
	R	68	51	50	45	45	49	52	54	70	103	89	78









**Рис. 15.2.** Кліматична діаграма річного ходу температури, опадів і відносної вологості повітря для пунктів, розміщених в різних кліматичних поясах

**Контрольні запитання:**

1. Дайте визначення клімату.
2. Які головні чинники впливають на формування клімату?
3. Які методи використовують для дослідження клімату?
4. Які метеорологічні величини зображають на кліматичних картах?
5. Які кліматичні величини необхідно включати в кліматичну характеристику території?
6. Які закономірності розподілу температури повітря й опадів на земній кулі?
7. Що відображає кліматодіаграма?

## ПОЗНАЧЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВЕЛИЧИН

- t** – температура (°C) – градуси Цельсія.  
**T** – температура (K) – градуси Кельвіна.  
**p** – атмосферний тиск (гПа) – гектопаскалі  $10^2$  кг/(м·с<sup>2</sup>).  
**Φ** – геопотенціал (м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>).  
**v** – швидкість вітру (м/с).  
**e** – парціальний тиск водяної пари (гПа).  
**E** – тиск насичення водяної пари (гПа).  
**a** – абсолютна вологість повітря (г/м<sup>3</sup>).  
**f** – відносна вологість (%).  
**t<sub>a</sub>** – точка роси – температура (°C).  
**d** – дефіцит тиску вологи (мб, гПа).  
**Δ** – дефіцит точки роси – температура (°C).  
**R** – опади (мм).  
**S<sub>0</sub>** – сонячна стала при будь-якій відстані від Землі до Сонця.  
**S** – пряма сонячна радіація (Вт/м<sup>2</sup>).  
**S'** – пряма сонячна радіація на горизонтальну поверхню, інсоляція (Вт/м<sup>2</sup>).  
**D** – розсіяна радіація (Вт/м<sup>2</sup>).  
**Q** – сумарна сонячна радіація (Вт/м<sup>2</sup>).  
**U** – відбита радіація (Вт/м<sup>2</sup>).  
**C** – поглинута радіація (Вт/м<sup>2</sup>).  
**A** – альbedo (%).  
**B** – радіаційний баланс (Вт/м<sup>2</sup>).  
**E<sub>s</sub>** – довгохвильове випромінювання земної поверхні (Вт/м<sup>2</sup>).  
**E<sub>a</sub>** – довгохвильове випромінювання атмосфери (Вт/м<sup>2</sup>).  
**E<sub>e</sub>** – ефективне випромінювання (Вт/м<sup>2</sup>).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атлас вчителя [Карти] / відп. ред. В. В. Молочко. – К. : ДНВП «Картографія», 2010. – С. 46–50. – Масштаб до кожної карти.
2. Антонов В. С. Короткий курс загальної метеорології : навч. посіб. / В. С. Антонов. – Чернівці: Рута, 2004. – 336 с.
3. Атлас облаков / под ред. А. Х. Хргиана, Н. И. Новожилова. – Л. : Гидрометеиздат, 1978. – 268 с.
4. Врублевська О. О. Кліматологія : підручник / О. О. Врублевська, Г. П. Катеруша, Л. Д. Гончарова; МОН України; Одес. держ. еколог. ун-т. – Одеса : Екологія, 2013. – 344 с.
5. Мельнійчук М. М. Загальне землезнавство : методичні рекомендації до практичних занять для студ. геогр. ф-ту / М. М. Мельнійчук, Ю. В. Білецький. – Луцьк : ПП Іванюк В. П., 2017. – 188 с.
6. Методичні вказівки «Довідкові дані з клімату України» для виконання практичних робіт студентами всіх природничих напрямів підготовки та спец. НУВГП денної та заочної форм навчання / О. І. Галік, Т. О. Басюк. – Рівне : НУВГП, 2014. – 158 с.
7. Неклюкова Н. П. Практикум по об щему землеведению : уч. пособ. для студ. географ. спец. пед. ин-тов / Н. П. Неклюкова. – М. : Просвещение, 1977. – С. 68–81.
8. Нетробчук І. М. Практикум із курсу «Метеорологія та кліматологія» : навч. посіб. для студ. геогр. ф-ту / І. М. Нетробчук. – Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2011. – 180 с. – (Посібники та підручники ВНУ імені Лесі Українки).
9. Нетробчук І. М. Вимірювання метеорологічних величин : наочн. посіб. / І. М. Нетробчук. – Луцьк : Вежа-Друк, 2015. – 128 с.
10. Нетробчук І. М. Польова практика з метеорології та кліматології : мет. реком. для студ. геогр. ф-ту / І. М. Нетробчук. – Луцьк, 2017. – 166 с.
11. Пашканг К. В. Практикум по общему землеведению : учеб. пос. для пед. ин-тов / К. В. Пашканг. – М. : Высшая школа, 1970. – С. 31-104.
12. Психрометрические таблицы. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – 30 с.
13. Хромов С. П. Метеорология и климатология : учебник / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. – М. : Изд-во Моск. ун-та: «Наука», 2006. – 7-е изд. – 582 с.: ил. – (Классический университетский учебник).



## ЗМІСТ

Передмова .....	3
<b>Лабораторна робота № 1.</b>	
<i>Основні метеорологічні величини та атмосферні явища .....</i>	4
<b>Лабораторна робота № 2.</b>	
<i>Аналіз складових сонячної радіації .....</i>	8
<b>Лабораторна робота № 3.</b>	
<i>Радіаційний баланс земної поверхні .....</i>	9
<b>Лабораторна робота № 4.</b>	
<i>Тепловий режим ґрунту й водного басейну. Тепловий баланс земної поверхні.....</i>	11
<b>Лабораторна робота № 5.</b>	
<i>Вимірювання та обчислення показників температури повітря .....</i>	14
<b>Лабораторна робота № 6.</b>	
<i>Термічна стратифікація в нижніх шарах тропосфери .....</i>	18
<b>Лабораторна робота № 7.</b>	
<i>Методи вимірювання вологості повітря .....</i>	21
<b>Лабораторна робота № 8.</b>	
<i>Хмари і хмарність .....</i>	24
<b>Лабораторна робота № 9.</b>	
<i>Характеристика атмосферних опадів.....</i>	26
<b>Лабораторна робота № 10.</b>	
<i>Зміна атмосферного тиску з висотою .....</i>	30
<b>Лабораторна робота № 11.</b>	
<i>Розподіл атмосферного тиску біля земної поверхні й на висотах .....</i>	33
<b>Лабораторна робота № 12.</b>	
<i>Особливості вітрового режиму .....</i>	37
<b>Лабораторна робота № 13.</b>	
<i>Погода та аналіз синоптичної карти .....</i>	39
<b>Лабораторна робота № 14.</b>	
<i>Класифікація кліматів Землі .....</i>	44
<b>Лабораторна робота № 15.</b>	
<i>Методи дослідження клімату .....</i>	49
Позначення метеорологічних величин .....	55
Список використаних джерел .....	56

**Для нотаток**

**Для нотаток**

Навчально-методичне видання

НЕТРОБЧУК ІРИНА МАРКІВНА

**МЕТЕОРОЛОГІЯ ТА КЛІМАТОЛОГІЯ**

**методичні рекомендації до лабораторних робіт**

Друкується в авторській редакції

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Обсяг 3,49 ум. друк. арк., 3,11 обл.-вид. арк.  
Наклад 50 пр. Зам. 74. Видавець і виготовлювач – Вежа-Друк  
(м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. (0332) 29-90-65).  
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України  
ДК № 4039 від 08.04.2011 р.