Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Н. А. Сербулова

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних робіт з дисципліни «Метеорологія і кліматологія» галузі знань 10 «Природничі науки» спеціальності 101 «Екологія» освітньої програми «Екологія»

Методичні вказівки

Випуск 336

Миколаїв – 2021

УДК 551.5(076)
С 32

Рекомендовано до друку вченою радою Чорноморського національного університету імені Петра Могили (протокол № 9 від 28 травня 2020 р.).

Рецензенти:
Качанова Т. В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства, геодезії та землеустрою Миколаївського національного аграрного університету, м. Миколаїв.

С 32 **Сербулова Н. А.** Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Метеорологія і кліматологія» галузі знань 10 «Природничі науки» спеціальності 101 «Екологія» освітньої програми «Екологія» : методичні вказівки / Н. А. Сербулова. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. – 52 с. – (Методична серія ; вип. 336).

У методичних вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Метеорологія і кліматологія» приведено теоретичні відомості щодо оцінки гідрологічних, кліматичних, едафічних, біотичних факторів середовища; визначення стану навколишнього середовища, а також оцінка факторів середовища. Методичні вказівки розроблено відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Метеорологія і кліматологія» та призначено для підготовки здобувачів освіти за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти за спеціальністю 101 «Екологія».

УДК 551.5(076)

© Сербулова Н. А., 2021
© ЧНУ ім. Петра Могили, 2021

ISSN 1811-492X

ЗМІСТ

Вступ 5

Практична робота 1. Організація та робота метеорологічних станцій і постів 6

1.1. Метеорологічні станції і пости 6

1.2. Метеорологічна площадка та ділянки для спостереження ... 6

1.3. Строки та порядок спостереження 7

1.4. Поняття часу 8

Контрольні запитання та завдання 9

Практична робота 2. Метеорологічні прилади і спостереження 10

2.1. Вимірювання променевої енергії (актинометричні спостереження) 10

2.1.1. Потоки променевої енергії 10

2.1.2. Прилади для вимірювання променевої енергії 11

2.2. Вимірювання температури ґрунту та повітря 13

2.2.1. Види термометрів 13

2.2.2. Вимірювання температури поверхневого ґрунту 14

2.2.3. Вимірювання температури ґрунту на глибинах 14

2.2.4. Вимірювання температури ґрунту на глибині вузла кущення 15

2.2.5. Вимірювання глибини промерзання ґрунту 15

2.2.6. Вимірювання температури повітря 15

Контрольні запитання та завдання 16

Практична робота 3. Розрахунок потоків променевої енергії в атмосфері 18

3.1. Потоки променевої енергії в атмосфері 18

Контрольні запитання та завдання 19

Практична робота 4. Вимірювання швидкості і напрямку вітру 21
4.1. Прилади для вимірювання швидкості та напрямку вітру ... 22
4.2. Роза вітрів 23
Контрольні запитання та завдання 24

Практична робота 5. Вимірювання вологості повітря 26
5.1. Визначення величин вологості повітря 26
5.2. Методи вимірювання вологості повітря 27
5.3. Пристрої для вимірювання вологості повітря 27
Контрольні запитання та завдання 29

Практична робота 6. Вимірювання опадів та випаровування 30
6.1. Прилади для вимірювання опадів 33
6.2. Спостереження за сніговим покривом 35
6.2.1. Вимірювання висоти та щільності снігового покриву 35
6.3. Вимірювання випаровування 36
Контрольні запитання та завдання 36

Практична робота 7. Вимірювання атмосферного тиску 41
7.1. Прилади для вимірювання атмосферного тиску 41
7.2. Барометричне нівелювання 42
Контрольні запитання та завдання 43

Практична робота 8. Спостереження за хмарами 44
8.1. Визначення кількості хмар 45
8.2. Визначення форм хмар 45
8.2.1. Хмари верхнього ярусу 46
8.2.2. Хмари середнього ярусу 46
8.2.3. Хмари нижнього ярусу 47
8.2.4. Хмари вертикального розвитку 47
Контрольні запитання та завдання 48

ВСТУП

Метеорологія – це наука, що вивчає атмосферні процеси. Метеорологічні елементи – це величини, що характеризують стан атмосфери. До них відносяться: температура, вологість, тиск повітря, напрям і сила вітру, хмарність, кількість та інтенсивність опадів тощо. Результати взаємодії атмосферних процесів, що характеризують поєднання декількох метеорологічних елементів, називають атмосферними явищами. До атмосферних явищ відносяться: грози, метелиці, порохові бурі, тумани, полярні сяйва тощо.

Стан атмосфери постійно змінюється за часом і у просторі. Стан атмосфери у якийсь час звуть погодою. З поняттям «погода» тісно пов'язано поняття клімату. Кліматом зветься сукупність умов погоди, що характерна для кожної ділянки суші і залежить від географічного положення. За таких умов важливого значення набуває підготовка фахівців, які б могли не тільки кваліфіковано вирішувати питання метеорології, а й організовувати процеси відбору кліматичних показників.

Навчальний курс «Метеорологія і кліматологія» дає студентам початкові знання про дуже важливі процеси в атмосфері – погодні та кліматичні явища. Надто великий обсяг процесів, їх складність та різноманітність потребують ґрунтовних та широких знань з різних дисциплін для того, щоб сповна вивчати та застосовувати знання з метеорології та кліматології. Знання з метеорології дають змогу екологам ставити розумні вимоги до відповідних служб та спеціалістів, орієнтуватись у тенденціях змін атмосферних процесів, оцінювати вплив людини на ці процеси та сприяти поліпшенню цього впливу.

Метою вивчення дисципліни є оволодіння майбутніми фахівцями основами знань про найсуттєвіші явища і процеси, що відбуваються в атмосфері Землі, ознайомлення з методами виміру основних метеорологічних параметрів і характеристик, проникнення у зміст загальнопланетарних закономірностей формування погоди і клімату та вплив їх на екологічну рівновагу природних оболонок Землі.

Предметом вивчення дисципліни є теорія метеорологічних явищ, методи дослідження метеорологічних елементів та визначення ступеня забруднення довкілля.

Завданням дисципліни є вивчення студентами структури, складу і будови атмосфери Землі, кліматоутворюючих процесів, що впливають на погоду і клімат в цілому, характеру змін основних метеорологічних величин і параметрів, практичних навичок з їх визначення згідно з сучасними методиками.

Практична робота 1.
ОРГАНІЗАЦІЯ ТА РОБОТА МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СТАНЦІЙ І ПОСТІВ

Мета: ознайомитися з організацією та роботою метеорологічних станцій і постів, метеорологічних площадок та ділянок для спостереження, зі строками та порядком спостереження, поняттям «час».

1.1. Метеорологічні станції і пости

Основний метод дослідження в метеорології – метод спостереження, тобто вимірювання і якісна оцінка метеорологічних величин, що характеризують фізичний стан атмосфери та підстильної поверхні (води, суші), що істотно впливає на розвиток атмосферних процесів.

Для таких вимірювань створена мережа метеорологічних станцій і постів, які оснащені відповідними приборами і установками.

Важливу інформацію дають спостереження, що здійснюються за допомогою автоматичних, телеметричних і радіометричних станцій, авіації та штучних супутників Землі.

Залежно від об’єму робіт, що виконуються на станції, вони поділяються на розряди (I, II, III), а за змістом роботи – на основні та спеціальні. До спеціальних відносяться станції і пости, що обслуговують певні галузі народного господарства, наприклад, агрометеорологічні, які призначені для потреб сільськогосподарського виробництва. Тут проводяться спостереження за основними метеорологічними показниками та додатково за вологістю, температурою, глибиною промерзання ґрунту, випаровуванням тощо.

Дані спостережень метеорологічних станцій представляють наукову та практичну цінність тільки тоді, якщо вони можуть бути порівняні між собою. Для забезпечення цієї умови всі метеостанції проводять спостереження за спеціальними методиками, користуються однотипними приладами та в певний час.

1.2. Метеорологічна площадка та ділянки для спостереження

Спостереження за більшістю метеорологічних показників проводяться на метеорологічній площадці. Для порівняння спостережень дуже важливо обрати місце для метеорологічної площадки та правильно розмістити прилади на ній.

Метеорологічну площадку розташовують на рівній відкритій горизонтальній ділянці, яка є типовою для району, щоб отримані дані характеризували територію навколо.

Метеорологічна площадка повинна мати форму прямокутника, сторони якого мають бути спрямовані з півночі на південь та з заходу на схід. Розміри площадки залежать від кількості апаратури і об'єму роботи станції. Стандартна площадка має розміри 26 х 26 м (допускаються мінімальні розміри 20 х 16 м), площадка станції, що проводить актинометричні спостереження (спостереження за інтенсивністю потоків променистої енергії, які приходять до підстильної поверхні від Сонця, атмосфери і які відбиваються і випромінюються в атмосферу підстильною поверхнею), – 26 х 36 м (довгими сторонами орієнтується з півночі на південь), розміри площадки агрометпосту – 6 х 5 м.

Обрану ділянку огороджують металевою сіткою. Прилади встановлюють у певному порядку. Щоб вони не затіняли один одного та не перешкоджали вільному обміну повітря, відстань між приладами та від огорожі до приладів повинна становити 4–6 м.

Деякі метеорологічні спостереження проводять поза межами площадок. Наприклад, це такі показники, як висота сніжного покриву, вологість ґрунту, випаровування тощо.

1.3. Строки та порядок спостереження

Для забезпечення можливості порівняння та однорідності результатів спостережень метеорологічних станцій необхідно додержуватися строків і порядку спостережень.

Строк спостереження – інтервал часу тривалістю 10 хв, який закінчується точно у визначений термін.

На всіх опорних метеорологічних станціях спостереження провадять у єдині стандартні строки спостережень: о 21, 00, 03, 06, 09, 12, 15 і 18 год за Міжнародним скоординованим часом (МСЧ). Станції, що не входять до опорної мережі, провадять спостереження в основні строки: 00, 06, 12 і 18 год за МСЧ або в інші строки, визначені Держгідрометом, з обов'язковим проведенням спостережень у строки 06 і 18 год за МСЧ. МСЧ відрізняється від Київського поясного (зимового) часу на 2 години, а від літнього – на 3 години. Винятки складають актинометричні спостереження. Їх проводять за середнім сонячним часом о 0:30, 6:30, 9:30, 15:30 та 18:30.

У всі строки вимірюють температуру повітря та ґрунту, вологість повітря, швидкість вітру та його напрямок, метеорологічну дальність

видимості, атмосферний тиск, визначають характеристики хмарності. Інші величини, що не мають добре вираженої добової зміни, визначають не в усі строки і навіть між строками.

Опади вимірюють чотири рази на добу: о 03, о 15 годині за київським декретним часом і в строки, близькі до 08 та 20 годин декретного часу цього поясу.

Через те, що провести вимірювання всіма приборами точно в строк спостереження неможливо, прийнято під час восьми строкових спостережень температуру і вологість повітря вимірювати за 10 хвилин, а тиск повітря – за 2 хвилини до строку. Всі інші вимірювання починаються за 30 хвилин до строку та закінчуються після нього. Загальна тривалість спостережень складає 30–40 хв.

1.4. Поняття часу

У практичному житті за основу обчислення часу прийнятий видимий рух Сонця, обумовлений обертанням Землі навколо своєї осі. Час, обумовлений цим рухом істинного Сонця, називається *істинним сонячним часом*. Період часу між двома послідовними проходженнями істинного Сонця через меридіан цього місця називається *істинною сонячною добою*. Тривалість її протягом року не постійна через нерівномірний рух Землі по орбіті та нахилу екліптики до екватору. Тому для зручності прийнятий *середній сонячний час*. Він визначається за «середнім» Сонцем, яке рухається рівномірно та здійснює повний річний оберт у один час з істинним Сонцем. Відповідно тривалість середніх сонячних діб протягом року залишається постійною і дорівнює середньому значенню з усіх істинних діб за рік.

Таким чином, за одиницю вимірювання часу прийнята середня сонячна доба. Вона у свою чергу поділяється на години, хвилини й секунди.

У побуті користуватися середнім сонячним часом незручно. Тому в більшості країн світу прийнятий *поясний час*. За поясний час у кожному часовому поясі прийнято середній сонячний час середнього меридіану.

Із метою більш раціонального використання світового часу з 1930-го року введений *декретний час*, який на 1 годину більший поясного, а з 1981-го року прийнято літній час. У період з квітня до жовтня годинник переводять на 1 годину вперед.

Таким чином, існує п’ять обчислень часу: істинне сонячне, середнє сонячне, поясне, декретне та літнє.

Контрольні запитання та завдання

Варіант 1

1. Який метод дослідження є основним у метеорології?
2. За якої умови дані спостережень метеорологічних станцій представляють наукову та практичну цінність?
3. Яким чином встановлюють прилади на метеорологічній площадці?
4. Яким чином визначають величини, що не мають добре вираженої добової зміни?
5. Як визначають середній сонячний час?

Варіант 2

1. Де саме здійснюються метеорологічні вимірювання?
2. Де проводять спостереження за більшістю метеорологічних показників?
3. Які метеорологічні спостереження проводять поза межами площадок?
4. Що береться за основу обчислення часу?
5. Що беруть за одиницю вимірювання часу?

Варіант 3

1. Які вам відомі джерела метеорологічної інформації? Які вони бувають?
2. Як обирається місце для метеорологічної площадки?
3. З якою метою необхідно додержуватися строків і порядку спостережень на метеорологічних станціях?
4. Дати визначення поняттю «істинний сонячний час».
5. Пояснити різницю між поясним часом та декретним.

Варіант 4

1. Які кліматичні показники вимірюються на спеціальних станціях та постах?
2. Що таке метеорологічна площадка? Якою вона повинна бути?
3. Які кліматичні величини вимірюють на метеорологічних станціях в усі строки спостережень?
4. Дати визначення поняттю «істинна сонячна доба».
5. Які існують обчислення часу?

Практична робота 2.
МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ І СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Мета: ознайомитися з поняттям променевої енергії Сонця та її складовими; приладами для вимірювання променевої енергії Сонця; порядком вимірювання температури ґрунту та повітря, температури поверхневого ґрунту, температури ґрунту на глибинах, температури ґрунту на глибині вузла кущення, вимірювання глибини промерзання ґрунту; видами термометрів.

2.1. Вимірювання променевої енергії (актинометричні спостереження)

Променева енергія Сонця є основним джерелом тепла, обумовлює життя на Землі в усьому його розмаїтті. Особливо важливу роль вона відіграє в біологічних процесах.

Променева енергія Сонця – обов'язкова умова існування зелених рослин. Вона необхідна для створення органічної речовини в процесі фотосинтезу та впливає на ріст та розвиток рослин, форму, розташування та будову листя, на тривалість вегетації, хімічний склад, якість і кількість врожаю.

Тому для ведення сільського господарства на високому рівні необхідні відомості про величини радіаційного балансу та його складових, фотосинтетично активної радіації (ФАР), тривалість сонячного сяйва та освітленості.

2.1.1. Потоки променевої енергії

Пряма радіація – частина сонячного випромінювання, яке приходиться на земну поверхню безпосередньо від диска Сонця. Кількість прямої радіації, що надходить за одиницю часу на поверхню перпендикулярно сонячним променям, називається *енергетичною освітленістю*.

Розсіяна радіація – частина сонячного випромінювання, яка розсіюється атмосферою та надходить від усього небозводу, без впливу променів Сонця.

Сумарна радіація – сума прямої та розсіяної енергії.

Відбита радіація – частина сумарної радіації, що відбивається від земної поверхні.

Альбедо – відношення відбитої сонячної радіації до сумарної радіації, виражене у відсотках.

Пряма, розсіяна та відбита радіація складають *короткохвильову радіацію*.

Баланс короткохвильової радіації – різниця між сумарною та відбитою радіацією.

Ефективне випромінювання – різниця між земним випромінюванням та зустрічним випромінюванням атмосфери.

Радіаційний баланс діяльності поверхні – різниця між прибутком та витратою радіації.

Фотосинтетично активна радіація (ФАР) – частина променевої енергії Сонця, яку рослини засвоюють у процесі фотосинтезу. На практиці ФАР вимірюють фітопіранометром чи розраховують за даними вимірювань актинометра та піранометра.

Тривалість сонячного сяйва – час, протягом якого на земну поверхню надходить пряма сонячна радіація.

Освітленість – складається з прямого, розсіяного та відбитого сонячного світла.

2.1.2. Прилади для вимірювання променевої енергії

Для вимірювання енергетичної освітленості застосовуються актинометричні прилади різної конструкції. Найбільш поширені – термоелектричні. Разом з такими приладами застосовується стрілочний гальванометр типу ГСА-1.

Термоелектричні прилади завдяки простоті улаштування, великій точності та малій інерції широко розповсюджені для спостережень на метеорологічних станціях і в польових умовах.

Для вимірювання інтенсивності прямої сонячної радіації використовують актинометри (найбільш розповсюджений – термоелектричний актинометр М-3), розсіяної та сумарної радіації – піранометри (термоелектричний піранометр М-80М), відбиваючої здатності – альбедометри (похідний альбедометр М-69), радіаційного балансу – балансометри (балансометр М-10М, балансометр пеленг СФ-08). Для реєстрації тривалості сонячного сяйва служить геліограф універсальний ГУ-1 (рис. 1). Для вимірювання природного освітлення та освітлення, що створюють лампи накалювання та люмінесцентні лампи, застосовують люксметр Ю-116 (рис. 2).

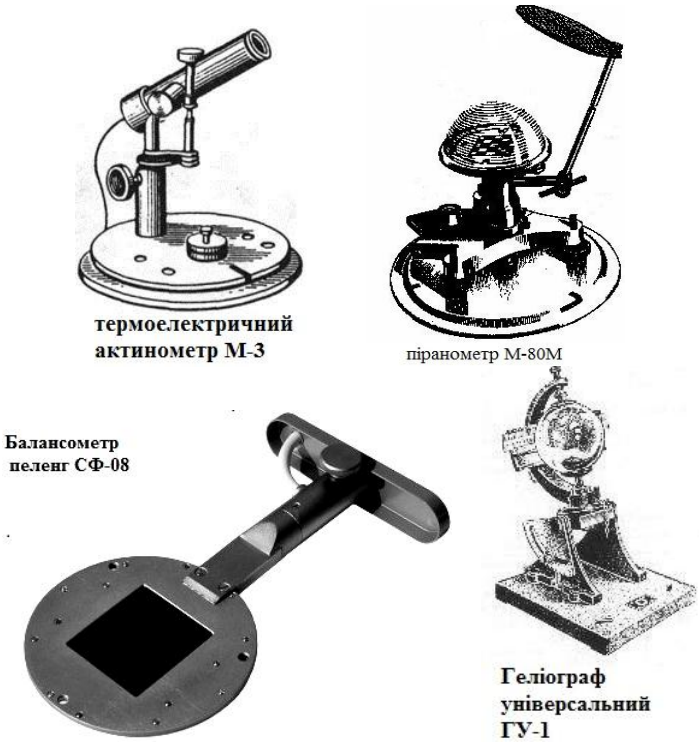

Рис. 1. Прилади для вимірювання інтенсивності прямої сонячної радіації

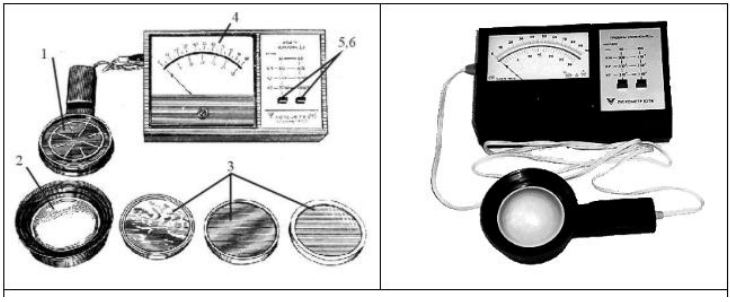

Рис. 2. Люксметр Ю-116: 1 – фотоелемент; 2 – поглинаюча насадка; 3 – поглинач; 4 – індикатор; 5, 6 – перемикачі межі вимірювань

2.2. Вимірювання температури ґрунту та повітря

Температура ґрунту та повітря – один з основних факторів життя рослин. Від температури ґрунту залежить швидкість проростання насіння, інтенсивність розпаду органічних речовин, розповсюдження шкідників тощо. Температура повітря впливає на швидкість розвитку рослин, на інтенсивність процесів фотосинтезу, дихання, транспірації. Тому термічні ресурси визначають географічне розповсюдження рослин на земній кулі.

Основним джерелом тепла є променева енергія Сонця. Поглинання тепла та його передача в глибину ґрунту залежить від теплоємності, теплопровідності, а також від кольору та характеру підстильної поверхні. Це обумовлює нерівномірний розподіл температури ґрунту та повітря на невеликих територіях. Тому для раціонального використання термічних ресурсів ведуться спостереження за цими показниками на полях.

Температура за міжнародною практичною температурною шкалою вимірюється в градусах Цельсія (° С) або Кельвінах (К).

У США та деяких інших країнах використовують температурну шкалу Фаренгейта (Ф). Перерахунок з однієї шкали на іншу здійснюється за формулами:

$$t°\text{C} = \frac{5}{9}\,(\text{t°Ф} - 32);\; t°\text{Ф} = 1{,}8(t°\text{C} + 32).$$

2.2.1. Види термометрів

Для вимірювання температури повітря та ґрунту частіше застосовуються:

1. *Рідинні термометри* – засновані на принципі зміни об’єму рідини зі зміною температури.
2. *Термоелектричні термометри* – засновані на зміні електрорушійної сили термоелементів, що виникає внаслідок різниці температур спаїв.
3. *Електротермометри опору* – засновані на принципі зміни електричного опору матеріалів.
4. *Деформаційні термометри* – засновані на принципі зміни лінійних розмірів твердих тіл зі зміною температури.

2.2.2. Вимірювання температури поверхневого ґрунту

Для вимірювання температури поверхні ґрунту використовуються рідинні термометри:

– строковий термометр ТМ-3 – вимірювання в цей момент;

– максимальний термометр ТМ-1 – вимірювання максимальної температури за період між строками спостережень;

– мінімальний термометр ТМ-2 – вимірювання найнижчої температури за період між строками спостережень (рис. 3).

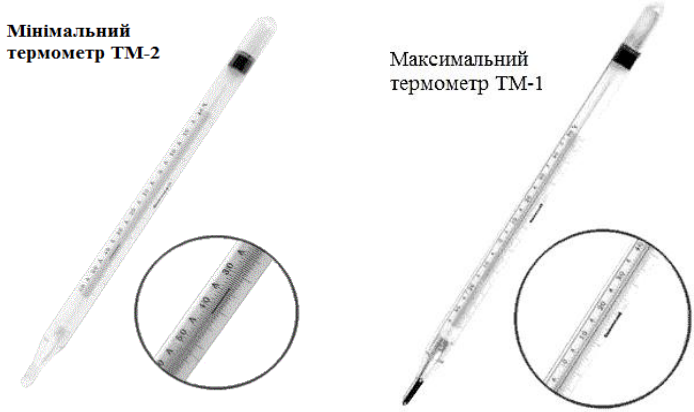

Рис. 3. Термометри для вимірювання температури поверхні ґрунту

2.2.3. Вимірювання температури ґрунту на глибинах

Для вимірювання температури ґрунту на глибинах застосовуються:

– колінчаті термометри (Савінова) ТМ-5 – в холодний період – на 5, 10, 15, 20 см (орного шару) (рис. 4);

– термометр-щуп АМ-6 – від 3 до 40 см;

– транзисторний електротермометр ТЕТ-2 – орний шар у теплий період;

– витяжні термометри ТПВ-50 – 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240, 320 см;

– пристрій для вимірювання температури ґрунту на глибинах – М-54-2 – для дистанційного вимірювання температури на глибинах від 2 до 320 см.

Рис. 4. Колінчаті термометри (Савінова) ТМ-5

2.2.4. Вимірювання температури ґрунту на глибині вузла кущення

Стан озимих культур та умови їх перезимівлі залежать від температури ґрунту на глибині вузла кущення. Середня глибина залягання вузла кущення біля 3 см. Для її вимірювання в польових умовах застосовують дистанційні термометри:

– максимально-мінімальний термометр АМ-17 – для екстремальних та термінових вимірювань на глибині вузла кущення озимих;

– електротермометр АМ-2М-1 – для термінових вимірювань температури ґрунту на глибині вузла кущення.

2.2.5. Вимірювання глибини промерзання ґрунту

Для оцінки умов перезимівлі рослин важливе значення має промерзання ґрунту. Глибину промерзання визначають мерзлотоміром АМ-21, який встановлюється на метеорологічній площадці та на посівах озимих культур (рис. 5).

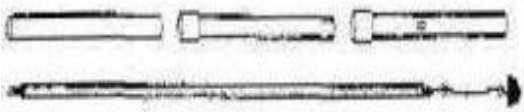

Рис. 5. Мерзлотомір АМ-21

2.2.6. Вимірювання температури повітря

Для вимірювання температури повітря застосовують термометри:

– психрометричний термометр ТМ-4 ртутний;

– за температури повітря нижче -35 ºС використовують низькоградусний спиртовий термометр ТМ-9.

Для неперервного запису змін температури повітря в часі служить термограф М-16А (рис. 6).

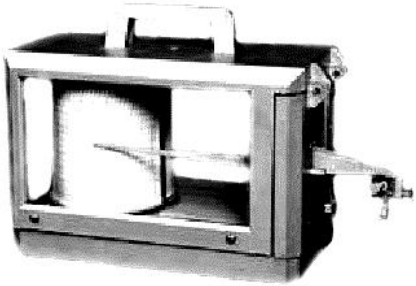

Рис. 6. Термограф М-16А

Контрольні запитання та завдання

Варіант 1

1. Опишіть біологічне значення променевої енергії Сонця.
2. Що таке «альбедо»?
3. Які прилади найбільш поширені для вимірювання енергетичної освітленості?
4. Які прилади використовують для вимірювання природного освітлення?
5. За допомогою якого приладу визначають глибину промерзання ґрунту?
6. Температура замерзання води за нормальних умов дорівнює 0 °С. Чому будуть дорівнювати показники термометрів зі шкалами Кельвіна та Фаренгейта, якщо вони знаходяться в тій же воді?

Варіант 2

1. Дати визначення поняттю «пряма радіація».
2. Які види радіації складають короткохвильову радіацію?
3. Які прилади використовують для вимірювання інтенсивності прямої сонячної радіації?
4. Біологічне значення температури ґрунту та повітря.
5. За допомогою якого приладу визначають глибину промерзання ґрунту?

6. Температура поверхні ґрунту влітку вдень складала 121 Ф. Якими будуть показники термометрів зі шкалами Кельвіна та Цельсія?

Варіант 3

1. Що називають енергетичною освітленістю?
2. Що таке баланс короткохвильової радіації?
3. Які прилади використовують для вимірювання розсіяної та сумарної радіації?
4. Які види термометрів вам відомі?
5. За допомогою якого приладу вимірюють температури повітря?
6. Скласти таблицю переведення температури, яка виміряна в градусах Цельсія, в градуси Фаренгейта.

Варіант 4

1. Розкрити зміст поняття «розсіяна радіація».
2. Пояснити поняття «ефективне випромінювання».
3. Які прилади використовують для вимірювання відбиваючої здатності радіаційного балансу?
4. Які прилади застосовують для вимірювання температури поверхні ґрунту?
5. Що таке сумарна радіація?
6. Температура поверхні ґрунту дорівнює 43 °С. Який з двох термометрів має низьку точність, якщо вони показують 136 Ф та 316 К.

Варіант 5

1. Що таке відбита радіація?
2. Дати визначення поняттю «фотосинтетично активна радіація».
3. Які прилади використовують для реєстрації тривалості сонячного сяйва?
4. Які прилади застосовують для вимірювання температури ґрунту на глибинах?
5. За допомогою якого приладу вимірюють температури повітря?
6. Максимальна температура повітря на стандартній висоті метеорологічних спостережень (на висоті 2 м) склала 57,8 °С. Її спостерігали 13 вересня 1922 р. у Ель-Азізії (Лівія) та 11 серпня 1938 р. у Сан-Луісі (Мексика). Мінімальна температура повітря (-89,2 °С) зафіксована 21 липня 1983 р. на радянській антарктичній станції «Восток». Перевести ці температури в Кельвіни.

Практична робота 3.
РОЗРАХУНОК ПОТОКІВ ПРОМЕНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ В АТМОСФЕРІ

Мета: ознайомитися з методикою розрахунку потоків променевої енергії в атмосфері.

3.1. Потоки променевої енергії в атмосфері

Частина променевої енергії Сонця, яка надходить до Землі у вигляді паралельних променів від видимого диска сонця, називається *прямою сонячною радіацією* (***S***).

Потік прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню називається *інсоляцією* (***S'***), її знаходять за формулою:

$$S' = S \sin h_{\odot},$$

де $h_{\odot}$ – висота сонця над горизонтом.

Частина сонячної радіації, яка після розсіювання атмосферою і відбивання від хмар надходить на горизонтальну поверхню, називається *розсіюваною радіацією* (***D***).

Сукупність прямої та розсіюваної сонячної радіації, що надходить за природних умов на горизонтальну поверхню, називається *сумарною радіацією* (***Q***):

$$Q = S' + D \text{ або } Q = S \sin h_{\odot} + D.$$

Відбивна радіація ***R*** – частина сонячної радіації, яка відбивається від поверхні землі.

У міжнародній системі одиниць (СІ) енергетична освітленість радіації вимірюється в Вт/м^2, а для сум радіації використовують Дж/(м^2·год), Дж/(м^2·добу). Співвідношення між одиницями:

1,0 кал / (см^2· хв) = 698 Дж/ (м^2·с) = 698 Вт/м^2;

1 кал/см^2 = 4,19 · 10^4 Дж/м^2;

1 ккал/см^2 = 4,19 · 10^4 кДж/м^2.

Відбивна здатність поверхні, або *альбедо* ($A_к$) визначають за формулою:

$$A_к = (R_к / Q) \cdot 100\ \%.$$

Альбедо визначають в частках одиниці або у відсотках. Частина сумарної радіації, яку поглинає земна поверхня, називається *поглиненою сонячною радіацією*.

Радіаційний баланс діяльного шару або *залишкова радіація* – різниця між тими, що надходять до діяльного шару землі, та тими, що відходять від нього потоками променевої енергії.

Рівняння радіаційного балансу має вигляд:

$$\boldsymbol{B = S' + D - R_к - E_{еф}} \text{ або } \boldsymbol{B = Q\,(1 - A_к) - E_{еф}},$$

де $\boldsymbol{B}$ – радіаційний баланс, $\boldsymbol{E_{еф}}$ – ефективне випромінювання (різниця між власним випромінюванням Землі та зустрічним випромінюванням атмосфери).

Радіаційний баланс можна вимірювати балансомером або розрахувати за значеннями $\boldsymbol{S'}$, $\boldsymbol{D}$, $\boldsymbol{A_к}$, та $\boldsymbol{E_{еф}}$.

Контрольні запитання та завдання

1. Визначити інсоляцію вранці та опівдні за висоти сонця над горизонтом у 30 і 40°, якщо енергетична освітленість прямої сонячної радіації складає 0,84 кВт/м^2.
2. Визначити інсоляцію опівдні, якщо за даними актинометричних приладів сумарна радіація складає 0,7 кВт/м^2, розсіювана – 0,28 кВт/м^2.
3. Визначити сумарну сонячну радіацію за такими даними: висота сонця – 80°, пряма сонячна радіація $\boldsymbol{S}$ = 0,67 кВт/м^2, розсіювана $\boldsymbol{Q}$ = 0,18 кВт/м^2.
4. Сонце над горизонтом знаходиться під кутом 90°. Розрахувати інсоляцію на поверхню схилу з крутизною 20°, якщо в цей момент пряма радіація дорівнює $\boldsymbol{S}$ = 0,67 кВт/м^2.
5. Визначити альбедо $\boldsymbol{A_к}$ зеленого поля, якщо сумарна радіація $\boldsymbol{Q}$ = 0,63 кВт/м^2, а відбивна $\boldsymbol{R}$ = 0,14 кВт/м^2.
6. Розрахувати поглинену радіацію за годину свіжозораним чорноземом ($\boldsymbol{A_к}$ = 10 %) і піщаним ґрунтом ($\boldsymbol{A_к}$ = 40 %), якщо сумарна радіація в середньому за цю годину складає 840 Вт/м^2.
7. За висоти сонця у 30° потік прямої сонячної радіації складає 0,84 кВт/м^2, а потік розсіяної радіації – 0,11 кВт/м^2. Визначити, яку кількість тепла поглинає поверхня сухої трави ($\boldsymbol{A_к}$ = 18 %).
8. Яку кількість тепла отримує від сонця 1 га вологого чорнозему ($\boldsymbol{A_к}$ = 8 %) за 1 год., якщо пряма сонячна радіація складає в середньому 0,77 кВт/м^2, а розсіяна радіація – 25 % від прямої та середня за годину висота сонця дорівнює 32°?
9. Визначити ефективне випромінювання поверхні поля (альбедо 15 %), якщо радіаційний баланс складає 420 Вт/м^2 та сумарна радіація дорівнює 840 Вт/м^2.
10. Знайти радіаційний баланс трави, що має альбедо 20 %, якщо потік прямої радіації на горизонтальну поверхню складає 546 Вт/м^2, розсіяної – 140 Вт/м^2, ефективне випромінювання – 105 Вт/м^2.

11. Визначити інсоляцію за таких даних: радіаційний баланс – 70 Вт/м^2, розсіяна радіація – 140 Вт/м^2, відбивна сонячна радіація – 105 Вт/м^2, ефективне випромінювання – 35 Вт/м^2.

12. Визначити відбивну радіацію за таких даних: сумарна радіація – 805 Вт/м^2, ефективне випромінювання – 70 Вт/м^2, альбедо поверхні – 15 %.

13. Визначити альбедо підстильної поверхні, якщо радіаційний баланс складає – 700 Вт/м^2, сумарна радіація – 890 Вт/м^2, ефективне випромінювання землі – 80 Вт/м^2.

14. Розрахувати радіаційний баланс за таких даних: поглинена радіація – 750 Вт/м^2, ефективне випромінювання – 45 Вт/м^2.

Практична робота 4.
ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ І НАПРЯМКУ ВІТРУ

Мета: ознайомитися з правилами вимірювання вітру та його основних параметрів, а також навчитися будувати розу вітрів.

Вітром називається горизонтальне переміщення повітря відносно земної поверхні. Головними характеристиками вітру є швидкість і напрямок.

Швидкість вітру вимірюється числом метрів, яке повітряний потік проходить за секунду (м/с). Іноді її виражають у кілометрах за годину (км/год) або в умовних одиницях – балах.

Напрямок вітру визначають тією частиною горизонту, звідки дме вітер, і виражають в румбах горизонту чи в кутових градусах.

У ряді випадків оцінюють *поривчастість вітру*, тобто зміну миттєвих значень швидкості й напрямку вітру в часі (стрибкоподібне збільшення або зменшення швидкості вітру). Напрямок вітру визначають за вісьмома основними румбами флюгеру, які розташовано за країнами світу або в градусах, починаючи від північного румба за годинниковою стрілкою (рис. 7).

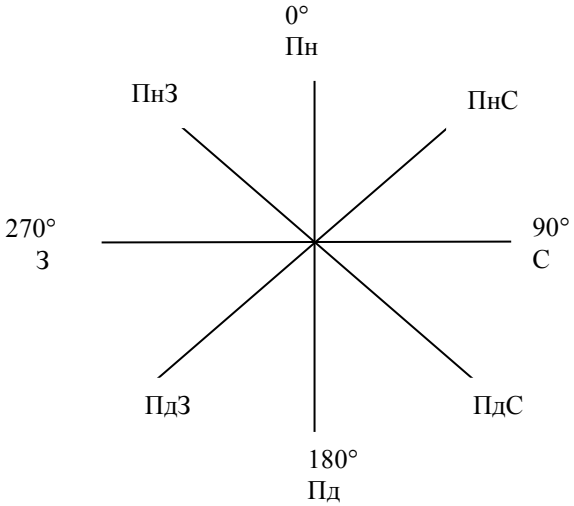

Рис. 7. Основні румби

Силу вітру визначають тиском вітру, який діє на дошку флюгера. Сила вітру залежить від його швидкості та вимірюється зазвичай у метрах за секунду або в умовних одиницях (балах).

Вітер є важливим фактором середовища. Він обумовлює перемішування повітря, підтримує постійність газового складу атмосфери, перенесення водяної пари і тепла на земній поверхні тощо. Від швидкості вітру залежить випаровування та транспірація.

4.1. Прилади для вимірювання швидкості та напрямку вітру

Для вимірювання швидкості та напрямку вітру найбільше розповсюдження мають флюгер, анеморумбометри і анемометри. Наприклад, флюгер станційний ФВЛ, ФВТ, анеморумбометр М-63М (призначений для вимірювання середньої, миттєвої, максимальної швидкості й усередненого напрямку вітру), анемометр ручний чашковий МС-13 (рис. 8) (для вимірювання швидкості вітру за невеликі проміжки часу (10 хв) в межах від 1 до 20 м/с).

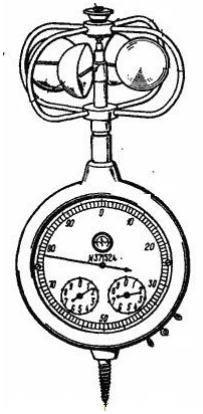

Рис. 8. Анемометр ручний чашковий МС-13

Швидкість вітру у польових умовах зазвичай вимірюють чашковим анемометром. За різницею показників лічильника, яку треба розділити на час роботи приладу, визначають середнє число відділень лічильника за одиницю часу (за 1 секунду). Для визначення середньої швидкості вітру використовують перевірочне свідоцтво цього приладу, в якому є градуйований графік або таблиця для переводу числа оборотів лічильника в метри за секунду (м/с).

4.2. Роза вітрів

Для характеристики вітрового режиму місцевості можуть бути необхідні відомості про переважаючий напрямок вітру. Для цього обчислюють повторюваність за кожним румбом, виражаючи її або числом випадків, що відповідають цьому румбу, або у відсотках від загального числа випадків усіх напрямків.

Для наочного представлення про розподіл різних напрямків вітру за відповідний період часу (місяць, сезон, рік) використовують графічне зображення, що одержало назву *роза вітрів* (рис. 9). Для її побудови з однієї крапки за напрямками основних восьми румбів відкладають відрізки, що відповідають повторюваності напрямку вітру (%) цього румба в обраному масштабі. Отримані крапки на румбах з'єднують прямими лініями. У центрі рози вітрів показують число штилів. Число штилів у 100 % не входить (розраховують окремо). Аналізуючи розу вітрів, можна сказати, де краще розташовувати промислові підприємства й ферми, де лісосмуги й інші об'єкти.

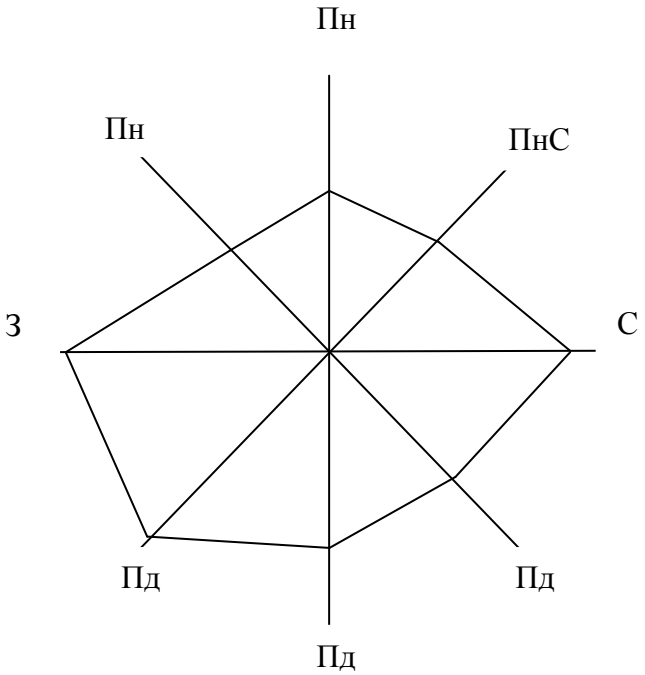

Рис. 9. Роза вітрів

У таблиці 1 наведено повторюваність різного напрямку вітру за липень для станції Мічурінськ.

Таблиця 1

Напрямок вітру та середнє число штилів за липень для станції Мічурінськ

Напрямок	**Пн**	**ПнС**	**С**	**ПдС**	**Пд**	**ПдЗ**	**З**	**ПнЗ**	**Штиль**
Повторюваність, %	5	13	30	19	7	9	9	8	8

Контрольні запитання та завдання

1. Як записати напрямок вітру в румбах та як його назвати, якщо повітряний потік рухається: а) з півночі на південь; б) з північного заходу на південний схід; в) з південний схід на північний захід?

2. Виразити в градусах окружності такі напрямки вітру: південно-західне (ПдЗ), північне (Пн), західне (З), північно-західне (ПнЗ) та північно-східне (ПнС).

3. Перевести в румби напрямок вітру, який виражено значеннями: 25, 180, 75, 300 та 270 °. Які кути точно збігаються з напрямком румбів?

4. Під час вимірювання швидкості вітру в саду на висоті 2 м користувалися ручним анемометром; показники лічильника за 100 с роботи приладу – 8735 та 9035. Визначити швидкість вітру в саду, якщо один оборот лічильника за одну секунду відповідає швидкості 1 м/с.

5. Для станції Чакіне отримана повторюваність різних напрямків вітру та середнє число штилів (табл. 2):

Таблиця 2

Напрямок вітру та середнє число штилів за липень для станції Чакіне

Місяць	**Пн**	**ПнС**	**С**	**ПдС**	**Пд**	**ПдЗ**	**З**	**ПнЗ**	**Число штилів**
Січень	8	19	34	20	11	10	6	8	7
Липень	9	9	12	10	9	22	18	12	9

Розрахувати повторюваність вітру (у %) та побудувати розу вітрів за кожен місяць.

6. У таблиці 3 наведені значення середньої швидкості вітру (м/с) за різними напрямками:

Таблиця 3

Значення середньої швидкості вітру (м/с)
за різними напрямками

Станція	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Тбілісі, обсерваторія	4,3	3,5	2,2	2,4	2,0	1,4	2,1	4,4
Карсани	4,0	1,9	1,8	1,8	1,5	6,3	6,7	4,9
Коджори	1,5	1,8	1,6	1,4	1,8	2,0	2,8	6,4

Побудувати рози швидкості вітру.

7. За допомогою яких приладів вимірюють швидкість та напрямок вітру?

8. Назвати міські вітри та дати їхню характеристику.

9. Під час яких сільськогосподарських робіт та як враховується роза вітрів?

10. Яке значення має вітер у сільськогосподарському виробництві?

Практична робота 5.
ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ

Мета: ознайомитися з визначенням величини вологості повітря, методами її вимірювання, а також пристроями для вимірювання вологості повітря.

Вміст водяної пари, що знаходиться в атмосфері, характеризує *вологість повітря*. Зміна вологості повітря має більш практичне значення для сільського господарства, тому що вологість повітря обумовлює інтенсивність транспірації рослин та випаровування з ґрунту, здійснює вплив на біохімічні процеси, що відбуваються в рослинах.

5.1. Визначення величин вологості повітря

Для оцінки вологості повітря на практиці використовують абсолютну вологість, парціальний тиск водяної пари, відносну вологість, дефіцит насичення, точку роси.

Абсолютна вологість – маса водяної пари, що міститься в одиниці об'єму повітря.

Парціальний тиск водяної пари – тиск, який мала б водяна пара, яка міститься в газовій суміші, якщо б вона одна займала об'єм, рівний об'єму суміші за тієї ж температури.

Парціальний тиск водяної пари може зростати до певної межі, яка відповідає парціальному тиску водяної пари, що знаходиться в рівновазі з плоскою поверхнею води, й має назву *тиск насиченої водяної пари*.

Відносна вологість – відношення парціального тиску водяної пари до тиску насичення водяної пари за одних і тих самих значень тиску і температури, виражене у відсотках. Відносна вологість характеризує ступінь насичення повітря водяною парою за такої температури.

Дефіцит насичення – різниця між тиском насиченої водяної пари та парціальним тиском водяної пари за одних і тих самих значень тиску та температури.

Точка роси – температура, за якої водяна пара, що знаходиться в повітрі, за незмінного тиску досягає насичення відносно плоскої поверхні чистої води чи льоду.

5.2. Методи вимірювання вологості повітря

Вологість повітря може бути виміряна декількома методами. Найбільше розповсюдження отримали психрометричний та гігрометричний методи.

Психрометричний метод вимірювання вологості повітря заснований на залежності інтенсивності випаровування з водної поверхні від вологості довкілля. Вологість повітря визначається за різницею показників двох однакових психрометричних термометрів – сухого та змоченого. З поверхні резервуара змоченого термометра відбувається випаровування. Чим сухіше повітря, тим інтенсивніше випаровування з резервуара змоченого термометра і тим нижче його показання порівняно із сухим термометром.

Гігрометричний метод заснований на використанні гігроскопічних властивостей знежиреного людського волосся. У разі зміни вологості повітря волосся змінює свою довжину нерівномірно (за зниженої вологості швидше, ніж у разі підвищеної) й не кожне однаково, тому в пристроях використовують тільки таке волосся, зміни довжини якого сприяє визначенню закономірності.

5.3. Пристрої для вимірювання вологості повітря

Для вимірювання вологості повітря психрометричним методом використовують станційний психрометр (рис. 10) (складається з двох однакових психрометричних термометрів ТМ-4) та аспіраційний психрометр МВ-4М (дуже зручний для вимірювання вологості повітря в похідних умовах та серед рослин) (рис. 11), а гігрометричним – гігрометри (волосяний гігрометр МВ-1 (рис. 12) для вимірювання відносної вологості повітря). Для безперервної реєстрації вологості повітря застосовують гігрографи (гігрограф волосяний М-21А (рис. 13) – безперервна реєстрація відносної вологості повітря).

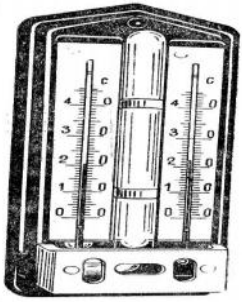

Рис. 10. Станційний психрометр

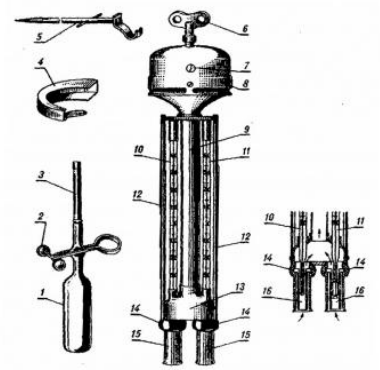

Рис. 11. Психрометр аспіраційний: 1 – гумова груша; 2 – зажим; 3 – піпетка; 4 – вітровий захист; 5 – крюк-підвіс; 6 – заводний ключ; 7 – віконце; 8 – головка аспіратора; 9 – трубка; 10, 11 – сухий та змочений термометри; 12 – захисні планки; 13 – трийник; 14 – ізоляційні втулки; 15, 16 – захисні трубки

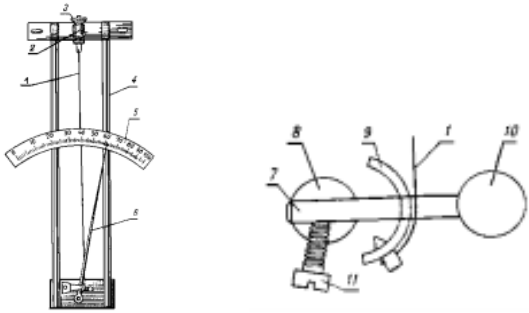

Рис. 12. Волосяний гігрометр МВ-1: 1 – волос; 2 – регулюючий гвинт; 3 – контргайка; 4 – рама; 5 – шкала; 6 – стрілка; 7 – стрижень; 8 – вісь; 9 – кулачок; 10 – тягарець; 11 – гвинт

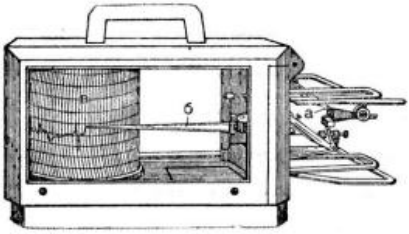

Рис. 13. Гігрограф волосяний М-21А

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення поняттям:
– вологість повітря;
– абсолютна вологість;
– парціальний тиск водяної пари;
– тиск насиченої водяної пари;
– відносна вологість;
– дефіцит насичення;
– точка роси.
2. Охарактеризуйте методи вимірювання вологості повітря.
3. На чому заснований психрометричний метод вимірювання вологості повітря?
4. На чому заснований гігрометричний метод вимірювання вологості повітря?
5. Які пристрої застосовуються для вимірювання вологості повітря?
6. Для чого застосовуються такі прилади:
– станційний психрометр;
– аспіраційний психрометр МВ-4М;
– волосяний гігрометр МВ-1;
– гігрограф волосяний М-21А?

Практична робота 6.
ВИМІРЮВАННЯ ОПАДІВ ТА ВИПАРОВУВАННЯ

Мета: ознайомитися з поняттям «атмосферні опади»; видами та типами опадів; з формулами для розрахунку коефіцієнта зволоження поверхні Землі, випаровуваності, радіаційним індексом сухості, а також ознайомитися з приладами для вимірювання опадів і випаровування, проведенням спостережень за сніговим покривом.

Атмосферні опади – це вода в рідкому або твердому виді, що випадає на поверхню землі й наземні предмети із хмар (дощ, сніг, град, крупа, мряка тощо) і водяна пара, що осаджується з повітря в результаті конденсації (роса, іній, паморозь тощо).

Складові хмар, водяні краплі та льодові кристалики мають дуже малі розміри і невелику вагу. Тому швидкість падіння їх у повітрі мала. Вже слабких висхідних потоків досить, щоб підтримувати хмарні елементи у завислому стані або підіймати їх вгору. Необхідною умовою випадіння опадів є збільшення крапель та кристалів за рахунок утворення сніжинок настільки, щоб швидкість їх падіння стала значно більшою за швидкість висхідних токів повітря. З хмар випадають: дощ, мряка, сніг, мокрий сніг, крупа, град, льодяний дощ. Із повітря на земній поверхні (так звані наземні гідрометеори) виділяються такі атмосферні опади, як роса, рідкий наліт, іній, твердий наліт, паморозь тощо; особливе значення має ожеледь, аналогом якої у вільній атмосфері є зледеніння літака в польоті.

Узимку опади випадають у вигляді снігу. Сніжний покрив, маючи малу теплопровідність, охороняє ґрунт від глибокого промерзання. Навесні талі води значно поповнюють запаси продуктивної вологи в ґрунті.

Конвективні опади. Випадання атмосферних опадів із хмар відбувається в результаті укрупнення частинок вже існуючих хмарних елементів (крапель або кристалів) до розмірів, за яких вони здобувають помітну швидкість падіння. Найбільші кристалічні елементи, випадаючи з хмари, зіштовхуються з переохолодженими краплями, приморожуючи їх до себе, або змерзаються між собою, утворюючи пластівці. Перейшовши в атмосферні шари з температурами вище 0 °С, тверді частки тануть, утворюючи краплі дощу. За низьких температур повітря (близько 0 °С і нижче) тверді частки досягають

земної поверхні не розтанувши (сніг, крупа тощо). У теплу пору року можливе випадіння граду. У краплинно-рідких хмарах за позитивних або негативних, але близьких до 0 °С температур атмосферні опади можуть виникати внаслідок злиття або коалесценції хмарних елементів. У результаті цього може випадати дрібний дощ або мряка.

Орографічні опади. Залежно від механізму розвитку й структури хмар, що дають атмосферні опади, розрізняють *обложні* атмосферні опади – помірної інтенсивності, але тривалі, із шарувато-дощових хмар, *зливові* – з купчасто-дощових хмар і *мрячні* – із шаруватих хмар.

Здатність хмари утворювати опади залежить від колоїдальної стійкості, обумовленої фізичною будовою самої хмари. Хмари, які однорідні за своєю структурою, складаються з одних крапель чи кристалів – колоїдально стійкі, особливо, якщо всі хмарні елементи мають однаковий розмір. У цьому випадку збільшення майже не відбувається і хмара опадів не дає. Такі, наприклад, хмари високо-купчасті (Ac), купчасті (Cu), що складаються з маленьких водяних крапель більшого чи меншого розміру. Не утворюють опадів також хмари верхнього ярусу: перисті (Ci), перисто-купчасті (Cc), перисто-шаруваті (Cs), що складаються з льодяних кристалів.

Якщо в хмарі спостерігається деяка неоднорідність у розмірах крапель, то ця обставина може викликати коагуляцію, хоч і дуже повільну. Наприклад, шаруваті (St) та шарувато-купчасті (Sc) хмари, з яких випадають опади у вигляді мряки (мжички).

Найбільш нестійкими є хмари, в яких є як рідкі, так і тверді елементи – краплі та кристали. Коагуляція хмарних елементів у них проходить швидко та супроводжується випадінням опадів. До таких хмар належать купчасто-дощові (Cb), шарувато-дощові (Ns).

З хмар випадають рідкі (дощ, мряка, злива) і тверді (град, сніг, снігова крупа, снігові зерна, льодова крупа, льодові кристали, льодовий дощ) опади.

Біля поверхні Землі утворюються тумани та серпанок.

Важливими характеристиками опадів, що випадають із хмар, є кількість і інтенсивність.

Кількість опадів виражається товщиною шару води в міліметрах, що утворився б на горизонтальній поверхні за умови, що опади не просочувалися у ґрунт, не стікали й не випаровувалися.

Інтенсивність опадів виражається кількістю їх у міліметрах, що випали за 1 хв (мм/хв).

У зимовий час спостереження проводяться за станом снігового покриву. Вимірюють його висоту й щільність.

Поряд з даними про кількість і інтенсивність опадів для вирішення ряду практичних питань необхідно мати відомості про випаровування, тому що в результаті випаровування підстильна поверхня втрачає багато води. Кількісно випаровування характеризується швидкістю випару.

Кількість опадів і швидкість випару можуть значно змінюватися в просторі.

Атмосферні опади вимірюють у міліметрах шару води на горизонтальній поверхні дощомірами, опадомірами, плювіографами на метеорологічних станціях, а для великих площ – за допомогою радіолокації. Випадають вони з різною *інтенсивністю* – кількість опадів, що випала за одиницю часу (мм/хв, год, добу). На картах розподіл опадів на земній кулі наносять за допомогою *ізогієт* – ліній однакових сум опадів за певний період (місяць, рік). Виділяють добовий та річний хід опадів.

У річному ході опадів розрізняють такі типи:

– екваторіальний – з двома максимумами опадів близько до днів весняного і осіннього рівнодення;
– тропічний – з максимумом опадів влітку;
– субтропічний-середземноморський – з максимумом взимку;
– субтропічний-мусонний – з максимумом влітку;
– континентальний помірних широт – з максимумом влітку;
– морський помірних широт – з максимумом взимку;
– полярний – з рівномірним розподілом протягом року.

Для характеристики умов зволоження поверхні Землі використовують коефіцієнт зволоження (***k***) – відношення річної кількості опадів до випаровуваності за той самий період:

$$k = P / E_0,$$

де P – кількість опадів, мм шару води; E_0 – випаровуваність за цей же період, максимально можливий випар за цих температурних умов, не обмежений запасами вологи, звичайно з поверхні водойм, %.

Коефіцієнт зволоження є одним з головних кліматичних показників і вказує на посушливість чи навпаки на вологість клімату. Чим показник більший, тим клімат вологіший, а чим менше – тим сухіший:

– $k < 1$ – зволоження недостатнє;
– $k > 1$ – надмірне зволоження;
– $k = 1$ – зволоження достатнє.

Якщо кількість опадів та випаровуваність збігаються, то коефіцієнт рівний одиниці. Слід враховувати, що під час розрахунків береться потенційна випаровуваність, а не реальна, оскільки частина опадів

зазвичай не випаровується, а просочується під землю, стікає ріками тощо.

Розрахунок випаровуваності проводиться за методом Н. М. Іванова:

$$E_0 = 0{,}0018 \cdot (t + 25)^2 \cdot (100 - r),$$

де t – середня температура повітря за відповідний період, °С/рік, r – середня відносна вологість, %.

За класифікацією Н. М. Іванова, k вказує на природні зони: в напівпустелях $k < 0{,}3$; в сухих степах $0{,}3 < k < 0{,}6$; в лісостепу $k = 1$; в тундрі, лісах помірних широт та екваторіальних $k > 1$.

Зволоження також характеризується радіаційним індексом сухості (k_i) – співвідношенням радіаційного балансу та суми тепла, що потрібно для випаровування кількості опадів за певний період (рік):

$$k_i = R/(LP),$$

де R – радіаційний баланс за рік; L – прихована теплота пароутворення; P – кількість опадів за рік.

Індекс сухості демонструє, яка частина залишкової радіації витрачається на випаровування.

Середня річна кількість опадів на території України змінюється від 1500–1000 мм (у гірських районах) і 750–700 мм (на заході) до 450–350 мм (на півдні). В Україні чітко виражені пори року – весна, літо, осінь, зима.

Атмосферні опади – одна з ланок кругообігу води на Землі. Кількість атмосферних опадів, багаторічний, середньомісячний, сезонний, річний, їхній розподіл по земній поверхні, річний і добовий хід, повторюваність, інтенсивність тощо є визначальними характеристиками клімату, що мають істотне значення для сільського господарства й багатьох інших галузей народного господарства. Все більшого значення набуває штучне викликання атмосферних опадів, що полягає в тому, що в хмару вводять реагенти, які сприяють утворенню крижаних кристалів у водяних хмарах, а в змішаних хмарах прискорене їхнє укрупнення.

6.1. Прилади для вимірювання опадів

Вимірювання кількості опадів виконується опадомірами (опадомір Третьякова О-1 (рис. 14), ґрунтовий дощомір ГР-28 (рис. 15), дощомір польовий М-99 (рис. 16)), реєстрація змін їх кількості в часі – плювіографом (плювіограф П-2 (рис. 17)).

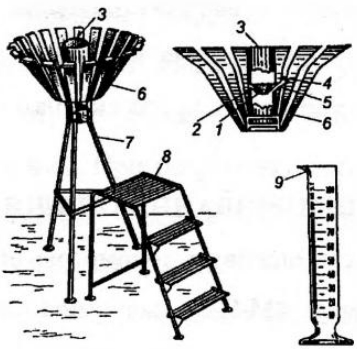

Рис. 14. Опадомір Третьякова О-1: 1 – лійка; 2 – діафрагма; 3 – відро; 4 – ковпачок; 5 – носик; 6 – планковий вітровий захист; 7 – підставка; 8 – драбинка; 9 – вимірювальна склянка

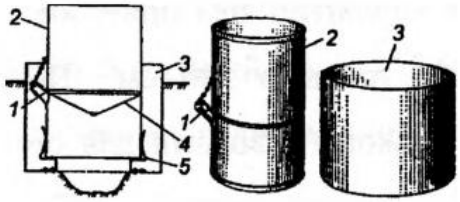

Рис. 15. Дощомір ґрунтовий ГР-28: 1 – носик; 2 – відро; 3 – гніздо; 4 – діафрагма; 5 – опори

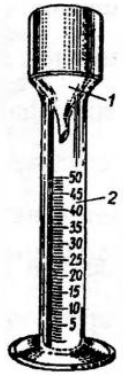

Рис. 16. Дощомір польовий М-99: 1 – лійка; 2 – склянка

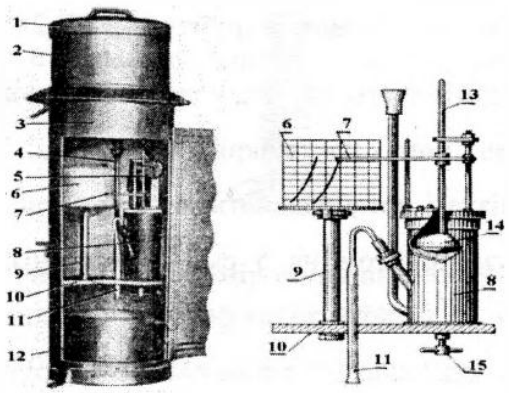

Рис. 17. Плювіограф П-2: 1 – кришка; 2 – прийомна посудина; 3 – кожух; 4 – трубка; 5 – механізм примусового зливу; 6 – барабан; 7 – стрілка; 8 – поплавкова камера; 9 – стійка; 10 – плата; 11 – сифон; 12 – водозбірна посудина; 13 – стрижень; 14 – поплавець; 15 – гвинт

6.2. Спостереження за сніговим покривом

Спостереження за сніговим покривом складаються з визначення ступеня покриття снігом території і характеру залягання снігового покриву, вимірювання його висоти та щільності, а також визначення наявності та товщини льодяного шару і стану ґрунту під снігом. Вимірювання висоти снігового покриву виконується снігомірними рейками, а щільності – снігоміром.

6.2.1. Вимірювання висоти та щільності снігового покриву

Сніговий покрив залягає нерівномірно по території, тому висоту його вимірюють в декількох місцях. Для цього застосовують постійні та переносні (маршрутні) снігомірні рейки.

Постійна снігомірна рейка М-103 – дерев'яний брус довжиною близько 2 м і шириною не менше 5 см зі шкалою в сантиметрах.

Переносна снігомірна рейка М-104 – дерев'яний брус довжиною близько 1,8 м, шириною 5 см і товщиною 2 см.

Щільність снігу вимірюється *похідним ваговим снігоміром ВС-43* – складається зі снігозабірника, ваг та лопатки (рис. 18).

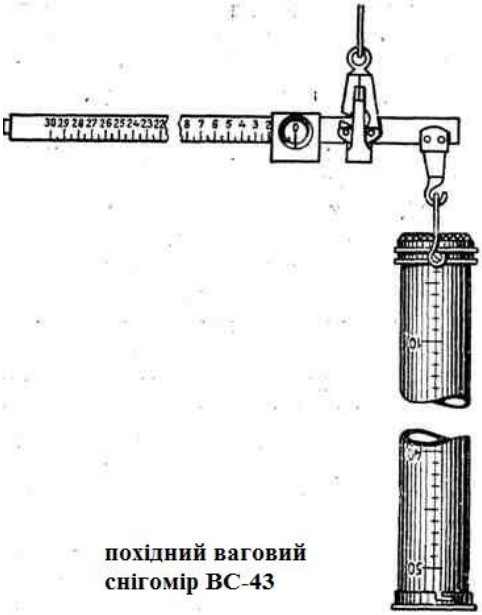

Рис. 18. Похідний ваговий снігомір ВС-43

6.3. Вимірювання випаровування

Для вимірювання випаровування з ґрунту застосовують *ґрунтові випарники*. Залежно від призначення вони бувають різних конструкцій. Найбільше розповсюдження мають випарники, за допомогою яких випаровування визначається за різницею результатів вимірювань випарником та дощоміром через певні проміжки часу. Наприклад, ґрунтовий випарник ГР-25.

Контрольні запитання та завдання

1. Ознайомтеся з умовними позначеннями різного роду опадів на синоптичних картах (рис. 19). Намалюйте рисунок.
2. Ознайомтеся (за допомогою табл. 4) з умовними позначеннями різних видів опадів та явищ, складіть характеристику кожного виду і занесіть її до таблиці.

Рис. 19. Умовні позначення різного роду опадів на синоптичних картах

Таблиця 4

Умовні позначення різних видів опадів та явищ

	Умовні позначення	**Назва**	**Характеристика**
1	**2**	**3**	**4**
1. Опади, що випадають з хмар:			
1.1. Рідкі опади		Дощ	
		Злива	
		Мряка (морось)	
1.2. Тверді опади		Сніг	
		Лапатий сніг	
		Снігова крупа	
		Льодовий дощ	
		Град	
2. Опади, що утворюються на поверхні Землі і на предметах:			
2.1. Рідкі		Роса	
		Рідкий наліт	
2.2. Тверді		Іній	
		Ожеледь	
		Паморозь	
		Твердий наліт	

Продовження табл. 4

3. Тумани		Туман	
		Наземний туман	
		Серпанок	
		Льодяний туман	
		Паріння моря	
4. Завірюхи		Завірюха (віхола)	
		Низова завірюха	
		Поземок	
5. Електричні явища		Близька гроза	
		Віддалена гроза	
		Блискавиця	
		Полярне сяйво	
6. Оптичні явища		Райдуга	
		Гало біля Сонця або Місяця	
		Вінець навколо Сонця або Місяця	
		Стовпи або хрести біля Сонця та Місяця	
		Міраж (марево)	
7. Інші явища		Шквал	
		Смерч	
		Пилова буря	
		Імла	
		Льодяні голки	
		Ожеледиця	
		Сніговий покрив	

3. Проаналізуйте карту річних сум опадів на земній кулі (рис. 20):

а) в яких районах Землі найбільші і найменші суми опадів за рік і чому?

б) які фактори впливають на розподіл річних сум на різних широтах?

в) поясніть, як висота місцевості впливає на кількість опадів? Наведіть приклади.

Проаналізуйте карту річних сум опадів в Україні (рис. 21):

а) в яких районах України найбільші і найменші суми опадів за рік і чому?

б) які фактори впливають на розподіл річних сум на різних широтах в Україні?

в) поясніть, як висота місцевості впливає на кількість опадів в Україні.

4. Побудуйте стовпчасту діаграму річного ходу опадів для своєї місцевості за допомогою таблиці 4. Визначте тип річного ходу опадів. Проаналізуйте режим зволоження вашої місцевості.

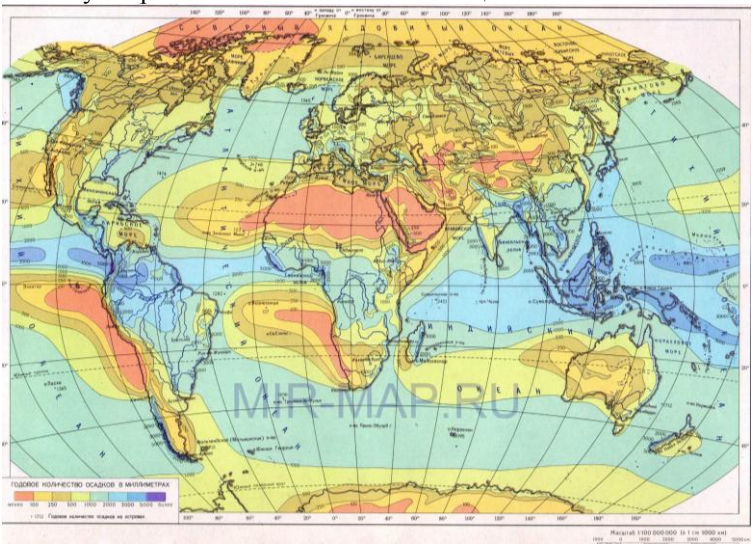

Рис. 20. Карта річних сум опадів на земній кулі

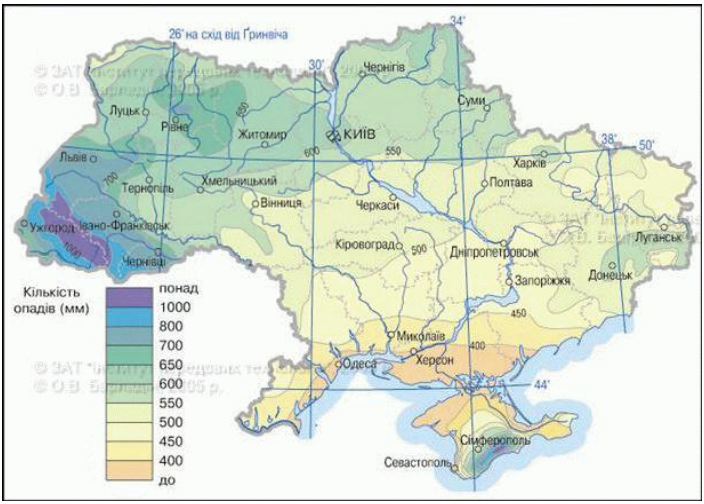

Рис. 21. Середньорічний розподіл опадів в Україні

Таблиця 5

Річний хід опадів для деяких міст України

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
м. Глухів	33	28	30	38	55	64	76	64	50	50	41	39	568
м. Конотоп	33	32	35	39	55	65	77	63	49	46	43	43	580
м. Суми	39	30	37	36	51	66	74	55	38	48	42	36	528
м. Миколаїв	36	35	30	32	44	54	58	41	39	22	36	45	472

5. Обчисліть коефіцієнти зволоження в пунктах, для яких відомі середньомісячні характеристики температури, відносної вологості та кількість опадів:

а) $t = 22{,}4°$, $r = 52$ %, $P = 20{,}2$ мм;
б) $t = 16{,}9°$, $r = 69$ %, $P = 28{,}0$ мм;
в) $t = 12{,}2°$, $r = 78$ %, $P = 100{,}2$ мм;
г) $t = 15{,}7°$, $r = 77$ %, $P = 50{,}0$ мм;
д) $t = 18{,}0°$, $r = 71$ %, $P = 172{,}0$ мм.

У якій природній зоні знаходиться пункт?

6. Користуючись картами опадів та випаровуваності, обчисліть коефіцієнт зволоження і радіаційний індекс сухості для таких пунктів. Лондон, Київ, Іркутськ, Токіо, Норильськ.

7. Охарактеризуйте клімат вашої області за основними кліматичними показниками.

8. Як змінюється коефіцієнт зволоження на території України?

9. Обчисліть значення коефіцієнта зволоження для міст Рівного і Дніпропетровська, якщо середньорічна кількість опадів у них становить відповідно 700 мм і 500 мм, а середньорічна випаровуваність – 650 мм (у Рівному) і 800 мм (у Дніпропетровську). Встановіть, який тип зволоження характерний для території кожного міста.

10. Що називають кліматичними рекреаційними ресурсами? Як вони використовуються в нашій країні?

Практична робота 7.
ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

Мета: вивчити поняття «атмосферний тиск», ознайомитися з приладами для вимірювання атмосферного тиску.

Атмосферний тиск – це сила, що діє на одиницю поверхні, тобто атмосферний тиск у кожній точці атмосфери дорівнює масі стовпа повітря, що вище цієї точки, з основою, рівною одиниці. Одиницею тиску є Паскаль.

Атмосферний тиск є однією з найважливіших метеорологічних величин. Зміна його в часі в конкретній місцевості тісно пов'язана з розвитком атмосферних процесів; розходження по горизонталях є безпосередньою причиною руху повітря тощо.

7.1. Прилади для вимірювання атмосферного тиску

Для вимірювання атмосферного тиску застосовують ртутні та деформаційні барометри різних типів (станційний чашковий барометр СР, барометр-анероїд БАММ-1), а для безперервної реєстрації тиску – барографи (барограф М-22А) (рис. 22).

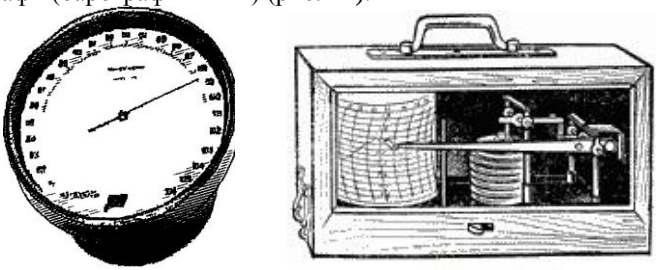

Рис. 22. Прилади для вимірювання атмосферного тиску: барометр-анероїд БАММ-1, барограф М-22А

У *ртутних* барометрах вимір тиску заснований на вимірі висоти ртутного стовпа, що врівноважує атмосферний тиск, а в *деформаційних* – на залежності пружної деформації твердих тіл від тиску, що робиться на них. Найбільш розповсюдженими чуттєвими елементами в деформаційних приладах є анероїдні мембранні коробки (бароко-робки) і блоки з них (бароблоки). На постійних метеорологічних станціях використовуються так звані станційні чашкові барометри, а для польових, експедиційних, суднових вимірів – барометри-анероїди.

Анероїд означає «безповітряний». Прийомною частиною анероїда є анероїдна коробка – кругла плоска металева тонкостінна коробка (з гофрованою основою), з якої майже цілком вилучене повітря. Нижня поверхня коробки припаяна до корпусу приладу, верхня за допомогою штифта з'єднана з пружиною, що розсовує коробку. Оскільки з анероїдної коробки викачане повітря, то тиск атмосфери стискає її. Установлюється динамічна рівновага між тиском повітря на гофровані поверхні коробки і силою пружини, що її розтягує. Якщо атмосферний тиск збільшується, то коробка стискається, якщо ж тиск зменшується, то пружина розсовує коробку. Коливання поверхні коробки за допомогою системи важелів передаються на стрілку, що рухається по круглій шкалі, градуйованій у міліметрах або у мілібарах.

Для безупинного запису атмосферного тиску служить барограф. Його прийомною частиною є стовпчик з декількох анероїдних коробок (бароблок), закріплених одна на іншій. На кінці стрілки барографа закріплене перо, що записує коливання тиску на стрічці, закріпленій на барабані, що обертається годинним механізмом. Тиск на стрічці барографа записується також у мілібарах. Потім виправлені дані тиску записуються в гектопаскалях.

7.2. Барометричне нівелювання

Барометричне нівелювання – визначення перевищення одного рівня на місцевості над іншим за даними вимірювань тиску і температури повітря на цих рівнях.

Безпосередні спостереження та теоретичні розрахунки показують, що щільність і тиск повітря зменшуються з висотою. Зміна тиску з висотою характеризується баричним ступенем. *Баричний ступінь* ***h*** – висота в метрах, на яку необхідно піднятися або опуститися, щоб атмосферний тиск змінився на 1 гПа. Баричний ступінь може бути розрахований за барометричною формулою Бабіне:

$$h = 16000(1 + 0{,}004\frac{(t_1 - t_2)}{2})\frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2},$$

де ***h*** – перевищення, у м; p_1, p_2 – тиск на нижньому і верхньому рівнях, у гПа; t_1, t_2 – температура повітря відповідно на нижньому і верхньому рівнях; 0,004 – коефіцієнт розширення газу.

Знаючи баричний ступінь, атмосферний тиск і висоту над рівнем моря в одному з двох пунктів, що лежать на різній висоті, можна за різницею тисків у цих пунктах визначити різницю їхніх висот, а звідси

знайти і висоту другого пункту над рівнем моря. Цей спосіб визначення висоти пункту називається *барометричним нівелюванням*.

Визначають *вертикальний баричний градієнт* (***g***) – зміна тиску на кожні 100 м висоти.

Просторовий розподіл атмосферного тиску називають *баричним полем*. Його можна зобразити ізобаричними поверхнями, що проходять через пункти з однаковим атмосферним тиском. *Ізобари* – це лінії, що з'єднують на карті пункти з однаковим атмосферним тиском. *Горизонтальний баричний градієнт* (***G***) – це зміна тиску на одиницю відстані убік зменшення тиску, у напрямку, перпендикулярному ізобарі.

Горизонтальний баричний градієнт розраховують за формулою:

$$G = \Delta P / \Delta n \cdot 100,$$

де ΔP – різниця тиску, у гПа; Δn – відстань, у км.

Швидкість вітру приблизно дорівнює потроєній величині градієнта тиску.

Контрольні запитання та завдання

1. У чому вимірюється атмосферний тиск?
2. Опишіть принцип дії ртутних барометрів.
3. Опишіть принцип дії барометра-анероїда.
4. Переведіть атмосферний тиск із мм рт. ст. у гПа: 751 мм, 782 мм, 755 мм, 770 мм, 764 мм.
5. Переведіть атмосферний тиск із гПа в мм рт. ст.: 1035 гПа; 1000 гПа; 987 гПа; 1015 гПа.
6. Під час проведення барометричного нівелювання отримані такі значення температури й атмосферного тиску в пунктах спостережень (табл. 6). Визначте висоту кожного пункту, якщо перший з них розташований на висоті 77 м над рівнем моря.

Таблиця 6

Значення температури й атмосферного тиску в пунктах спостережень

№ пункту спостереження	Температура, °С	Тиск, гПа
1	21,2	980,5
2	21,3	979,6
3	21,5	979,3
4	21,5	979,5

Практична робота 8.
СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ХМАРАМИ

Мета: ознайомитися з видами хмар та атмосферних опадів, навчитися визначати коефіцієнт зволоження різних регіонів або пунктів та будувати стовпчикову діаграму опадів.

Хмари – це система завислих у повітрі на деякій висоті над земною поверхнею продуктів конденсації та сублімації водяної пари. Вони складаються з водяних крапель та льодяних кристаликів. Головною причиною утворення хмар є адіабатичне охолодження повітря під час його підйому.

Умови утворення хмар:

1. Повітря повинне бути насиченим.
2. У атмосфері повинні знаходитися *ядра конденсації* – маленькі частинки різних домішок атмосфери – солі частинок пилу, сажі, диму, вулканічного попелу, промислових викидів, на яких накопичується водяна пара.

Сукупність хмар, що спостерігаються на небозводі над конкретною територією, називається *хмарністю*. Хмарність (кількість хмар) – ступінь вкриття неба хмарами в десятих частках. За 10-бальною шкалою обчислюють *загальну хмарність* і окремо – *хмарність нижнього ярусу*, а також форму хмар та висоту нижньої межі хмар нижнього чи середнього ярусу. Відомості про хмарність мають велике практичне значення. Хмарність зменшує притік сонячного тепла та світла, випромінювання та охолодження земної поверхні, впливає на температуру повітря та ґрунту тощо. Різним повітряним масам і атмосферним фронтам властиві певні хмари. Тому вони є одним з важливіших елементів під час синоптичного аналізу та прогнозу погоди, а також використовуються і для вивчення клімату.

Сучасна міжнародна класифікація хмар, що використовується в метеорології, враховує:

– висоту нижньої межі утворення хмар;
– умови утворення, густину, колір хмар.

За висотою виділяють три яруси хмар (*висота хмари* – висота її нижньої межі над поверхнею Землі). Залежно від зовнішнього вигляду виділяють 10 родів. Роди, у свою чергу, залежно від умов утворення, кольору, характеру випадіння опадів, оптичних явищ у них поділяють на види і різновиди (табл. 7).

Таблиця 7

Класифікація хмар

1	2	3
I	Хмари верхнього ярусу вище 6000 м	1) перисті – Cirrus (Ci) 2) перисто-шаруваті – Cirrostratus (Cs) 3) перисто-купчасті – Cirrocumulus (Cc)
II	Хмари середнього ярусу вище 2000 м	4) високошаруваті – Altostratus (As) 5) висококупчасті – Altocumulus (Ac)
III	Хмари нижнього ярусу вище 50 м до 2000 м	6) шаруваті – Stratus (St) 7) шарувато-купчасті – Stratocumulus (Sc) 8) шарувато-дощові – Nimbostratus (Ns)
IV	Хмари вертикального розвитку, вище 50 м на всю товщу тропосфери	9) купчасті – Cumulus (Cu) 10) купчасто-дощові – Cumulonimbus (Cb)

Висота нижньої межі хмар, зазначена в класифікації, найчастіше спостерігається в помірних широтах. Вона може значно змінюватися залежно від широти міста, пори року, рельєфу місцевості тощо. Окремо виділяються хмари вертикального розвитку, які починаються в нижньому ярусі, але їх висота сягає за межу 6000 м.

За станом води в хмарах розрізняють водяні, льодяні та змішані хмари.

У хмарах спостерігаються оптичні (світлові) явища, пов’язані із заломленням та дифракцією сонячних променів – гало, вінці, несправжні сонця, стовпи, райдуга тощо та електричні – блискавка, полярне сяйво (спалахи).

8.1. Визначення кількості хмар

Кількість хмар визначається за 10-бальною шкалою. Повне покриття неба хмарами відповідає 10 балам, чисте небо – 0; 0,1 покриття неба хмарами – 1 балу; 0,2 – 2 балам тощо. Спостереження за кількість хмар проводиться візуально з одного і того ж місця.

8.2. Визначення форм хмар

Спостереження за формами хмар роблять одночасно з визначенням кількості хмар. Форми хмар дуже різноманітні.

Залежно від висоти нижньої межі хмари відносять до одного з трьох ярусів: верхнього, середнього чи нижнього. Окремо виділяють хмари вертикального розташування.

8.2.1. Хмари верхнього ярусу

До основних хмар верхнього ярусу відносяться перисті, перисто-купчасті й перисто-шаруваті хмари. Вони складаються з льодяних кристалів і мають тонкий білий покрив у вигляді волокон, вигнутого пера, хвиль або прозорої білої вуалі, крізь який просвічуються не тільки сонце й місяць, але часто й блакитне небо.

I. Перисті хмари (Ci) за зовнішнім виглядом – окремі тонкі й дуже прозорі волокнисті й нитковидні хмари, іноді з більш щільними утвореннями. Товщина хмарного шару від сотень метрів до декількох кілометрів, висота нижньої межі – 7–10 км. Опади – дрібні льодяні кристали, майже завжди випаровуються, не досягнувши землі.

II. Перисто-купчасті хмари (Cc) за зовнішнім виглядом нагадують дрібні білі хвилі або пластівці. Товщина хмарного шару близько 0,2–0,4 км, висота нижньої – межі 6–8 км. Опади з цих хмар не випадають.

III. Перисто-шаруваті хмари (Cs) мають вигляд білої або блакитнуватої прозорої однорідної завіси. Товщина хмарного шару коливається від 0,1 до декількох кілометрів, висота нижньої межі – 6–8 км. Опади не досягають землі, тільки за низьких температур повітря дають дуже слабкий сніг або льодяні голки.

8.2.2. Хмари середнього ярусу

До хмар середнього ярусу відносяться висококупчасті й високошаруваті хмари. Вони можуть бути у вигляді суцільної завіси або хвиль, пластин і пластівців ясно-сірого, іноді білого кольору. Ці хмари значно щільніше хмар верхнього ярусу й складаються з переохолоджених крапель води або переохолоджених крапель у суміші із кристаликами льоду, сніжинками.

IV. Висококупчасті хмари (Ac) білого, сірого і синюватого кольору за зовнішнім виглядом дуже різноманітні й нагадують великі пластівці, розділені просвітами блакитного неба, але можуть зливатися в суцільний покрив. Товщина хмарного шару – від 0,2–0,7 км, висота нижньої межі – 2–6 км. У цих хмарах зрідка спостерігаються мітлоподібні смуги випадання опадів, але земної поверхні вони не досягають.

V. Високошаруваті хмари (As) сірого або синюватого кольорів становлять собою однорідну завісу злегка волокнистої структури. Як правило, високошаруваті хмари закривають весь небозвід. Товщина

хмарного шару – близько 1 км, але може доходити до 2 км, висота нижньої межі – 3–5 км. Із цих хмар узимку випадають невеликі опади у вигляді снігу, а влітку вони внаслідок випаровування не досягають землі.

8.2.3. Хмари нижнього ярусу

Хмари нижнього ярусу мають вигляд низьких сірих важких гряд, валів або завіси, що закриває небо суцільним покривом. Сонце через хмари нижнього ярусу, як правило, не просвічує. Складаються вони із крапель води, переохолоджених крапель, кристалів льоду й сніжинок.

До них відносяться шарувато-купчасті, шаруваті й шарувато-дощові хмари.

VI. Шарувато-купчасті хмари (Sc) являють собою великі гряди, пластини або пластівці сірого кольору, розділені просвітами або зливаються в суцільний покрив неоднакової щільності. Товщина хмарного шару 0,2–0,8 км, висота нижньої межі – 0,5–1,5 км. Як правило, опади з них не випадають.

VII. Шаруваті хмари (St) покривають весь небозвід сірою або жовто-сірою завісою. За зовнішнім виглядом вони нагадують туман, злегка піднятий над землею, іноді ці хмари зливаються з наземним туманом. Товщина хмарного шару – від 0,2 до 0,8 км, висота нижньої межі – 0,1–0,7 км. Опади із шаруватих хмар випадають рідко і то у вигляді мряки, дрібного снігу (сніжних зерен).

VIII. Шарувато-дощові хмари (Ns) покривають небозвід суцільним хмарним шаром темно-сірого кольору, іноді з жовтуватим або синюватим відтінком. Нижня межа їх розташовується на висоті 0,1–1 км. Товщина хмарного шару зазвичай 2–3 км, але може збільшуватися до 5 км. Випадають опади у вигляді дощу або снігу.

8.2.4. Хмари вертикального розвитку

Хмари вертикального розвитку мають вигляд окремих щільних хмарних мас, сильно розвинених по вертикалі, із плоскими основами й дивовижними вершинами, що нагадують куполи, що нагромаджуються, і вежі. Вершини хмар завжди сліпучо-білі, а основи можуть бути сіруваті або темно-сірі. До них відносяться купчасті й купчасто-дощові хмари.

IX. Купчасті хмари (Cu) можуть бути у вигляді окремих рідких хмарних мас або значного скупчення їх. Висота нижньої межі

коливається від 0,8 до 1,5 км, але може збільшуватися в сухі й жаркі періоди до 2,5–3 км. Товщина хмарного шару може змінюватися від сотень метрів до декількох кілометрів. Зазвичай купчасті хмари не дають опадів, але іноді можуть випадати окремі краплі дощу.

X. Купчасто-дощові хмари (Cb) мають більшу вертикальну потужність, часто являють собою гороподібні хмарні маси з темними, іноді синюватими основами й з білими вершинами волокнистої будови, що закривають іноді весь небозвід. Висота нижньої межі змінюється від 0,4 до 0,1 км. Верхня границя може досягати 3–4 км, а іноді й тропопаузи.

Із купчасто-дощових хмар випадають опади зливового характеру, що часто супроводжуються грозами. Влітку з них може випадати град. Під час випадання опадів може спостерігатися веселка.

Контрольні запитання та завдання

1. Охарактеризуйте карту хмарності земної кулі (рис. 23):

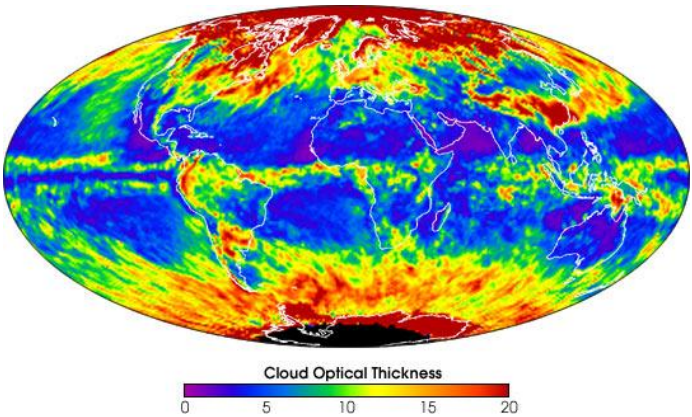

Рис. 23. Карта хмарності земної кулі

а) виявіть райони з найбільшою і найменшою середньорічною хмарністю і поясніть причини їх виникнення;

б) порівняйте умови формування хмарності в полярних і екваторіальних районах;

в) простежте за змінами середньої річної хмарності під час переходу від океану до суходолу в тропічних і помірних широтах.

2. Опишіть хмари за міжнародною класифікацією, попередньо ознайомившись з їх зображенням в «Атласі хмар» (Internet-ресурс), для прикладу використовуйте табл. 7, 8.

1) перисті;
2) перисто-шаруваті;
3) перисто-купчасті;
4) високошаруваті;
5) висококупчасті;
6) шаруваті;
7) шарувато-купчасті;
8) шарувато-дощові;
9) купчасті;
10) купчасто-дощові.

Таблиця 8

Перисті хмари

Ярус	**Висота**	**Рід хмар**			**Стан хмарних елементів**	**Опади**	**Оптичні явища, прозорість**	**Загальний вигляд**
		українська назва	**латинська назва**	**позначення**				
Верхній	Вище 6 км	Перисті	Cirrus	Ci	Льодові кристали	–	Прозорі	Окремі тонкі нитки, зібрані в клубки чи смугами волокнистої структури

3. Визначте хмарність (загальну і нижню) та рід хмар у своєму населеному пункті в цей момент або за минулу годину.

4. Ознайомтеся з умовними позначеннями різних родів хмар та хмарності на синоптичних картах. Намалюйте таблицю (табл. 9).

5. Поясніть добовий та річний хід хмарності залежно від умов її походження.

Таблиця 9

Умовні позначення різних родів хмар та хмарності на синоптичних картах

Символ	Рід	латинська назва
	Перисті	Cirrus (Ci)
	Перисто-купчасті	Cirrocumulus (Cc)
	Перисто-шаруваті	Cirrostratus (Cs)
	Високо-купчасті	Altocumulus (Ac)
	Високо-шаруваті	Altostratus (As)
	Шарувато-купчасті	Stratocumulus (Sc)
	Шаруваті	Stratus (St)
	Шарувато-дощові	Nimbostratus (Ns)
	Купчасті	Cumulus (Cu)
	Купчасто-дощові	Cumulonimbus (Cb)

ДЛЯ НОТАТОК

Навчальне видання

СЕРБУЛОВА
Надія Алимівна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних робіт з дисципліни «Метеорологія і кліматологія» галузі знань 10 «Природничі науки» спеціальності 101 «Екологія» освітньої програми «Екологія»

Методичні вказівки

Випуск 336

Редактор *А. Бурмус*. Технічний редактор *О. Петроченко.*
Комп'ютерна верстка *Н. Кардаш.*
Друк *С. Волинець*, фальцювально-палітурні роботи *О. Мішалкіна.*

Підп. до друку 17.05.2021.
Формат 60x84 1/16. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 3,02. Обл.-вид. арк. 1,68.
Тираж 5 пр. Зам. № 6259.

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50–03–32, 8 (0512) 76–55–81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2018.